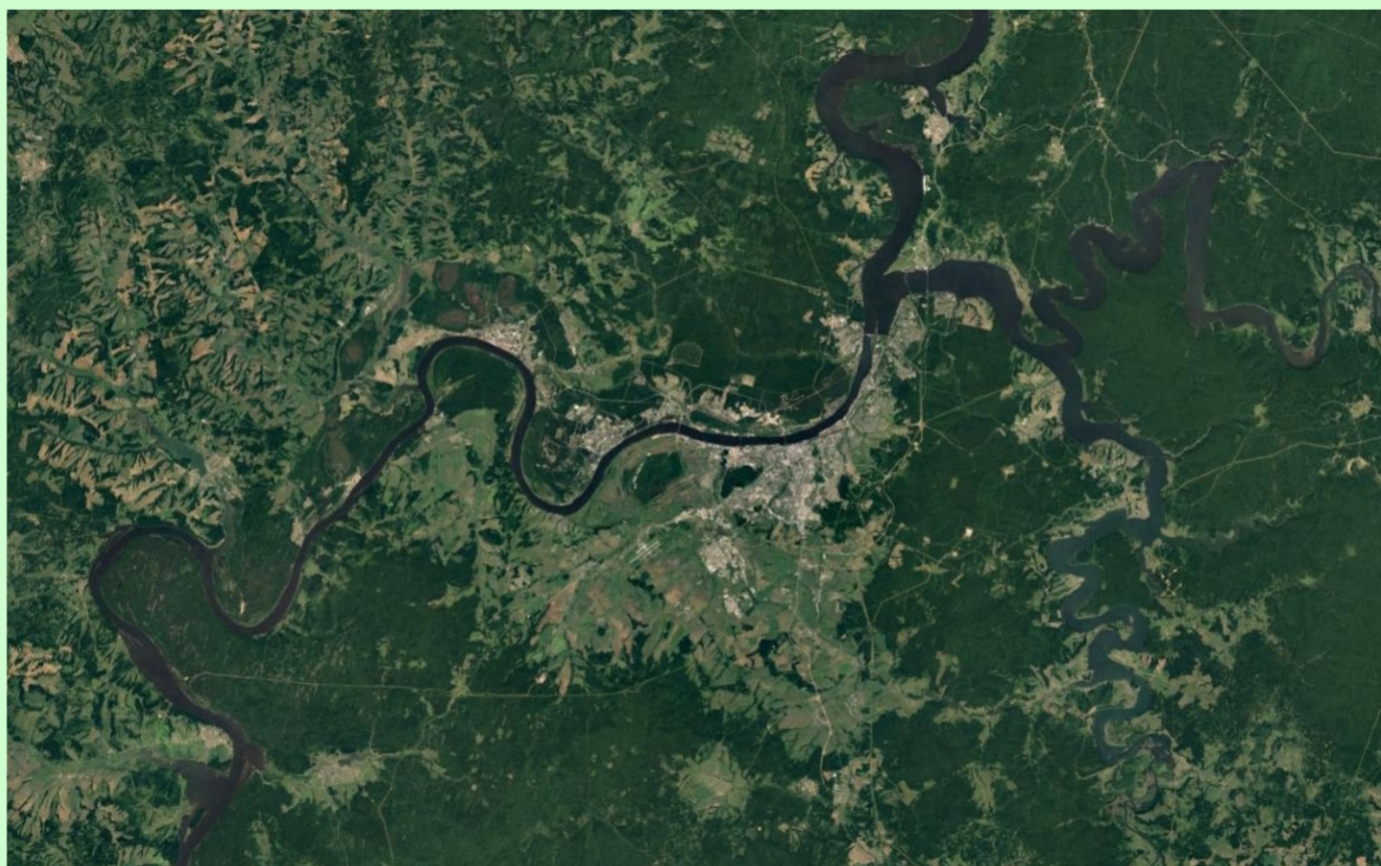


И.С. Копылов

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ГИДРОГЕОЛОГИЯ
И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ
ПЕРМСКОГО КРАЯ**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И.С. Копылов

**ГЕОЭКОЛОГИЯ,
ГИДРОГЕОЛОГИЯ
И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ
ПЕРМСКОГО КРАЯ**

МОНОГРАФИЯ



Пермь 2021

УДК 502/504
ББК 20.1
К659

Копылов И.С.

К659 Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края [Электронный ресурс] : монография / И. С. Копылов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 39,5 Мб ; 501 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/mono/kopylov-Geoekologiya-gidrogeologiya-i-inzhenernaya-geologiya-Permskogo-kрая.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3594-8

Монография представляет собой фундаментальное научное обобщение в области геоэкологии, гидрогеологии и инженерной геологии Западного Урала и Приуралья. Впервые в едином научном труде нашли отражение сведения о состоянии геологической среды, закономерностях формирования и пространственном распространении компонентов природной среды (включая породы, почвы, подземные и поверхностные воды и их геохимические особенности, ландшафтные комплексы, геологические процессы, активные геодинамические зоны и др.) территории Пермского края. Разработаны принципы и методология регионального геоэкологического картографирования, основанные на системном подходе к картографическому отображению геологической и экологической информации, которые позволяют применять их, как универсальную схему картографического моделирования состояния природной среды для различных платформенных регионов.

Адресована специалистам в области геоэкологии, гидрогеологии, инженерной геологии, природопользования, а также аспирантам и студентам, изучающим естественнонаучные дисциплины.

Табл. 22. Ил. 75. Библиограф. 434 наим.

УДК 502/504
ББК 20.1

*Издается по решению кафедры инженерной геологии и охраны недр
Пермского государственного национального исследовательского университета*

Рецензенты: научно-исследовательское, проектное и производственное предприятие по природоохранной деятельности «Недра» (ген. директор, д-р геол.-минерал. наук, профессор **В. В. Середин**);
зав. кафедрой геологии нефти и газа Пермского национального исследовательского политехнического университета, д-р геол.-минерал. наук, профессор **В. И. Галкин**

ISBN 978-5-7944-3594-8

© ПГНИУ, 2021
© Копылов И.С., 2021

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
RUSSIAN FEDERATION PERM STATE UNIVERSITY

I. S. Kopylov

**GEOECOLOGY, HYDROGEOLOGY
AND ENGINEERING GEOLOGY
OF THE PERM REGION**

Monograph



Perm 2021

UDC 502/504
BBK 20.1
K659

Kopylov I. S.

K659 Geoecology, Hydrogeology and Engineering Geology of the Perm Region : monograph / I. S. Kopylov ; Perm State University – Perm, 2021. – 39,5 Mb ; 501 p. – Access mode: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/mono/kopylov-Geoekologiya-gidrogeologiya-i-inzhenernaya-geologiya-Permskogo-kraya.pdf>.

ISBN 978-5-7944-3594-8

The monograph is a fundamental scientific generalization in the field of geoecology, hydrogeology and engineering geology of the Western Urals and the Priurals. For the first time in a single scientific work, information about the state of the geological environment, the patterns of formation and spatial distribution of the components of the natural environment (including rocks, soils, groundwater and surface waters and their geochemical features, landscape complexes, geological processes, active geodynamic zones, etc.) of the Perm Territory. The principles and methodology of regional geoecological mapping have been developed, based on a systematic approach to the mapping display of geological and environmental information, which make it possible to use them as a universal scheme for mapping modeling of the state of the natural environment for various platform regions.

Addressed to specialists in the field of geoecology, hydrogeology, engineering geology, nature management, as well as graduate students and students studying natural sciences.

Tab. 22. Fig. 75. The bibliographer. 434 names

**UDC 502/504
BBK 20.1**

*Published by decision of the Department of Engineering Geology
and Subsoil Protection Perm State University*

Reviewers: Scientific research, design and production enterprise for environmental activities "Nedra" (General Director, Dr. Geol.-mineral. Sci., Professor **V.V. Seredin**);
Dr. Geol.-mineral. Sci., Head of the Department of Oil and Gas Geology, Perm National Research Polytechnic University **V.I. Galkin**

ISBN 978-5-7944-3594-8

© Perm State University, 2021
© Kopylov I. S, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	12
Часть I. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	16
Глава 1. КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	16
1.1. Региональные гидрогеологические исследования.....	16
1.2. Региональные инженерно-геологические исследования.....	24
1.3. Региональные геохимические исследования.....	33
1.4. Региональные геодинамические и аэрокосмогеологические исследова- ния.....	37
1.5. Региональные геоэкологические исследования.....	43
Глава 2. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРИРОДНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ...	48
2.1. Физико-географические факторы.....	49
2.2. Геолого-структурные факторы.....	56
2.3. Геоморфолого-неотектонические факторы.....	60
Глава 3. ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	65
3.1. Неотектоническое районирование на основе линеаментно-блокового и морфонеотектонического анализа.....	65
3.2. Оценка геодинамической активности и выделение геодинамических активных зон.....	71

Часть II. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	85
Глава 4. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	85
4.1. Гидрогеологическое районирование.....	85
4.2. Формирование подземных вод, гидродинамическая и гидрогеохимиче- ская зональность.....	88
Глава 5. ХАРАКТЕРИСТИКА, РЕСУРСЫ И ЗАЩИЩЕННОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	99
5.1. Характеристика гидрогеологических подразделений.....	99
5.2. Общие ресурсы подземных вод.....	114
5.3. Оценка природной защищенности подземных вод.....	117
Часть III. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	122
Глава 6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД.....	122
6.1. Формации пород коренной основы.....	122
6.2. Стратиграфо-генетические комплексы.....	129
6.3. Техногенные комплексы.....	135
Глава 7. СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.....	137
7.1. Эндогенные геологические процессы.....	137
7.2. Экзогенные геологические процессы.....	144
Глава 8. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ТИПИЗАЦИЯ.....	188
8.1. Современное инженерно-геологического районирование.....	188
8.2. Типизация и оценка степени инженерно-геологической сложности.....	194

Часть IV. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ.....	202
Глава 9. ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ.....	202
9.1. Основные источники воздействия на окружающую среду.....	202
9.2. Анализ основных факторов техногенеза и районирование территории по степени техногенного воздействия на окружающую среду.....	208
Глава 10. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	217
10.1. Характеристика естественной радиоактивности природной среды.....	217
10.2. Оценка техногенного радиоактивного воздействия на природную среду.....	221
Глава 11. АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ, ЛАНДШАФТНО-ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ЛАНДШАФТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	227
11.1. Формирование почвенных ландшафтов.....	228
11.2. Природные ландшафты и ландшафтное районирование.....	231
11.3. Ландшафтно-техногенные комплексы и состояние современных ландшафтов.....	233
11.4. Ландшафтно-геохимическое районирование и типизация ландшафтно-геологических систем.....	237
Глава 12. ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД.....	268
12.1. Фоновая гидрохимическая характеристика.....	269
12.2. Оценка современного экологического состояния крупных рек и водохранилищ.....	272
12.3. Основные показатели загрязнения поверхностных вод и распределение их в малых реках.....	274

12.4. Экологическая оценка зараженности поверхностных вод пестицидами.....	279
12.5. Эколого-геохимическая оценка состояния снежного покрова.....	282
Глава 13. ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА..	
13.1. Характеристика и состояние подземных вод по минерализации и солевому составу.....	288
13.2. Характеристика подземных вод по микроэлементному составу.....	294
13.3. Характеристика и оценка подземных вод по галоидам.....	301
13.4. Характеристика и оценка подземных вод по нефтепродуктам.....	304
13.5. Состояние подземных вод на крупных водозаборах.....	307
13.6. Характеристика гидрогеохимических аномальных зон.....	312
Глава 14. ЭКОЛОГО-ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ДОННЫХ ОСАДКОВ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И АНОМАЛЬНЫХ ЗОН.....	
14.1. Общая эколого-литогеохимическая характеристика почв и донных отложений.....	318
14.2. Характеристика и пространственное распределение сидерофильных элементов.....	323
14.3. Характеристика и пространственное распределение халькофильных элементов.....	336
14.4. Характеристика и пространственное распределение литофильных элементов.....	353
14.5. Корреляционный и факторный анализ структуры геохимических полей.....	363
14.6. Комплексные литогеохимические аномальные зоны.....	366
14.7. Генетическая природа геохимических аномальных зон и комплексная эколого-геохимическая оценка.....	381

Глава 15. КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	388
15.1. Теоретические аспекты геоэкологии, экологической геологии и геодинамики.....	388
15.2. Методология и основные принципы геоэкологического картографи- рования.....	397
15.3. Принципы и критерии оценки состояния природной среды.....	405
15.4. Комплексная (интегральная) оценка и районирование территории Пермского края по экологическому состоянию природной среды.....	410
Глава 16. ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ И ЕЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	423
16.1. Районирование и оценка территории по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов.....	423
16.2. Формирование системы геоинформационного обеспечения геологической и экологической безопасности территорий и их рационального природопользования (на примере создания ГИС-Атласа Пермского края).....	434
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	449
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	453

ПЕРЕЧЕНЬ
основных условных обозначений, символов, малораспространенных
терминов и сокращений

АЗ	- аномальная зона
АКГИ	- аэрокосмогеологические исследования
АФС	- аэрофотоснимки
БД	- база данных
ВК	- водоносный комплекс
ВКМКС	- Верхнекамское месторождение калийных солей
ГИГГБ	- Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность (научная школа)
ГГД	- гидрогеологическое доизучение
ГИС	- географическая информационная система
ГМГС	- Государственный мониторинг геологической среды
ГМиП	- геологического моделирования и прогноза (НИЛ)
ГП	- геохимическое поле
ГС	- геологическая среда
ГЭИК	- геолого-экологические исследования и картографирование
ГЭК	- геоэкологическая карта
ДЗЗ	- дистанционное зондирование Земли
ЕГСЭМ	- Единая государственная система экологического мониторинга
ЕНИ	- Естественнонаучный институт
ЗВ	- загрязняющие вещества
ЗУЗС	- Западно-Уральская зона складчатости
ИГиОН	- инженерной геологии и охраны недр (кафедра)
ИЗВ	- индекс загрязнения поверхностных вод
КС	- космические снимки
КУБ	- Кизеловский угольный бассейн

ЛА	- ландшафтная аномалия
МАКС	- материалы аэро-космосъемки
МГХК	- многоцелевое геохимическое картирование
МЭД	- мощность эквивалентной дозы гамма-излучения
НИЛ	- научно-исследовательская лаборатория
НОЦ	- научно-образовательный центр
ОВОС	- оценка воздействия на окружающую среду
ОДК	- ориентировочно-допустимые концентрации
ООПТ	- особо охраняемые природные территории
ОПТП	- опасные техноприродные процессы
ОС	- окружающая среда
ПВ	- подземные воды
ПГНИУ	- Пермский государственный национальный исследовательский университет
ПДК	- предельно-допустимые концентрации
ПКП	- Предуральский краевой прогиб
ПТК	- природно-территориальный комплекс
ПЯВ	- подземный ядерный взрыв
СДЯВ	- сильнодействующее ядовитое вещество
СПКА	- спектральный полуколичественный анализ
СФК	- структурно-формационный комплекс
УВ	- углеводороды
ЦУП	- Центрально-Уральское поднятие
ЭГП	- экзогенные геологические процессы

ВВЕДЕНИЕ

Монография посвящена фундаментальным проблемам наук о Земле – изучению и оценке природно-геологической среды и описанию геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий Пермского края. Пермский край – один из крупнейших регионов в России, по площади – 160 236 км², занимает второе место по площади в Европейской России и самый крупный в Приволжском ФО. Характеризуется большим разнообразием природных условий и ресурсов и относится к одному из самых неблагоприятных экологических регионов страны.

В последние годы проблема охраны окружающей среды в Пермском крае стала особенно важной связи с глобальным изменением экологической обстановки, развитием чрезвычайных ситуаций. Во многом это связано с усиливающимся синергетическим воздействием техногенеза и геологических факторов, особенно – геодинамики на окружающую среду. Геодинамика и техногенез представляют собой два мощных современных фактора планетарного и регионального уровней, которые приводят к глобальному изменению окружающей среды обитания человека и геологической среды, в частности.

Геоэкологические проблемы, а вместе с ними тесно связанные гидрогеологические и инженерно-геологические проблемы Пермского региона, как и для всей территории России, обусловлены факторами техногенного, природно-техногенного и природно-геологического воздействия на окружающую среду:

- химическое загрязнение в разной степени всех природных сред (воздуха, почв, поверхностных и подземных вод), обусловленное высокой степенью техногенной нагрузки, особенно в городских и промышленных агломерациях (комплексы нефтеперерабатывающей, металлургической, машиностроительной, химической, целлюлозно-бумажной промышленности);
- накопление огромного количества промышленных и бытовых отходов, которые являются постоянными источниками многих видов загрязнений

природных сред. Основная проблема – использование (утилизация) накопленных отходов и сокращение объемов поверхностного складирования вновь образующихся отходов;

- загрязнение почв и водоемов ядохимикатами деятельностью агропромышленного комплекса;

- радиоактивное загрязнение природных сред, обусловленные естественными и техногенными источниками радиоактивного излучения (в т.ч. - подземными ядерными взрывами);

- нарушения природных сред и ландшафтов интенсивной хозяйственной деятельностью горнодобывающей промышленности (особенно в солеродных, нефтегазовых и угольных районах);

- нарушение лесных и земельных ресурсов. Деграция лесных массивов деятельностью лесозаготовительного и деревообрабатывающего комплекса;

- изменение гидрогеологических условий: преобразование природного гидрохимического и гидродинамического режима, истощение запасов и загрязнение пресных подземных вод и др;

- изменение инженерно-геологических условий: образование на подрабатываемых пространствах зон трещиноватости, мульд сдвижения, воронок обрушения, активизация геодинамических процессов; Серьезное влияние на экологическую обстановку при определенных обстоятельствах могут оказывать опасные техноприродные процессы;

- развитие природных и природно-техногенных, экзогенных геологических процессов (овражной эрозии, оползней, подтопления, заболачивания, суффозии, комплекса процессов связанных с переработкой берегов водохранилищ и особенно карста);

- развитие геодинамических активных зон, их неблагоприятное воздействие на геологическую среду и биосферу;

- развитие чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями.

Результатом антропогенного воздействия явилось нарушение и загрязнение огромных площадей земли, интенсивное загрязнение подземных вод, рек и водоемов; существенное сокращение потенциала биологических ресурсов: лесных площадей, численности животных и птиц, рыбопродуктивности угодий, что также влияет на социально-экономическую сферу районов и вызывает демографические последствия среди населения, влияет на здоровье людей.

Отсутствие обобщающей работы по геоэкологии, гидрогеологии и инженерной геологии Пермского края не смотря на многочисленные публикации, охватившие многие проблемы по направлениям этих наук, определило целесообразность написания этой монографии.

Книга состоит из 16 глав, объединенных в 4 части, в которых последовательно изложены: «Факторы формирования гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических условий» (I ч.), «Гидрогеологические условия» (II ч.), «Инженерно-геологические условия» (III ч.), «Геоэкологические условия» (IV ч.).

Исходным фактическим материалом для составления данной монографии послужили результаты геоэкологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, аэрокосмогеологических исследований ФГУП «Геокарта-Пермь», ООО «ПермНИПИнефть», ГГП «Запуралгидрогеология», ЕНИ ПГНИУ, в которых автор принимал участие в качестве ответственного исполнителя; а также использовались многочисленные фондовые и опубликованные источники информации. В монографии приведены карты геологического и экологического содержания, составленные автором лично и при участии коллег. Часть карт информационного плана взято из Атласа Пермского края (2012), в котором автор также был составителем геологического раздела.

При проведении геоэкологических исследований и составлении монографии автор пользовался консультациями многих ученых и специалистов, которым выражает признательность и благодарность – профессорам С.А. Бузмакову, В.Н. Быкову, В.И. Галкину, В.А. Гершанку, О.Н. Грязнову,

В.Н. Дублянскому, Г.Н. Дублянской, Р.Г. Ибламинову, В.Н. Катаеву, Т.В. Карасевой, В.И. Каченову, А.И. Кудряшову, Б.С. Луневу, А.Б. Макарову, Н.Н. Назарову, В.А. Наумову, О.Б. Наумовой, Б.М. Осовецкому, М.В. Рогозину, В.В. Середину, С.Н. Тагильцеву, В.З. Хурсику, а также благодарит своих коллег: Л.В. Алексееву, В.М. Бабенышева, В.В. Голдырева, О.Н. Ковина, А.В. Коноплева, С.М. Костарева, П.А. Красильникова, И.В. Кустова, В.В. Михалева, Г.Г. Морозова, В.В. Оборина, С.Б. Сулова, В.П. Тихонова, Т.В. Харитонова.

Часть I

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Глава 1

КРАТКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

История систематического геологического изучения и картографирования Пермского Приуралья и Урала насчитывает более 300 лет. В настоящее время проведены тысячи различных геологических работ и опубликованы десятки тысяч книг и статей, посвященных геологическому строению, полезным ископаемым региона. Проведено среднемасштабное геологическое картографирование, которое является основой для проведения любых видов геологических исследований в т.ч. — гидрогеологических, инженерно-геологических, эколого-геологических.

Изучение геологической среды с позиции рассматриваемых наук и природопользования связано в первую с гидрогеологическими, инженерно-геологическими, геохимическими, геодинамическими и эколого-геологическими исследованиями. Поэтому, в данном разделе кратко изложены именно эти виды исследований, особенно те, которые проводились на региональном уровне, прямо или косвенно касались вопросов рассматриваемых наук и послужили источником информации для оценки геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий и их картографирования территории Пермского края.

1.1. Региональные гидрогеологические исследования

Гидрогеологические условия Пермского края изучены неравномерно, отдельные освоенные районы изучены довольно детально, северные и восточные части территории практически не изучены. Вся территория покрыта гидрогеологическими съемками масштаба 1: 500 000, большая часть территории (кроме северной части и горного Урала), покрыта гидрогеологическими съемками масштаба 1: 200 000 (примерно 120 тыс. км²). Всего за 40 лет по мелко и среднемасштабным съёмкам составлено 35 отчётов, основным результатом, которых было гидрогеологическое картографирование. В результате этих работ накоплен большой фактический материал по химическим анализам воды, особенно по макро- и микрокомпонентному составу, содержанию в воде галоидов, нефтепродуктов и других компонентов. Материалы работ: Е.А. Боброва, А.М. Оскотского (1965), В.И. Мошковского (1965, 1968, 1970, 1972, 1973), Е.А. Иконникова (1966, 1969, 1972, 1978, 1981), В.А. Поповцева (1968), С.В. Заякина (1974), А.Г. Мелехова (1975), И.М. Сеницына (1976, 1977, 1978), А.В. Ревина (1985, 1988), В.П. Куликова (1992), П.П. Ведерникова, В.М. Балдина (2000), И.С. Копылова, (1978, 1981, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2009, 2012) и других использованы для создания фактографических баз данных, гидрогеологической, эколого-гидрогеохимической и гидрогеоэкологической карт (рис. 1.1, табл. 1.1).

Детальные сведения по подземным водам верхнего гидрогеодинамического этажа накоплены при поисках подземных вод для водоснабжения, режимных и экологических исследованиях. В более чем 100 отчётах ГП «Запуралгидрогеология» (Г.П. Верховланцев, А.М. Оскотский, В.И. Мошковский, Г.С. Гусякова, А.Е. Крутова, Г.С. Польшалова и др.) по поисково-разведочным работам для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Березников, Соликамска, Кунгура, Очёр, Верещагино, Оханска, Осы, Краснокамска и др. — приведены сведения о качестве и количестве подземных вод на этих участках.

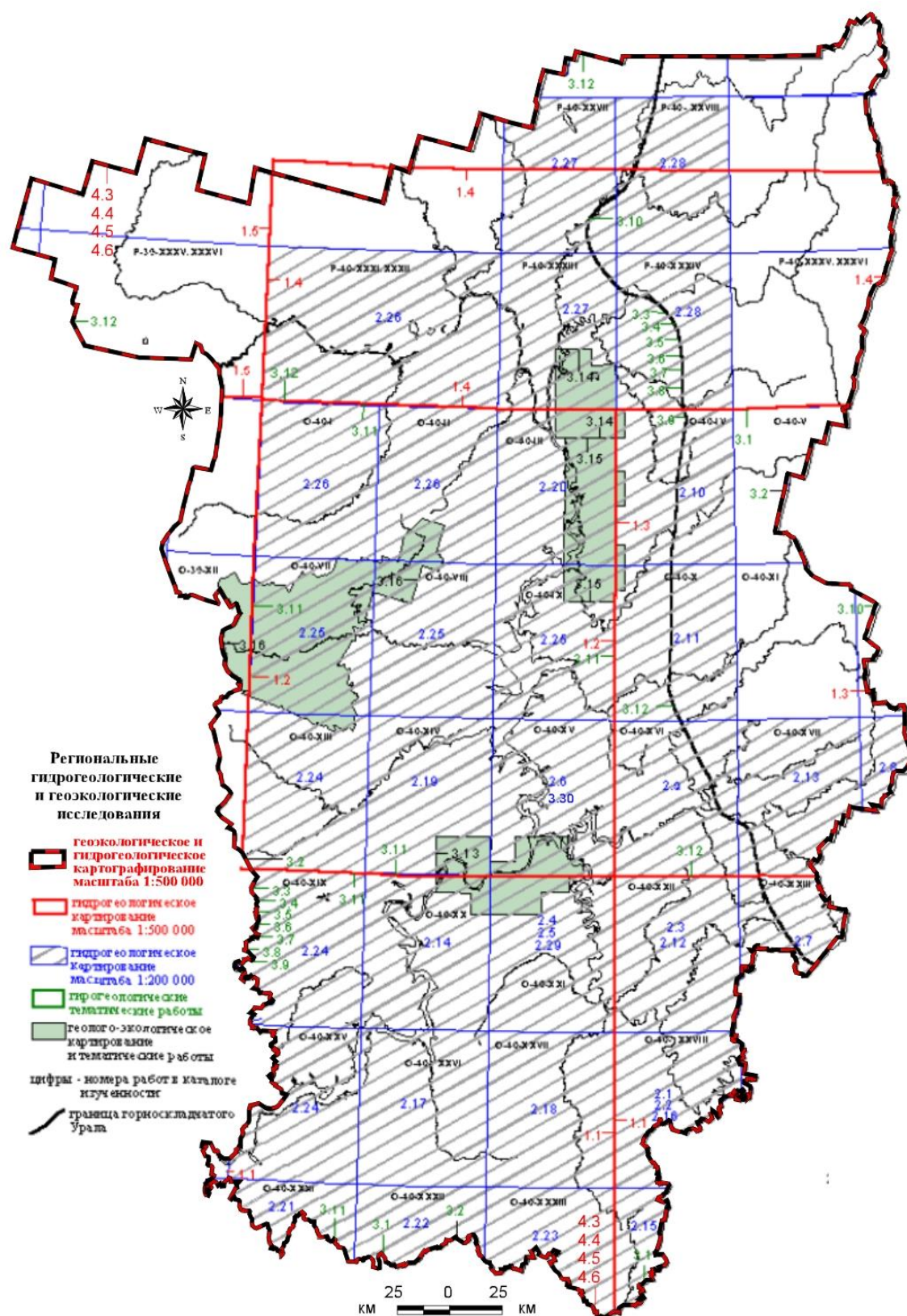


Рис. 1.1. Схема региональной гидрогеологической и геоэкологической изученности

Таблица 1.1

**Каталог региональной гидрогеологической и геоэкологической
изученности**

№	Автор, название отчета, год	Краткие основные результаты
1	2	3
1. Гидрогеологическое картирование масштаба 1:500 000		
1.1	Шимановский Л.А. и др. Отчет о гидрогеологической съемке Урала масштаба 1:500 000 листов О-40-В и западной трети листа О-40-Г. Свердловск, 1959	Гидрогеологическая карта листов О-40-В, зап. части О-40-Г
1.2	Шимановский Л.А. и др. Отчет по гидрогеологической съемке масштаба 1:500 000 листа О-40-А. /Материалы к государственной гидрогеологической карте Союза ССР масштаба 1:500000. Свердловск, 1961	Гидрогеологическая карта листа О-40-А
1.3	Беляев Г.Н. и др. Гидрогеологическая карта Урала масштаба 1:500000 лист О-40-Б. (Отчет Кизеловского съемочного отряда по результатам работ 1959-1963 гг.). Свердловск, 1964	Гидрогеологическая карта листа О-40-Б
1.4	Бобров Е.А. и др. Гидрогеологическая карта Урала масштаба 1:500000 (южная половина листов Р-40-В и Р-40-Г). (Отчет Пермской гидрогеологической партии за 1961-1964 гг.). Кизел, 1964	Гидрогеологическая карта южной половины листов Р-40-В и Р-40-Г
1.5	Тихомиров Л.И. и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия междуречья Вычегды и Камы (отчет партии №1822 за 1965-1969 гг.). Ленинград, 1969	Гидрогеологическая карта междуречья рек Вычегды и Камы
2. Гидрогеологическое картирование масштаба 1:200 000		
2.1	Шимановская И.А. и др. Отчет по гидрогеологической съемке в масштабе 1:200 000, проведенной в 1954 г. в северной части Уфимского плоскогорья. Свердловск, 1955	Гидрогеологическая карта северной части Уфимского плоскогорья
2.2	Шимановский Л.А. и др. Отчет по гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000, северной части Уфимского плато проведенной в 1954-1955 гг. (предварительный). Молотов, 1956	Гидрогеологическая карта северной части Уфимского плато
2.3	Шимановский Л.А. и др. Объяснительная записка к гидрогеологической карте Урала масштаба 1:200000. Лист О-40-XXII (Березовка). Свердловск, 1957	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXII
2.4	Михайлов Г.К. и др. Объяснительная записка к гидрогеологической карте Урала масштаба 1:200 000. Лист О-40-XXI (Кунгур). Свердловск, 1957	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXI
2.5	Бобров Е. А. и др. Объяснительная записка к гидрогеологической карте Урала масштаба 1:200 000. Лист О-40-XXI (Кунгур), Пермь, 1965	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXI
2.6	Мошковский В.И. и др. Отчет по гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 листа О-40-XV (отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам работ за период 1963-65 гг.). Пермь, 1965	Гидрогеологическая карта листа О-40-XV
2.7	Еремина и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XXIII. Свердловск, 1965.	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXIII
2.8	Герасименко Б.Н. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XVIII (Кушва). Отчет Кушвинского отряда съемочной партии по результатам работ 1964-65 гг. Свердловск, 1966	Гидрогеологическая карта листа О-40-XVIII
2.9	Иконников Е.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XVI. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XVI за период 1964-66 гг. Пермь, 1966	Гидрогеологическая карта листа О-40-XVI
2.10	Мошковский В.И. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-IV. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки за период 1966-68 гг. Пермь, 1968	Гидрогеологическая карта листа О-40-IV
2.11	Поповцев В.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-X. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки за 1966-68 гг. Пермь, 1968	Гидрогеологическая карта листа О-40-X

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
2.12	Иконников Е.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XXII. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам работ по пересоставлению гидрогеологической карты масштаба 1:200000 листа О-40-XXII за период 1967-69 гг. Пермь, 1969	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXII
2.13	Всеволожский В.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР, окончательный отчет о результатах гидрогеологической съемки (средне-масштабной) листа О-40-XVII (Пашия) за период 1966-68 гг. , 1970	Гидрогеологическая карта листа О-40-XVII
2.14	Мошковский В.И., Катаев А.М., Заякин С.В. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XX. Отчет Пермской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки за период 1968-70 гг. Пермь, 1970	Гидрогеологическая карта листа О-40-XX
2.15	Беляев Г.Н., и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200000 лист О-40-XXXIV (Красноуфимск). (Отчет Красноуфимского отряда съемочной партии по результатам работ 1966-70 гг.). Свердловск, 1971	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXXIV
2.16	Иконников Е.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200000 лист О-40-XXVIII. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XXVIII за период 1970-72 гг. Пермь, 1972	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXVIII
2.17	Мошковский В.И. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист О-40-XXVI. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XXVI за период 1968-70 гг. Пермь, 1972	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXVI
2.18	Мошковский В.И. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XXVII. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XXVII за период 1971-73 гг. Пермь, 1973	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXVII
2.19	Заякин С.В. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист О-40-XIV. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-XIV за период 1972-74 гг. Пермь, 1974	Гидрогеологическая карта листа О-40-XIV
2.20	Мелехов А.Г. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист О-40-III. Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листа О-40-III за период 1973-75 гг. Пермь, 1975	Гидрогеологическая карта листа О-40-III
2.21	Синицын И.М. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории листа О-40-XXXI. Уфа, 1976	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXXI
2.22	Синицын И.М. и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории листа О-40-XXXII. Уфа, 1977	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXXII
2.23	Синицын И.М. и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия территории листа О-40-XXXIII. Уфа, 1978	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXXIII
2.24	Иконников Е.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист О-40-XIII, О-40-XIX, О-40-XXV Отчет Сылвенской гидрогеологической партии по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-XIII, О-40-XIX, О-40-XXV за период 1974-1978 гг. Пермь, 1978	Гидрогеологическая карта листов О-40-XIII, XIX, XXV
2.25	Иконников Е.А. и др. Отчет по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-VII, О-40-VIII, О-40-IX за период 1976-1981 гг. Пермь, 1981	Гидрогеологическая карта листов О-40-VII, VIII, IX
2.26	Ревин А.В. и др. Отчет по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-I, II, Р-40-XXXI, XXXII за период 1979-1985 гг. Пермь, 1985	Гидрогеологическая карта листов О-40-I,II, Р-40-XXXI,XXXII
2.27	Ревин А.В. и др. Отчет по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов Р-40-XXVII, XXXIII за 1983-1988 гг. Пермь, 1988	Гидрогеологическая карта листов Р-40-XXVII, XXXIII
2.28	Куликов В.П. и др. Отчет по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов Р-40-XXVIII, XXXIV за 1987-1992 гг. Пермь, 1992	Гидрогеологическая карта листов Р-40-XXVIII, XXXIV

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
2.29	Ведерников П.П. и др. Отчет по проведению инженерно-геологической съёмки с гидрогеологическим доизучением и геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-XXI. Сытва, 2000	Гидрогеологическая карта листа О-40-XXI
2.30	Копылов И.С. и др. Гидрогеологическое доизучение с геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-XV. Отчет ФГУП «Геокарта-Пермь». Пермь, 2004	Гидрогеологическая карта и комплект геохимических карт листа О-40-XV.
3. Региональные гидрогеологические и геоэкологические работы		
3.1	Ковальчук А.И. и др. Гидрохимическая карта Урала масштаба 1:500000. УГУ, Свердловск. 1963	Карты: гидрохимическая, минеральных вод, фтора. М. 1:500000. Листы О-40-А, Б, В, Г и О-41-А, В
3.2	Месс Л.Е. и др. Специализированная гидрогеологическая карта Свердловской, Пермской, Челябинской, Курганской областей масштаба 1:500000, Свердловск. 1965	Специализированные гидрогеологические карты
3.3	Шимановская И.А. и др. Прогнозная оценка эксплуатационных запасов минерализованных и промышленных вод Пермского Предуралья. Масштаб 1:1000 000. Свердловск, 1969	Карты прогнозных эксплуатационных ресурсов Пермской области (равнинной части)
3.4	Шмагин Б.А. и др. Оценка естественных ресурсов пресных подземных вод Пермского Приуралья. Пермская ГРЭ. Пермь. 1977	Карты естественных ресурсов М. 1: 500 000
3.5	Александрова О.В. и др. Карта условий формирования эксплуатационных запасов пресных и слабосоленых вод Пермской области масштаба 1:1500 000 (пояснительная записка). МГУ. Москва, 1980	Карта условий формирования эксплуатационных запасов пресных и слабосоленых вод Пермской области масштаба 1:1500000
3.6	Александрова О.В. и др. Отчет по составлению карты районирования Пермской области по условиям формирования эксплуатационных запасов подземных вод масштаба 1:1 500 000 за 1979-1981 гг. Москва, 1981	Карты районирования по условиям формирования эксплуатационных запасов ПВ, водопроницаемости, мощности зоны пресных вод
3.7	Иконников Е.А. и др. Отчет по составлению карт гидрогеологического районирования по условиям сельскохозяйственного водоснабжения и орошения земель подземными водами (Пермская область) за период 1983 г. Пермь, 1983	Карта специализированного гидрогеологического районирования М. 1:2500000 и 1:1000000 Пермской области
3.8	Крутова А.Е. и др. Отчет о региональной оценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод Волго-Камского артезианского бассейна в пределах Пермской и Свердловской областей. Пермь, 1984	Карта гидрогеологического районирования, водопроницаемости, М. 1:500000 Пермской области
3.9	Иконников Е.А. и др. Отчет по составлению серии гидрогеологических карт масштаба 1:1 500 000 на территории Европейской части СССР. Пермь, 1985	Комплект гидрогеологических карт М. 1:1 500 000 Пермской области (равнинной части)
3.10	Веретенникова А.С. и др. Отчёт тематической партии о результатах поисковых работ на подземные воды за 1982-1987гг. Свердловск, 1987	Специализированные гидрогеологические карты
3.11	Иконников Е.А. и др. Отчет о результатах работ по составлению гидрогеологической карты масштаба 1: 500 000 листов О-40-А и О-40-В за 1986-1990 гг. Пермь, 1990	Гидрогеологическая карта масштаба 1: 500000 листов О-40-А, В
3.12	Иконников Е.А. и др. Отчет о результатах работ по составлению полистной гидрогеологической карты масштаба 1: 500 000 листов Р-39-В, Г, Р-40-В, Г, О-40-Б (в границах Восточно-Европейской системы бассейнов пластовых вод на территории ПО) Пермь, 1995	Гидрогеологическая карта масштаба 1: 500000 листов Р-39-В, Г, Р-40-В, Г, О-40-Б
3.13	Степанов и др. Отчет о результатах работ по проведению специализированного геоэкологического картирования гг. Перми и Краснокамска масштаба 1:50 000 (Пермский промузел) Сытва, 1994.	Карты геоэкологического содержания. М. 1:50 000 гг. Перми и Краснокамска
3.14	Харитонов Т.В. и др. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1: 50000 Северокамской площади с общими поисками и на проведение геолого-экологических исследований и картографирования. ПГГСП «Геокарта», Пермь, 1997.	Эколого-геохимическая карта. М. 1:100 000 (листы Р-40-138-А-ю.п., В, Г; О-40-А, Б; 7-А-ю.з.ч., В-с.з.ч.)
3.15	Харитонов Т.В. и др. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1: 50000 Верхнекамской площади с общими поисками и на проведение геолого-экологических исследований (ГЭИК), ПГГСП «Геокарта», Пермь, 1998.	Эколого-геохимическая карта. М. 1:100 000 (листы О-40-Б, В-в.п., Г; 7-В-ю.з.ч., 18-А-в.п., Б, В-в.п., Г; 19-А-с.ч; В-ю.ч; 30-А-в.п., Б; 31-А-с.з.ч.)
3.16	Копылов И.С. и др. Отчет Геоэкологической партии о проведении геоэкологических и геохимических работ на территории КПАО в 1998-1999 гг. ПГГСП «Геокарта», Пермь, 1999.	Геоэкологическая карта и комплект геохимических карт Кудымкарского р-на. М. 1:200 000

4. Специализированные региональные гидрогеологические и геоэкологические работы		
4.1	Чувиллин В.А. и др. Гидролитохимическая съемка масштаба 1:1 000 000 по стоку малых рек и озер. Листы О-41, О-40, N-41. Отчет партии № 75 по геологическому заданию № 75-44 за 1990-1996 гг. ГПП «Зеленогорскгеология», Екатеринбург, 1996	Комплект геохимических карт. Лист О-40. М. 1:1 000 000
4.2	Вострокнутов Г.А. и др., Провести опытно-производственные работы по многоцелевому геохимическому картированию масштаба 1:1 000 000 в Среднеуральском регионе лист О-40 на площади 150 тыс. км ² . Отчет ИМГРЭ. М., 2001.	Комплект геохимических карт. Лист О-40. М. 1:1 000 000
4.3	Копылов И.С. др. Составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 (отчет Геоэкологической партии ПТГСП «Геокарта» по результатам геоэкологических исследований на территории Пермской области в 1998-2000 гг.). ПТГСП «Геокарта», Пермь, 2001	Геоэкологическая, гидрогеоэкологическая, гидрогеологическая, гидрогеохимическая, техногенной нагрузки, литогеохимическая, оценки состояния геологической среды, ЭГП и др. карты Пермского края. М. 1:500 000
4.4	Копылов И.С., Алексеева Л.В. Составление гидрогеологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 на основе создания базы данных «Региональная гидрогеология Пермской области масштаб 1:500 000». Отчет Геоэкологической партии ПТГСП «Геокарта» ВСЕГЕИ. С.Петербург-Пермь, 2002.	Гидрогеологическая карта Пермского края. М. 1:1 000 000, 1:500 000
4.5	Копылов И.С. и др. Составление ландшафтно-геохимической карты Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет Геоэкологической партии ФГУП «Геокарта-Пермь». Пермь, 2004	Ландшафтно-геохимическая карта Пермского края. М. 1:500 000
4.6	Копылов И.С., Коноплев А.В. Создание электронного ГИС-Атласа Пермского края с комплектом карт геологического и экологического содержания. ЕНИ ПГНИУ, Пермь, 2012	Комплект карт геологического и экологического содержания Пермского края. М. 1:500 000

С 1994 г. проводятся работы по оценке обеспеченности населения края ресурсами подземных вод для хозяйственного водоснабжения. Изучение режима подземных вод ведется с 1963 г., как в естественных, так и в нарушенных условиях (водозаборы Верхнекамский, Усольский, Каменноложский, Конец-Бор, Усть-Качка). Сведения по режиму отражались в ежегодниках и сводных отчетах (Б.И. Зернов, Р.В. Кипенко, В.А. Поповцев, Ю.М. Куликов и др.). С 1996 г. эти исследования выполняются Государственным мониторингом геологической среды (Э.А. Аликин, 1997, 1999, 2000, 2001, 2003; А.П. Васильев, 1999, 2005; А.В. Бурковская, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006; Г.Л. Каримова, 2006, 2007, 2010; В.В. Табаков, 2009, 2010).

Подземные воды нижнего гидрогеодинамического этажа изучены при поисках нефти, промышленных и минеральных вод – работы КО ВНИГНИ, КАМНИИГИКС, ПермНИПИнефть (всего более 50 работ). Изучением влияния

эксплуатации нефтяных месторождений на подземные воды занимаются отдел охраны окружающей среды и лаборатория гидрогеологии ПермНИПИнефть (Г.К. Михайлов, Ю.А. Яковлев, С.М. Костарев), Урал НИИ «Экология» (А.А. Оборин), Горный институт (Г.А. Бачурин) и др.

Одной из первых работ, оценивающих гидрогеохимическую обстановку Пермского края (области) явилась «Гидрогеохимическая карта Урала» А.И. Ковальчук, 1963. Результатом явилось создание гидрогеохимической карты масштаба 1:500 000, карты минеральных вод, карты содержания фтора в подземных и поверхностных водах. Наиболее крупное обобщение всех видов гидрогеологических исследований территории Предуралья было выполнено при составлении XIV тома монографии «Гидрогеология СССР» (1972). В ней рассмотрены основные закономерности распространения подземных вод, ресурсы, минеральные и промышленные воды. Приведена гидрогеологическая карта масштаба 1:1 000 000.

Вопросы условий формирования подземного стока и распределения естественных ресурсов подземных вод рассмотрены в работе Б.А. Шмагина и В.А. Всеволожского «Оценка естественных ресурсов подземных вод Пермского Предуралья» (1977). В 1981 г. В.М. Крутовым и М.А. Всеволожским составлена карта районирования Пермской области по условиям формирования эксплуатационных ресурсов подземных вод масштаба 1:1 500 000. В 1984-85 гг. А.Е. Крутовой, А.Г. Мелеховым, Г.П. Верхоланцевым, была выполнена обстоятельная работа по оценке эксплуатационных запасов подземных вод Волго-Камского артезианского бассейна.

Из обобщающих региональных гидрогеологических работ можно выделить работу Е.А. Иконникова и др. (1985) «Отчёт по составлению серии гидрогеологических карт масштаба 1:1 500 000 на территории Европейской части СССР». Были составлены карты эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых, минеральных и промышленных подземных вод, антропогенного воздействия на гидросферу, защищённости и загрязнения подземных вод. В 1990 и

1995 гг. этими же авторами выполнены работы по составлению гидрогеологической карты масштаба 1:500 000 листов О-40-А; О-40-В; Р-39-В; Р-40-В, Г; О-40-Б (без горной части) Пермской области. В этой работе был обобщён большой фактический материал предыдущих исследований.

При проведении геологических съемок и доизучения масштаба 1:200 000 (ГДП-200) составлялись гидрогеологические карты и схемы, некоторые из них значительно уточняли составленные ранее при гидрогеологических съемках. Так, автором при ГДП-200 листов О-40-Х, XVI (Снитко, Харитонов, Копылов, 2009ф) была составлена гидрогеологическая карта листов О-40-Х, XVI (территория Кизеловского угольного бассейна) [145].

В 2000 г. ПГГСП «Геокарта» в отчете по составлению геоэкологической карты территории Пермской области (И.С. Копылов и др., 2001ф), подготовила гидрогеологическую карту Пермской области масштаба 1:500 000 (авторы карты Е.А. Иконников, Л.В. Алексеева). В 2002-2003 гг. ФГУП «Геокарта-Пермь» были проведены работы по созданию новой серийной легенды к гидрогеологическим картам среднего и мелкого масштаба в соответствии с методическими разработками ВСЕГИНГЕО (1998, 1999, 2001), составлена гидрогеологическая карта Пермской области масштаба 1:500 000 нового поколения, создана компьютерная база данных, разработана новая гидрогеологическая легенда (авторы карт и отчетов И.С. Копылов, Л.В. Алексеева, 2002ф, 2003ф). Последняя гидрогеологическая модель (с дополнением) вошла в состав Атласа Пермского края (2012) [7]. В последующие годы проводится пополнение гидрогеологической базы данных (НИЛ ГМиП ЕНИ, геологический ф-т ПГНИУ, НШ «ГИГГБ»).

1.2. Региональные инженерно-геологические исследования

Инженерно-геологические условия Пермского края изучались главным образом для решения практических задач промышленного и гражданского строительства. Инженерно-геологические изыскания проводились большим ко-

личеством геологических, строительных, проектных и научно-исследовательских организаций. Огромное количество изыскательских работ выполнено предприятиями ВерхнекамТИСИЗ (В.П. Костарев, М.Ш. Димухаметов, В.Е. Малахов и др.), Недра (В.В. Середин, Е.А. Аристов и др.), Ленгипроводхоз (Ю.А. Килин и др.), Уралгипросельхозстрой, Уралгипротранс, Пермгражданпроект и др. Большая часть этих работ – изыскания под строительство мелких и средних объектов в которых содержатся сведения по инженерно-строительной характеристике грунтов края. Значительные по объему инженерно-геологические изыскания велись под крупное гидротехническое строительство. К ним относятся изыскания на реках Кама и Чусовая (1938-1947, 1957-1958) на основе которых было сооружено Камское и Воткинское водохранилища (Ю.В. Разумовский, Р.Б. Крапивнер, М.И. Тешлер, Д.Г. Зилинг, Е.И. Варварина и др.). Большой объем инженерных изысканий в последние 20 лет выполнен ООО ПермНИПИнефть, ООО НИПППД «НЕДРА» (В.В. Середин и др.) и др. организациями с целью обустройства нефтяных и газовых месторождений и магистрального транспорта нефти и газа [151], (рис. 1.2, табл. 1.2).

По объему инженерно-геологических материалов выделяется территория г.Перми и ее окрестностей, где было пробурено около 10 тыс. инженерно-геологических скважин; составлены сотни отчетов по инженерным изысканиям. Наиболее крупные объекты, охватывающие большие площади – территории жилых микрорайонов Перми: микрорайон «Юбилейный – 2», жилых районов «Новоплоский», «Лёвшино», «Гайва», «Акулова», «Железнодорожный», «Заостровка», «Черняевский лес» и «Камская долина». Материалы изысканий по ним обобщены и хранятся в фондах ВерхнекамТИСИЗ. Большая работа выполнена этим предприятием по подтоплению и другим процессам (В.П. Костарев и др., 1983ф, 1998ф). Составлены схемы распространения опасных геологических процессов, в том числе процесса подтопления, на территории города Перми.

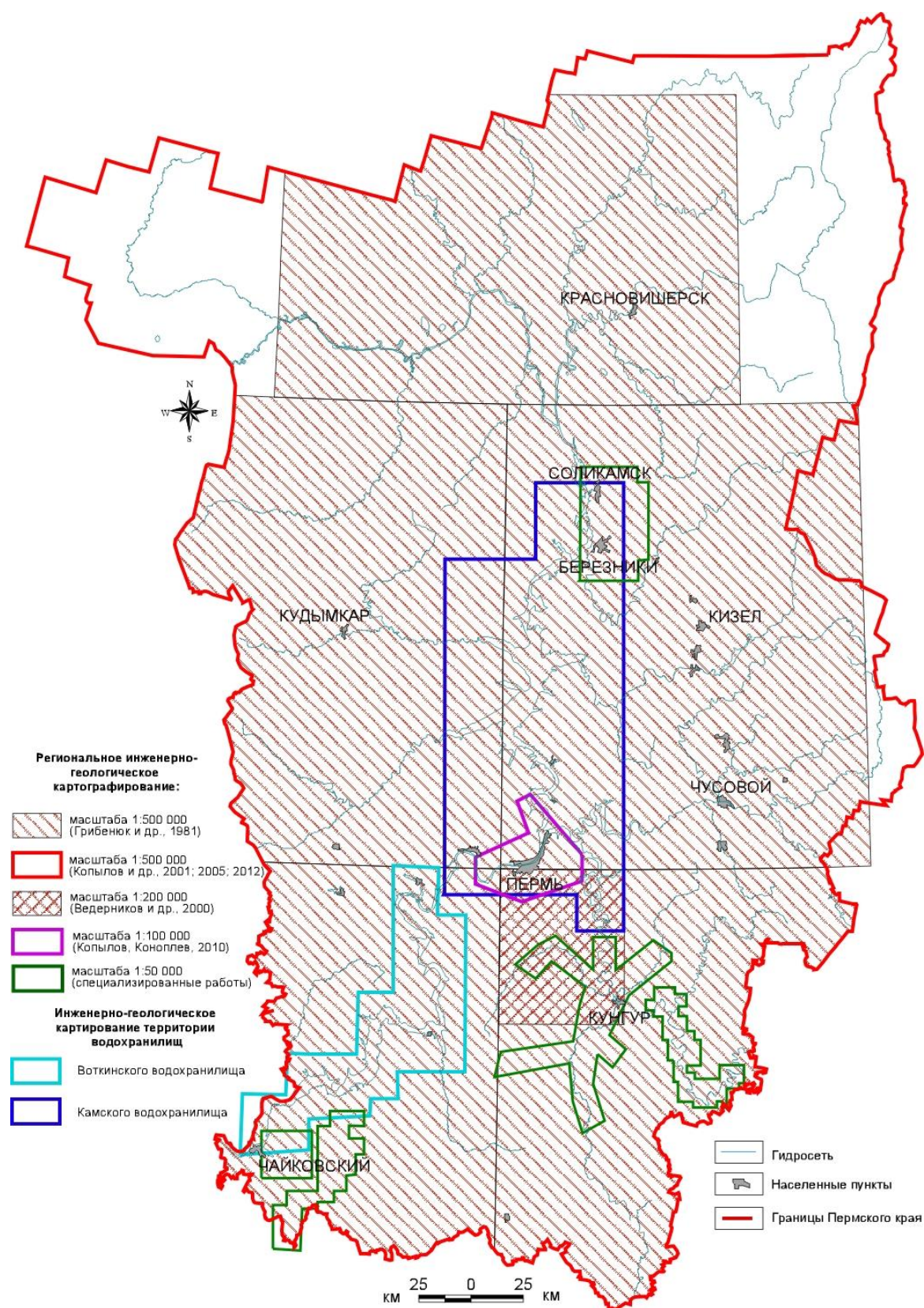


Рис. 1.2. Схема региональной инженерно-геологической изученности

Таблица 1.2

Каталог региональной инженерно-геологической и инженерно-аэрокосмогеологической изученности

№	Автор, название отчета, год	Краткие основные результаты
1	2	3
1. Инженерно-геологическое картирование масштаба 1:500 000-1:200 000		
1.1	Инженерно-геологическая карта Молотовской области масштаба 1:500 000. УТГУ, Молотов, 1941.	Инженерно-геологическая карта (схема) Молотовской области. М. 1:500 000
1.2	Грибенюк В.М. и др. Инженерно-геологическая карта Урала масштаба 1:500 000. Лист О-40-В. (отчёт партии по инженерной геологии за 1976-1978гг). УКСЭ, Свердловск. 1978	Инженерно-геологическая карта листа О-40-В. М. 1:500 000
1.3	Грибенюк В.М. и др. Инженерно-геологическая карта Урала масштаба 1:500 000 лист О-40-Г (отчёт партии по инженерной геологии за 1976-1978гг). УКСЭ, Свердловск. 1978	Инженерно-геологическая карта листа О-40-Г. М. 1:500 000
1.4	Грибенюк В.М. и др. Инженерно-геологическая карта Урала масштаба 1:500 000 лист О-40-А (отчёт партии по инженерной геологии за 1979-1981гг). УКСЭ, Свердловск. 1981	Инженерно-геологическая карта листа О-40-А. М. 1:500 000
1.5	Грибенюк В.М. и др. Инженерно-геологическая карта Урала масштаба 1:500 000. Листы: Р-40-В, Р-40-Г. (XXV-XXVIII, XXXI-XXXIV) Отчёт тематической партии по инженерной геологии за 1981-1983гг. УКСЭ, Свердловск. 1983	Инженерно-геологическая карта листов: Р-40-В, Р-40-Г. (XXV-XXVIII, XXXI-XXXIV). М. 1:500 000
1.6	Иконников Е.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист О-40-ХIII, О-40-ХIX, О-40-ХХV. Отчет Сылвенской ГПП по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-ХIII, О-40-ХIX, О-40-ХХV за период 1974-1978 гг. Пермь, 1978	Инженерно-геологическая карта листов О-40-ХIII, ХIX, ХХV. М. 1:500 000. Автор И.С. Копылов
1.7	Иконников Е.А. и др. Отчет по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 листов О-40-VII, О-40-VIII, О-40-IX за период 1976-1981 гг. Пермь, 1981	Инженерно-геологическая карта листов О-40-VII, VIII, IX. М. 1:500 000. Автор И.С. Копылов
1.8	Ведерников П.П. и др. Отчет по проведению инженерно-геологической съёмки с гидрогеологическим доизучением и геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-XXI. Сылва, 2000	Инженерно-геологическая карта листа О-40-XXI. М. 1:200 000
1.9	Копылов И.С. др. Составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 (отчет Геоэкологической партии ПГТСП «Геокарта» по результатам геоэкологических исследований на территории Пермской области в 1998-2000 гг.). ПГТСП «Геокарта», Пермь, 2001	Карта экзогенных геологических процессов Пермского края. М. 1:500 000
1.10	Копылов И.С. и др. Гидрогеологическое доизучение с геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-ХV. Отчет ФГУП «Геокарта-Пермь». Пермь, 2004	Карта экзогенных геологических процессов листа О-40-ХV. М. 1:200 000
1.11	Коноплев А.В., Копылов И.С. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые. Отчет ФГНУ ЕНИ, Пермь, 2005	Карта инженерно-геологических условий Пермского края. М. 1:500 000

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
2. Региональное изучение инженерно-геологических условий отдельных районов		
2.1	Разумовский Ю.В., Никитин Л.А. Инженерно-геологические условия водохранилища Камской ГЭС. УГУ, Свердловск, 1946	Инженерно-геологическое изучение района Камского водохранилища
2.2	Разумовский Ю.В., Никитин Л.А. Инженерно-геологические условия водохранилища Молотовской гидроэлектростанции на р. Каме. "Гидроэнергопроект". УПГО "Уралгеология", Свердловск, 1948	Инженерно-геологическое изучение района Камского водохранилища
2.3	Отчёт о инженерно-геологической съёмке района водохранилища проектируемой Воткинской ГЭС на р. Каме. Свердловск, 1950	Инженерно-геологическое изучение района Воткинского водохранилища
2.4	Отчёт о результатах инженерно-геологических исследований, проведённых Нытвенской партией в зоне проектируемого водохранилища на р. Каме на участке от г. Молотова до г. Нытвы. Москва, 1957	
2.5	Агафонцева Э.В., Тешлер М.И. Прогноз возможных изменений инженерно-геологических условий в результате сооружения водохранилища. Свердловск, 1958	Инженерно-геологическое изучение района Камского водохранилища
2.6	Крапивнер Р.Б. и др. Отчёт о результатах инженерно-геологических исследований, проведённых Вишерской партией в зоне проектируемого Верхне-Камского водохранилища в 1958-1959 гг. Свердловск, 1959	Инженерно-геологическое изучение района Камского водохранилища
2.7	Характеристика геологического строения и инженерно-геологических условий района проектируемой трассы канала Печора-Колва. Боровск, 1966	Инженерно-геологическое изучение северной части Пермской области
2.8	Тихомиров Л.И. и др. Геологическое строение и гидрогеологические условия междуречья Вычегды и Камы (отчет партии №1822 за 1965-1969 гг.). Ленинград, 1969	Инженерно-геологическое изучение северо-западной части Пермской области
2.9	Сегеев В.М. и др. Почвенно-геологические условия Нечернозёмной зоны Европейской части РСФСР. МГУ, М., 1980	Инженерно-геологическое изучение западной части Пермской области
2.10	Барков А.Ф. и др. Отчёт об инженерно-геологических изысканиях для обоснования схемы развития метрополитена в г. Перми (2 линия). ВерхнекамТИСИЗ. Пермь, 1982	Инженерно-геологическое изучение г. Перми
2.11	Костарев В.П. и др. Отчёт о комплексных инженерных изысканиях с целью изучения процесса подтопления территории г. Перми для обоснования "Комплексной схемы инженерной защиты г. Перми от опасных геологических процессов". ВерхнекамТИСИЗ, Пермь, 1985	Инженерно-геологическое изучение г.Перми
3. Региональное изучение экзогенных геологических процессов		
3.1	Бурцев Ю.Г., Поповцев В.А. Динамика инженерно-геологических процессов на берегах Воткинского водохранилища. Отчет Пермского комплексного гидрогеологического и инженерно-геологического режимного отряда по изучению экзогенных геологических процессов на берегах камских водохранилищ за 1975 г. Сылвенская ГПП, Пермь, 1976	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ
3.2	Бурцев Ю.Г., Ефимов А.П. и др. Отчёт о результатах работ по изучению динамики инженерно-геологических процессов на берегах Камского и Воткинского водохранилищ в 1976-1978 гг. Сылвенская ГПП. Пермь. 1978	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3
3.3	Бурцев Ю. Г. Отчёт о результатах работ по изучению динамики инженерно-геологических процессов на берегах Камского и Воткинского водохранилищ в 1979-1980 гг. Сылвенская ГПП, Пермь, 1980	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ
3.4	Байдин В.Г.Бурцев Ю.Г. и др. Отчёт об изучении процессов овражной эрозии на территории Пермской области в 1976-1978гг. Сылвенская ГПП. Пермь, 1978	Изучение овражной эрозии в Пермской области
3.5	Байдин В.Г., Назаров Н.Н. и др. Отчёт о результатах работ по инженерно-геологическому обследованию территории Пермской области с целью изучения проявлений экзогенных геологических процессов в 1979-1980 гг. Сылвенская ГПП, Пермь, 1980	Изучение ЭГП в Пермской области
3.6	Байдин В.Г. Отчёт по изучению геологических экзогенных процессов на территории Пермской области в 1980-1985 гг. Сылвенская ГПП, Пермь, 1985	Изучение ЭГП в Пермской области
3.7	Байдин В.Г., Назаров Н.Н. и др. Отчёт по изучению экзогенных геологических процессов на территории Пермской области в 1984-1987 гг. Сылвенская ГПП, Пермь, 1987	Изучение ЭГП в Пермской области
3.8	Назаров Н.Н. Отчёт по изучению экзогенных геологических процессов на территории Пермской области в 1986-1989 гг. Сылвенская ГПП, Пермь, 1989	Изучение ЭГП в Пермской области
3.9	Байдин В.Г. Отчёт по инженерно-геологическим режимным наблюдениям в береговой зоне Камского и Воткинского водохранилищ в 1988-1991 гг. Сылвенская ГПП, Пермь, 1991	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ
3.10	Байдина Л.В. Отчёт по инженерно-геологическим режимным наблюдениям в береговой зоне Камского и Воткинского водохранилищ в 1990-1993 гг. ГП "Западуралгеология". Пермь, 1993	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ
3.11	Байдин В.Г. Отчёт по инженерно-геологическим режимным наблюдениям в береговой зоне Камского и Воткинского водохранилищ в 1992-1995 гг. ГП "Западуралгеология", Пермь, 1996	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ
3.12	Аликин А.С., Васильев А.П. и др. Государственный мониторинг геологической среды. Информационный бюллетень о состоянии геологической среды на территории Пермской области за 1998 год. Пермский центр ГМГС, Пермь, 1999.	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ и отдельных полигонах
3.13	Васильев А.П. Отчет о результатах ведения государственного мониторинга геологической среды на территории Пермской области. ФГУДП «Пермгеомониторинг», Пермь, 2002	Изучение динамики ЭГП на берегах водохранилищ и отдельных полигонах
4. Специализированные региональные инженерно-геологические, аэрокосмогеологические работы по оценке геологической безопасности		
4.1	Копылов И.С. и др. Составление карты неотектонической активности Пермской области масштаба 1:500 000. Отчет Геоэкологической партии ФГУП «Геокарта-Пермь».Пермь, 2004	Карта неотектонической активности Пермского края. М. 1:500 000
4.2	Копылов И.С. Составление карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья. Отчёт сектора комплексных геологических исследований ООО "ПермНИ-Пинефть". Пермь, 2006	Карта неотектонических блоковых структур, карта геодинамических активных зон Пермского Приуралья. М. 1:500 000

1	2	3
4.3	Копылов И.С., Хурсик В.З. Проведение аэрокосмогеологических исследований для выявления геодинамических активных зон территории трасс магистральных газопроводов ООО "Газпром Трансгаз Чайковский". Отчет Горного института УрО РАН. Пермь, 2009.	Карты тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон восточной части Пермского края. М. 1:100 000
4.4	Копылов И.С., Хурсик В.З. Результаты аэрокосмогеологических исследований в закарстованных районах Пермского края с целью выявления зон тектонической трещиноватости. Отчет ПГУ. Пермь, 2010.	Карты тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон восточной и южной части Пермского края. М. 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000.
4.5	Копылов И.С., Хурсик В.З. Обеспечение территории Пермского края аэрокосмогеологической основой с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для включения в программу лицензирования. Отчет ООО «Пермской геолого-геофизической компании». Пермь, 2010	Аэрокосмогеологическая карта Пермского края. М. 1:500 000. Карта геодинамических активных зон Пермского края. М. 1:500 000. Карта геодинамических активных зон ВКМКС. М. 1:100 000
4.6	Коноплев А.В., Копылов И.С. Концепция геологической безопасности города Перми // Заключительный отчет о научно-исследовательской работе по муниципальному контракту № СЭД-22-01-06-112 от 26.10 2010 г. Отчет ЕНИ ПГУ, Пермь, 2010	Инженерно-геологическая схема г.Перми. М. 1:100 000
4.7	Копылов И.С., Коноплев А.В. Создание электронного ГИС-Атласа Пермского края с комплектом карт геологического и экологического содержания. ЕНИ ПГНИУ, Пермь, 2012	Комплект карт геологического и экологического содержания Пермского края в т.ч. – инженерно-геологическая. М. 1:500 000

Различные работы по инженерно-геологическим изысканиям («Белкомур», нефтегазопроводы и др.) и тематическим работам проводилось организациями совместно с ПГНИУ [213, 218-221, 225, 230, 237-239, 333].

Тематические инженерно-геологические работы по изучению экзогенных геологических процессов на территории Пермского края систематически начали проводиться с 60-х гг. XXв. Особое место среди них занимает изучение карста, которые начинались (не считая эпизодических сведений) работами В.А. Варсанофьевой (1915). В 1934 г. была организована Уральская научно-исследовательская карстовая станция, изучающая карст Кизеловского угольного бассейна. С 1948 г. карстом занимаются Кунгурский стационар УНЦ РАН РФ и кафедра динамической геологии и гидрогеологии Пермского госуниверситета. Долгие годы они проводились под руководством Г.А. Максимовича, а сейчас осуществляются многочисленными его учениками на основе созданной уральской «школой карстоведения» при Институте карстоведения и спе-

леологии (с 1964 г.) и других организациях. Проведено огромное количество работ по этой теме, созданы различные варианты карт районирования карста, среди которых до сих пор наиболее актуальной остается карта карста К.А. Горбуновой, дополненной В.Н. Катаевым и И.А. Лавровым, приведенной в Атласе Пермского края (2012) [7, 217]. Активно изучались геодинамические и структурно-тектонические факторы карста [80, 87, 107, 132, 251].

Большое количество работ проводилось по исследованию переработки берегов камских водохранилищ. Лаборатория водохозяйственных проблем при ПГУ и Пермская гидрометеообсерватория изучали процессы переформирования берегов с момента создания водохранилищ: на Камском – с 1954 г., на Воткинском – с 1961 г. Обобщающие работы были выполнены И.А. Печеркиным – «Инженерная геодинамика побережий водохранилищ, 1966, 1969» [342-345], далее продолженные его учениками на кафедре инженерной геологии и охраны недр Пермского госуниверситета (А.И. Печеркин, В.И. Каченов, В.В. Михалев и др.) [111-113]. С 1969 г. лет Сылвенской ГГП (Ю.Г. Бурцев, В.Г. Байдин, Н.Н. Назаров и др.) выполнено много работ по ЭГП, особенно по овражной эрозии, комплексу процессов, связанных с переработкой берегов водохранилищ, по их динамике и мониторингу. В период с 1978 по 1989 гг. Сылвенской ГГП (А.М. Соковнин, Л.В. Бессчетнов, Б.П. Николаев, В.А. Балдин, П.П. Ведерников) выполнены работы по комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемке масштаба 1:50 000 для целей мелиорации земель в южной части Пермского Приуралья.

Региональное инженерно-геологическое картирование территории Пермского Приуралья началось с 1941 г., когда силами УТГУ была составлена первая схематичная инженерно-геологическая карта Молотовской области масштаба 1:500 000. Последующее региональное инженерно-геологическое картирование проводилось Уральской комплексной съемочной экспедицией (УКСЭ) в 1976-1983 гг. с целью построения инженерно-геологической карты Урала масштаба 1:500 000 (В.М. Грибенюк и др.). Составленные полистные карты в

основном отражали геологические комплексы четвертичных отложений по старым представлениям, на них практически не были отражены геологические процессы, особенно активно происходящие в последние годы в техногенно-нарушенных районах, и не отражают современное состояние инженерно-геологических условий.

При проведении гидрогеологических съемок масштаба 1:200 000 (табл. 2.1) составлялись инженерно-геологические карты и схемы (масштаба 1:500 000), большинство из них были значительно детальнее карт, составленных при проведении инженерно-геологического картографирования УТГУ.

В 2005 г. ЕНИ ПГУ выполнил работы по составлению карты инженерно-геологических условий Пермского края масштаба 1:500 000 (авторы: И.С. Копылов и А.В. Коноплев) [218, 219]. Необходимо отметить, что основной объем работ по ее составлению был выполнен ранее (1998-2004 гг.) геоэкологической партией ФГУП «Геокарта-Пермь» (рук. И.С. Копылов). Были проведены рекогносцировочные маршрутные исследования практически по всей территории Пермского края; проанализирован картографический и фактологический материал многих геологических отчетов, особенно геологических и гидрогеологических съемок и тематических работ по изучению геологических процессов; учтены также все предшествующие инженерно-геологические карты и схемы районирования. Но результирующая карта в виду ликвидации предприятия тогда не была завершена. В 2005 г. материалы были использованы для составления геологического отчета «Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые», который осуществлялся по госконтракту Главного управления природопользования Пермской области.

Карта инженерно-геологических условий Пермского края масштаба 1:500 000 представляет собой современную картографическую модель инженерно-геологических условий территории регионального уровня с районирова-

нием (включающим 5 инженерно-геологических регионов, 10 областей, 25 районов, 183 участка); характеристикой инженерно-геологических формаций коренных пород и геолого-генетических комплексов, характеристикой опасных геологических процессов (эндогенных, экзогенных, техногенных и природно-техногенных).

В последующие годы сотрудниками НИЛ Геологического моделирования и прогноза ЕНИ, кафедры ИГиОН ПГНИУ и научной школы «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность» [204-206] разработана геоинформационная инженерно-геологическая картографическая модель Пермского края, которая постоянно совершенствуется, проводится пополнение инженерно-геологической базы данных. Один из вариантов инженерно-геологической модели вошел в состав Атласа Пермского края (2012) [7, 192].

1.3. Региональные геохимические исследования

На Западном Урале и Приуралье (территории Пермского края) за последние 30-40 лет накоплен огромный объем геохимических данных – при проведении региональных геохимических и геоэкологических исследований, многоцелевого геохимического картирования (Г.А. Вострокнутов, Г.П. Гапонцев, В.И. Демидов, В.А. Чувиллин, И.С. Копылов, Л.В. Алексеева и др.), геологосъемочных и поисковых работ (А.М. Кропачев, Б.М. Осовецкий, Р.Г. Ибламинов, А.М. Чумаков, И.А. Эсмонтович, Б.Д. Аблизин, И.Б. Попов, В.Я. Алексеев, Б.В. Клименко, В.М. Бабенышев, Т.В. Харитонов, В.В. Оборин, А.Г. Попов, С.Б. Суслов и др.), различных специализированных исследований, особенно нефтепоисковых (А.А. Оборин, Б.А. Бачурин и др.) и экологических (С.М. Блинов, Е.А. Ворончихина, Н.Г. Максимович и др.). Применялись различные методики геохимических исследований. В результате их было установлено большое количество геохимических аномалий по многим компонентам геологической среды.

Общая геолого-геохимическая изученность территории довольно высока, но крайне неравномерна (рис. 1.3).

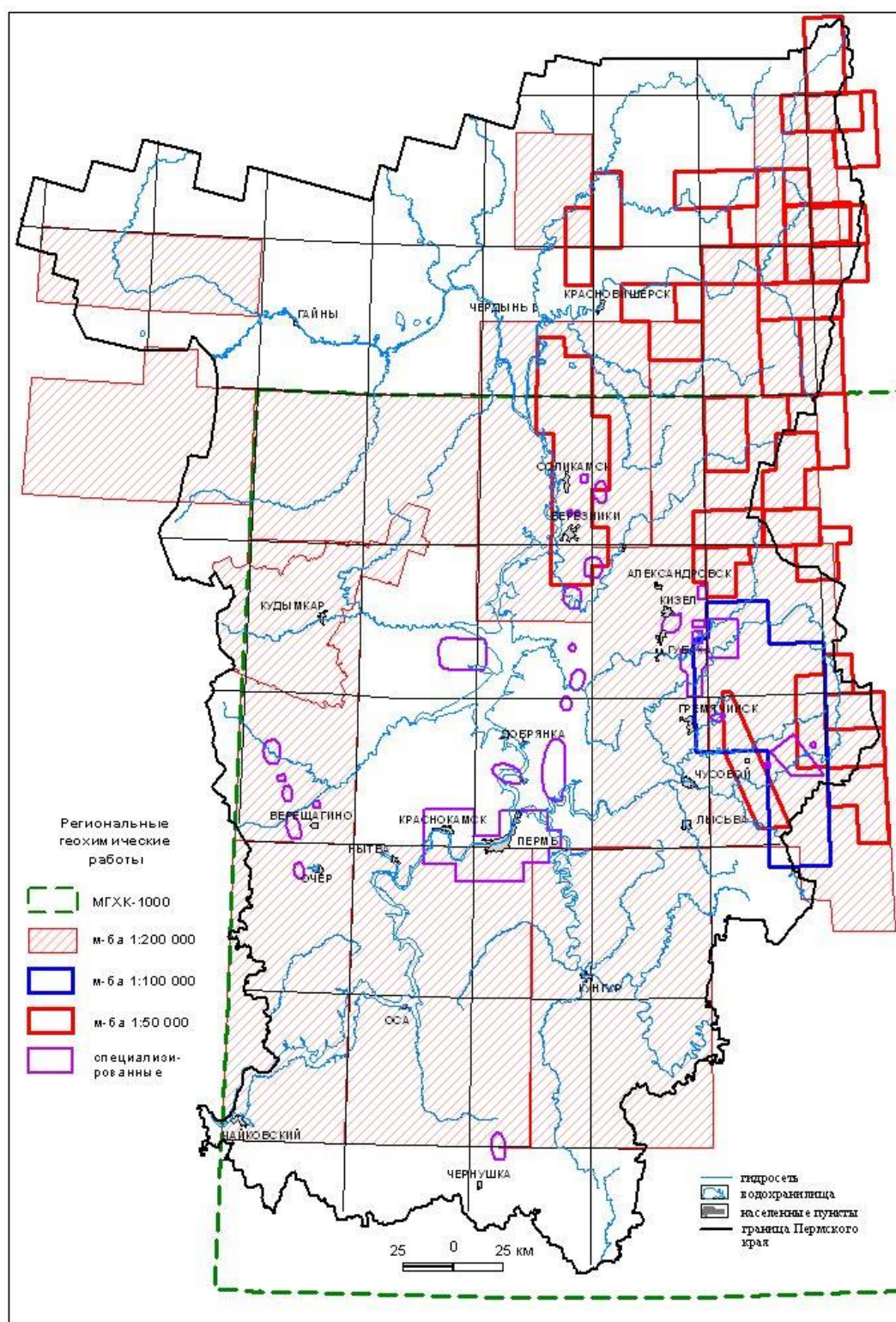


Рис. 1.3. Схема региональной геохимической изученности

К наиболее изученным относятся отдельные районы Урала на востоке территории, где проводились многочисленные геохимические исследования, ориентированные на поиски месторождений полезных ископаемых, геологические съемки масштаба 1:50 000. Значительно меньшей степенью изученности характеризуются платформенные части, где на многих территориях геохимические работы не проводились. Основными методами исследований являлись литогеохимический и гидрохимический, реже применялись атмогеохимический и биогеохимический методы. При литогеохимических исследованиях, как правило, опробовались горизонт «В-С» и (или) илистая фракция донных осадков, часто опробование проводилось не на всей изучаемой площади, а на небольших участках, перспективных для поиска.

По Западному Уралу результаты исследований обобщались в некоторых сводных отчетах (Чумаков и др., 1964ф, Вострокнутов и др., 1974ф), выделено большое количество геохимических аномалий, получена характеристика природных комплексов, донных и рыхлых отложений. Однако использовать эти материалы для геоэкологической оценки крайне затруднительно и практически невозможно, из-за несоответствия горизонтов опробования, небольшой площади изученных участков, плохой сходимости результатов.

Начиная с 1990 г. и особенно в начале 2000 – х годов XX в. при ГДП-200, в состав обязательных работ внесено геоэкологическое опробование почв (горизонт «А») с производством полуколичественного спектрального анализа. Были изучены территории многих листов (Нельзин и др., 1992ф; Харитонов и др., 1992ф, 1997ф, 1998ф; Бабенышев и др., 1997ф, 2004ф; Снитко и др., 2004ф; Суслов и др., 2004ф и др.). Сравнение распределения микроэлементов показало хорошую сходимость результатов, достоверность выделенных аномалий. Также в этот период различными организациями проводились экологические исследования в угледобывающих и промышленных центрах области, результаты, которых также могут быть использованы при составлении ГЭК. Так, ЕНИ Пермского госуниверситета (Ворончихина и др., 1995ф) были обобщены материалы по

загрязнению биотических компонентов природной среды Горнозаводской группы районов Пермской области тяжелыми металлами. Рассмотрены факторы их миграции и возможность нейтрализации в почвенном покрове с использованием химических реагентов.

В начале девяностых годов ГГП «Зеленогорскгеологией» была проведена гидролитогеохимическая съёмка по стоку малых рек масштаба 1:1 000 000 на листе О-40 (Чувиллин и др., 1996ф), было выполнено химическое опробование донных осадков и вод поверхностных водотоков. По результатам анализов проведено геохимическое районирование территории, построены карты распределения микроэлементов, отмечены аномальные зоны и участки по бария, олову, меди, ртути, сурьме, ванадию, хрому, марганцу, а также по пестицидам. В продолжение этих исследований Московской опытно-методической экспедицией ИМГРЭ по территории листа О-40 выполнялось литогеохимическое опробование по почвам в целях многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 (МГХК-1000). Работы проводились совместно с фирмой «ГЭТИ» (г.Екатеринбург) и ПГГСП «Геокарта», при этом, южная часть листа исследовалась МОМГЭ, а северная – ПГГСП «Геокарта» (Вострокнутов, Демидов, Гапонцев и др., 2001ф, Копылов и др., 2001ф).

В 1998-2010 гг. Геоэкологической партией ФГУП «Геокарта-Пермь» (руководитель – И.С. Копылов) проводилось литогеохимическое опробование по почвам, грунтам, горным породам; гидрохимическое опробование по подземным водам, снежному покрову территории Пермского края (масштаб опробования 1:500 000-1:1 000 000 с ключевыми участками масштаба 1:50 000). Эти исследования выполнялись с различной целью – для МГХК-1000, составления геоэкологической карты масштаба 1:500 000 (Копылов и др., 2001ф), для составления ландшафтно-геохимической карты (Копылов и др., 2004ф), специальных работ на нефтегазовых месторождениях.

1.4. Региональные геодинамические и аэрокосмогеологические исследования

При оценке современной геодинамики и неотектоники для геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических целей и в целом – оценки состояния геологической среды важнейшую роль играют аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) – вид дистанционных исследований с помощью летательных аппаратов, фото-сканирующей аппаратуры, изображений поверхности Земли в виде аэро- и космоснимков (АФС и КС), технологий обработки данных материалов аэрокосмических съемок (МАКС) и дистанционного зондирования Земли (ДДЗ), методов аэрокосмического дешифрирования, системно-аэрокосмического изучения, комплексного аэрокосмогеологического анализа [8, 61-63, 169, 247, 249].

В истории аэрокосмогеологического изучения Пермского края (также, как России в целом) можно выделить условно три основных периода, разделенных по времени серединой семидесятых годов XX в. и началом XXI в. Первый период (до 1976 г.) характеризуется начальным накоплением аэрогеологической информацией и эпизодическими работами. Второй период (с 1976 г.) характеризуется систематическими аэрокосмогеологическими исследованиями, их внедрением в практику геологических и гидрогеологических съемок, нефтепоисковых работ, поисков твердых полезных ископаемых и т. п. Стали развиваться отраслевые и региональные и научные школы аэрокосмогеологов. Особенно интенсивно аэрокосмометоды применялись в геологии с середины семидесятых до начала девяностых годов XX в. Позже, в связи с резким ограничением финансирования геологической отрасли страны, стали проводиться только единичные работы в основном нефтяного профиля. В настоящее время (начало XXI в.) с развитием экономики страны, начался третий период космогеологического изучения, связанный также с внедрением компьютерных технологий по обработке цифровых космических снимков [177, 178].

Первой работой по применению аэрометодов для геологических исследований в Пермском Приуралье можно считать работу Ленинградского горного института, выполненную В.П. Мирошниченко в 1937 г. по применению аэрофотосъемки для геологического картирования Колво-Вишерского края, имеющая методическое значение (Мирошниченко, 1946ф).

Геологическое дешифрирование АФС (структурно-геологическое, геоморфологическое, ландшафтно-индикационное) находило применение практически во всех работах по проведению геологического и гидрогеологического картографирования и во многих поисковых работах на различные полезные ископаемые. В 1966 г. аэрогеологической партией УТГУ под руководством А.Г. Жученко проводились работы по составлению схемы районирования Урала, Предуралья и Зауралья в масштабе 1:2 500 000 по условиям геологической дешифрируемости АФС. В 1976 г. этой же партией впервые в отечественной практике был применен геоиндикационный метод дешифрирования материалов радиолокационной аэросъемки на Урале (Жученко и др., 1976ф). В период с 1976 – 1981 г. были составлены геоиндикационные карты Урала масштаба 1:200 000. На ней выделены природно-территориальные комплексы с характерными чертами строения и структурно-тектоническими особенностями пространственного упорядочения морфологических частей и элементов, установлены, систематизированы и отражены индикаторы геологического строения (Жученко и др., 1976ф; Левицкий и др., 1980ф; Костяшов и др., 1981ф), в которых был проведен структурно-тектонический анализ линеаментов, выявлена приуроченность локальных ландшафтных аномалий к зонам пересечения глубинных разломов. В 1978-1984 гг. Аэрогеологическим отрядом Пермской ГСП проводились работы по геоиндикационному дешифрированию материалов аэрофотосъемки масштаба 1:200 000 (с врезками масштаба 1:50 000) на западном склоне Среднего и Северного Урала, в районах поисков месторождений алмазов для установления генетической связи природных территориальных комплексов с геологическим строением (Нельзин, Остроумов и др., 1980ф;

Нельзин, Савченко и др., 1984ф). Эти работы могут считаться первым опытом пермских геологов по применению метода геоиндикационного дешифрирования аэрофотоматериалов по поискам алмазов. В дальнейшем крупномасштабные АКГИ с целью выявления перспективных участков на поиски алмазов проводились на Пашийско-Кусьинской площади ООО «Пермьгеоплюс» и ООО «Омега» (Михалев, Копылов, Быков и др. 2008ф). Поиски золота с применением крупномасштабных АКГИ проводятся Пермгеолнеруд и ЕНИ ПГНИУ на Горнозаводской площади (Копылов и др., 2013ф).

Методы АКГИ в практике поисково-разведочных работ на нефть и газ на территории Пермского края применяются более 50 лет. Основной вклад в их развитие при изучение геологического строения и неотектоники внесли специалисты организаций нефтяного и геолого-съёмочного профиля – ГПК ПО Пермнефть, ООО ПермНИПИнефть, КО ВНИГНИ, ФГУП «Геокарта-Пермь», ППИ, ПГУ и др. С середины семидесятых годов XX в. началось планомерное проведение АКГИ на территории Пермского Приуралья. В 1975 г. в институте «ПермНИПИнефть» была создана лаборатория аэрометодов (руководитель – В.З. Хурсик), преобразованная в 1976 г. в аэрогеологическую экспедицию ГПК ПО «Пермнефть», а в 2004-2007 гг. – сектор комплексных геологических исследований. За весь период изучения нефтепоисковыми АКГИ, охвативших практически всю территорию Пермского края, по результатам региональных, крупномасштабных и детальных работ было составлено более 50 геологических отчетов (авторы отчетов – В.З. Хурсик, В.М. Коняев, С.Т. Шитин, В.С. Кротов, А.С. Кучин, В.Г. Гацков, И.Н. Пономарева, Ю.А Ильиных, Н.Я. Быков, Н.П. Болгарин, С.П. Волкогон, И.С. Копылов и др.). Было изучено геологическое строение Пермского Приуралья по отдельным площадям, накоплена многочисленная информация на основе дешифрирования аэрофотоматериалов по линеаментам тектонической трещиноватости и объектам, отождествляемым со структурными и неструктурными ловушками нефти и газа. Основными результатами АКГИ являлось выделение на АФС и

КС прямолинейных линеаментов и кольцевых ландшафтных аномалий (которых было выделено более 3 тыс.) и их геологическая интерпретация. Эти работы внесли огромный вклад в изучение геологического строения Пермского Приуралья, а в комплексе с другими геолого-геофизическими методами способствовали открытию многих месторождений углеводородов.

Территория Пермского Приуралья и Урала была изучена региональными АКГИ (масштаба 1:500 000 и 1:200 000) в северо-западной, северной и юго-западной частях. Регионально-зональными АКГИ масштаба 1:200 000 территория охвачена в отдельных районах на севере, западе и юго-востоке Пермского Приуралья. Зональными АКГИ масштаба 1:100 000 территория охвачена в основном фрагментарно в северной, центральной и южной части. На этих же площадях проводились детальные и крупномасштабные АКГИ масштаба 1:25 000-1:50 000. Контуры работ с нумерацией по каталогу [177] приведены на рис. 1.4.

В процессе проведения АКГИ были выполнены некоторые обобщающие неотектонические и геодинамические построения, охватывающие всю территорию Пермского края. Ю.А. Жуковым на основе тектонического изучения и анализа материалов АКГИ были составлены: схема основных результатов АКГИ на территории Пермской области, схема неотектонического районирования и схема неотектонического развития масштаба 1:1 000 000 (Жуков и др., 1980ф; 1983ф). В.Г. Гацковым по результатам комплексных дистанционных исследований были составлены карта плотности линеаментов и карта роз-диаграмм линеаментов масштаба 1:500 000 (Гацков и др., 1990ф). Л.П. Нельзиным по результатам мелкомасштабного дешифрирования АКС была составлена структурно-тектоническая (морфоструктурная) схема масштаба 1:1 000 000 (Нельзин и др., 1991ф). Ю.А. Ильиных и др. была составлена неотектоническая схема с элементами блоковой тектоники масштаба 1:1 000 000 (Ильиных и др., 1992ф). И.С. Копыловым в ФГУП «Геокарта-Пермь» по результатам неотектонического

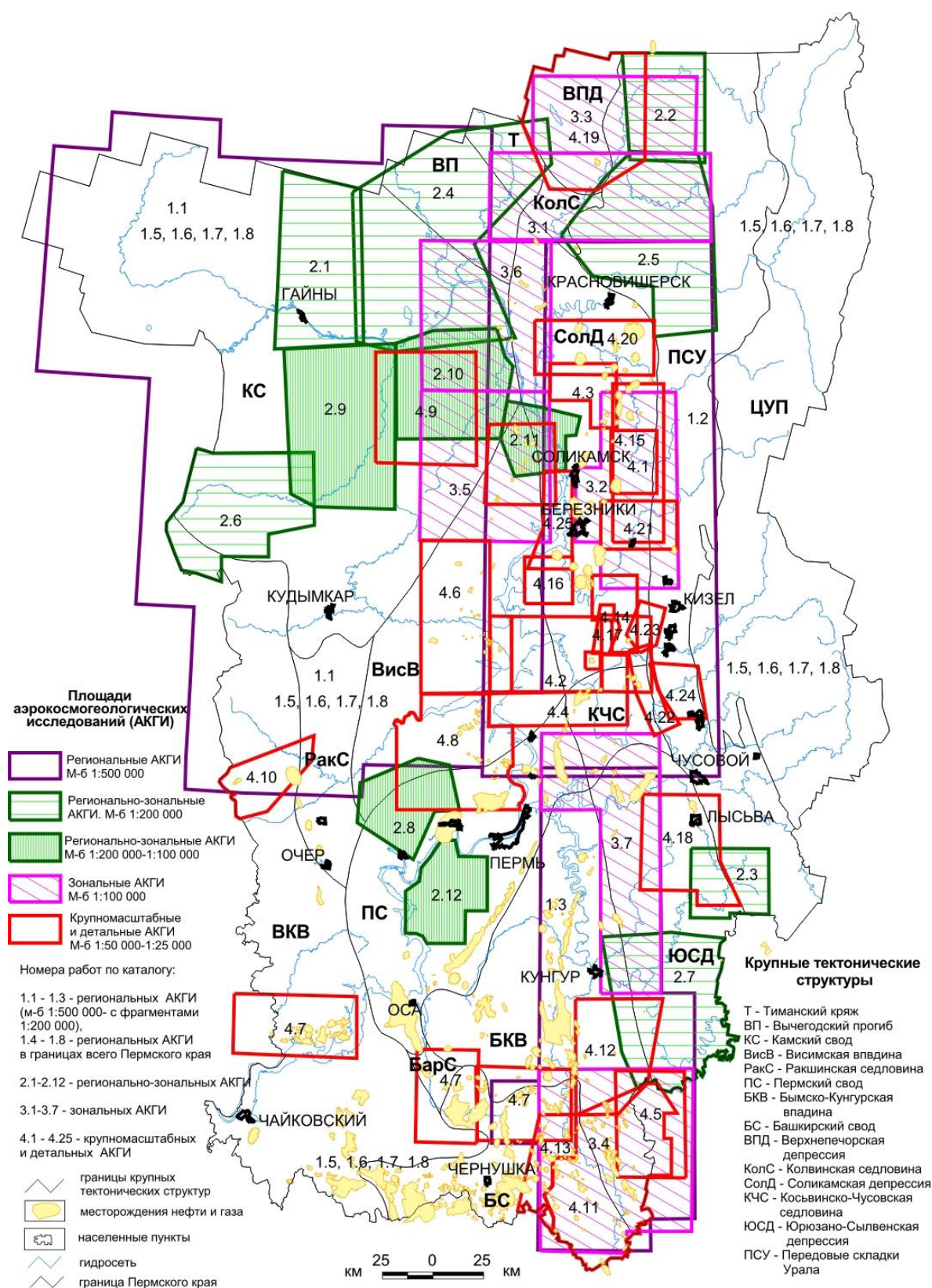


Рис. 1.4. Карта площадей аэрокосмогеологических исследований
Пермского Приуралья [158, 177]

изучения морфоструктурными методами были составлены: карта неотектонической активности и карта геодинамических активных зон масштаба 1:500 000 [165]; по дешифрированию АКС построена карта мегатрещиноватости, по морфометрии – карта расчлененности рельефа (Копылов и др., 2004ф) [167, 168]. В 2006 г. в ООО «ПермНИПИнефть» была завершена работа по составлению карты неотектонических блоковых структур Пермского Приуралья масштаба 1:500 000, на основе регионального дешифрирования и анализа геолого-геоморфологических условий (Копылов, 2006ф) [127, 133, 159, 170]. В 2010 г. была выполнена работа в ООО «Пермская геолого-геофизическая компания» по обобщению всех аэрокосмогеологических исследований в Пермском крае, составлена аэрокосмогеологическая основа с целью определения нефтеперспективных площадей и участков для лицензирования и построена новая карта геодинамических активных зон (Копылов, Хурсик, 2010ф) [129, 160].

В 2008-2013 гг. И.С. Копыловым и В.З. Хурсиком выполнен ряд работ по выявлению локальных геодинамических зон на основе проведения крупномасштабных АКГИ: на нефтепоисковых площадях – Григорьевской, Пономаревской, Вишерской, Юго-Камской, Керчевской (по бюджетным темам Горного института УрО РАН); в восточной части Пермского края и западной части Свердловской области для выявления зон геодинамической опасности территории трасс магистральных газопроводов (ООО «ПГГК», ООО «Газпром Трансгаз Чайковский»); в закарстованных районах Предуралья (включая гг. Чусовой, Кунгур, п.Полазна, с.Усть-Кишерть и др.) с целью выявления зон тектонической трещиноватости (в рамках краевой программы, выполненной ПГНИУ) [203].

В последнее десятилетие И.С. Копыловым и С.В. Козловым изучается влияние неотектонических движений на формирование месторождений углеводородов на основе концепции абиогенного образования нефти и нефтегазогенерирующих глубинных зон (с которыми также связываются первичные астеносферные землетрясения, как единый плантарный процесс), разрабатывается

неотектоническая модель нефтидогенеза с использованием данных ДЗЗ [115-117, 215, 216].

В период 2010-2020 гг. ЕНИ ПГНИУ, кафедрами ПиРПИ, ИГиОН геологического факультета ПГНИУ под руководством И.С. Копылова выполнен ряд аэрокосмогеологических проектов с целью поисков месторождений полезных ископаемых – золота, алмазов на Среднем и Северном Урале, геологической безопасности Верхнекамского месторождения калийных солей, нефтегазовых месторождений, линейных объектов в закарстованных районах и различных урбанизированных территорий [130-132, 135-138, 153-154, 157, 163, 164, 166, 169, 171, 175, 180-183, 188, 190, 216, 223, 227, 233, 234]. При проведении этих дистанционных исследований на основе современных цифровых КС и компьютерного дешифрирования с применением геоинформационных технологий, были получены новые данные, уточняющих геологическое строение и геодинамическую активность Урала и Приуралья. Последний фактор, как было установлено, оказывает большое влияние на формирование геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий.

1.5. Региональные геоэкологические исследования

Региональных работ геоэкологического плана за последние 30 лет в России и за рубежом проведено огромное количество. Некоторые из них фундаментального, методологического или обобщающего характера использовались при проведении геоэкологических исследований и оценки на Западном Приуралье и Урале [16, 18, 25, 28, 67, 70, 82, 93, 243, 321, 351, 359, 364, 367, 400, 422].

На территории Пермского края региональных геоэкологических работ проведено крайне мало. Первой комплексной геоэкологической работой можно считать научный отчет Пермского госуниверситета по оценке состояния природных условий и ресурсов Пермской области (руководитель – Б.М. Осовецкий

и др., 1990ф), выполненный по заказу областного комитета по охране природы где рассмотрены природные условия (в том числе ГС) и ресурсы области, подготовлена основа для следующего этапа этого направления (перспективы изменения природной среды и ресурсов), составлен большой комплект обзорных карт природопользовательского характера.

В 1994 г. вышел отчет МП «Аэрокосмоэкология» по районированию Пермской области по состоянию природной среды на основе материалов космических съемок (отв. исполнитель – С.Е. Баканин), где составлены карты ландшафтов масштаба 1:500 000, сделана попытка районирования современных ландшафтов по степени антропогенного воздействия. В 1996 г. вышел отчет Пермского технического университета (руководитель темы – В.И. Галкин) по радиэкологической обстановке Пермской области, где обобщена вся имеющаяся информация по этому вопросу. С 1996 г. Пермгеомониторингом (Э.А. Аликин, А.П. Васильев и др.) начали выпускаться ежегодники по результатам стационарных наблюдений за подземными водами и инженерно-геологическим наблюдениям в береговой зоне Камского и Воткинского водохранилища (выпуски 1997-2012 гг.).

Большой фактический материал экологического характера (но больше локального и специфичного) имеется в комитетах по охране природы (краевом, городских и районных), где собирается отчетность по наиболее экологически опасным производствам, величине выбросов в атмосферу и гидросферу по форме 2ТП – «Воздух», 2ТП – «Водхоз» и по форме 2ТО – «Отходы». В последние годы, в соответствии с ГОСТом 17-00-04-90 предприятиями составляются экологические паспорта. Контроль за санитарно-гигиенической обстановкой выполняют Центр санэпиднадзора и Госкомгидромет. Также накоплен огромный материал по геологической среде в ведомственных, акционерных и частных учреждениях – нефтяных, солевых, угольных, эколого-медицинских, эколого-биологических; в различных научных, проектных и производственных. В настоящее время идет систематизация этого материала, большую трудность

вызывает разобщенность, ведомственные и корпоративные интересы сторон.

Из картографических исследований можно отметить отчет по проведению специализированного геоэкологического картирования территории городов Перми и Краснокамска масштаба 1:50 000 (Пермский промузел) в 1991-1993 гг. (Степанов и др., 1994ф). Эта работа не была завершена полностью, в связи с прекращением финансирования, однако были получены данные по состоянию почво-грунтов, природных вод, осадков, выделены загрязненные участки и особенно интересные данные получены по проведению вертолетной аэрогаммаспектрометрической съемке на площади 1361,7 км², где было зафиксировано 307 аномалий, получены карты радиационных полей. Эколого-геохимические карты масштаба 1:100 000 составлены для территории Верхнекамской и Северокамской площадей при выполнении геологического доизучения масштаба 1:50 000, где выделены различные геохимические аномалии в Березниковско-Соликамском промузле и прилегающей территории (Харитонов и др., 1997ф, 1998ф).

С 1991 года в России проводится реализация отраслевой программы «Геоэкология России». Методическое руководство по составлению и изданию геоэкологической карты России было возложено на ВСЕГИНГЕО. Основная цель работы – изучение и оценка степени и характера региональных техногенных изменений геологической среды. В 1992 г. были начаты работы по составлению геолого-экологической карты Урала масштаба 1:1 000 000 по территории деятельности Уралгеолкома, куда в административном отношении входили Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области (в 1998 г. были завершены работы по составлению геолого-экологической карты Свердловской и Курганской областей масштаба 1:500 000). По территории Пермского края данные работы начали проводиться с 1997 г. Геоэкологической партией ПГГСП «Геокарта» (руководитель – И.С. Копылов). В течение 3 лет было выполнено более 6 тыс. км маршрутов с комплексом наблюдений и опробований на площади 53 тыс. км². В 1999 г. вышел отчет по региональным геоэкологическим и

геохимическим исследованиям на территории Коми-Пермяцкого АО (Копылов, Баранов, Алексеева и др., 1999ф) [143, 201, 202], где по Кудымкарскому району построены 15 моноэлементных карт и сводная геоэкологическая карта масштаба 1:200 000, выделено 8 комплексных геохимических аномалий с высоким превышением элементов по ПДК. В 2001 г. вышел окончательный отчет по составлению геоэкологической карты территории Пермской области (Копылов и др., 2001ф) [142], где составлен комплект моноэлементных и интегральных геохимических карт, впервые проведена комплексная геоэкологическая оценка и составлена геоэкологическая карта (ГЭК) масштаба 1:500 000 территории Пермского края. В последующие годы происходила ее актуализация и пополнение базы данных, изучение отдельных районов [207, 208, 228, 236]. Электронный вариант ГЭК внедрен в Управление по охране окружающей среды Пермского края и используется в составе экологического блока географической информационной системы. Обновленные модели геоэкологической, гидрогеологической карт и карты экологической оценки состояния природно-геологической среды вошли в состав Атласа Пермского края (2012). В 2004 г. завершен отчет по составлению ландшафтно-геохимической карты Пермского края масштаба 1:500 000 (Копылов и др., 2004ф).

В последнее десятилетие региональные геоэкологические исследования в Пермском крае были связаны с экологическими проблемами недропользования, в основном с разработкой углеводородов, калийно-магниевых солей ВКМКС и каменных углей КУБ. В 2019 г. создан Пермский научно-образовательный центр (НОЦ) «Рациональное недропользование» на основе взаимодействия ФГБУН «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН» (ПФИЦ УрО РАН), ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (ПНИПУ) и ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ) в кооперации с предприятиями реального сектора экономики. Основные направления деятельности Пермского НОЦ связаны с недропользованием и смежными

отраслями промышленности, определяющими современный уровень его эффективного развития: твёрдые полезные ископаемые; углеводороды; энергетика и машиностроение; новые материалы и вещества; химические технологии; автоматизация и роботизация производств и сервисов; экология и безопасность территорий.

Глава 2

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРИРОДНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Под факторами региональной геоэкологической, гидрогеологической и инженерно-геологической обстановки здесь понимаются движущие силы (причины) различных процессов, происходящих в природе, обуславливающих формирование и изменение верхней части литосферы, природных и природно-техногенных ландшафтов, запасов и химического состава подземных вод, геохимических полей, месторождений полезных ископаемых, а также приводящих к изменению геологической среды [225].

Геологическая среда (ГС) по определению Е.М. Сергеева [365, 366] – это любые горные породы, которые слагают верхнюю часть литосферы и рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека. В современном понимании ГС является более широким понятием. С позиции системного анализа, по Г.А. Голодковской и Ю.Б. Елисееву [52], ГС является открытой системой и рассматривается только в совокупности с техносферой как природно-техническая система. ГС включает в себя почвы, горные породы, подземные воды, газы, органические вещества и живые организмы, находящиеся во взаимодействии; она характеризуется геологическими, геофизическими и геохимическими полями и находится под влиянием многообразных внешних, в том числе антропогенных нагрузок.

Основные природные факторы условно разделены на три группы: 1) физико-географические факторы – орографические, климатические, гидрологические, геоботанические, почвенные условия, 2) геолого-структурные факторы – литолого-фациальные условия, структурно-тектоническая обстановка и 3) геоморфолого-неотектонические и геодинамические факторы.

2.1. Физико-географические факторы

Рассматриваемая территория охватывает полностью Пермский край, который является крупным субъектом Российской Федерации с площадью 160 236 км², населением более 3 млн. человек. Территория вытянута с севера на юг на 600 км, с запада на восток – на 400 км и характеризуется большим разнообразием природных условий и ресурсов,

Основные сведения о физической географии Пермского Приуралья и Урала содержатся в трудах А.М. Архангельского, В.А. Балкова, Н.В. Введенской, И.П. Герасимова, И.И. Голубевой, С.А. Двинских, С.Б. Девятковой, Н.А. Калинина, М.В. Карандеевой, А.М. Комлева, Н.Я. Коротаева, Г.А. Максимовича, Ю.А. Мещерякова, Н.Н. Назарова, Б.А. Чазова, С.И. Селиванова, А.П. Сигова, Л.Н. Спирина, Е.А. Черных, М.Д. Шарыгина, Л.А. Шимановского, А.С. Шкляева и др.

Рельеф. В орографическом отношении территория расположена на восточной окраине Русской (Восточно-Европейской) равнины (примерно 80% территории) и Уральских горах (20%). Современные физико-географические процессы в равнинной части подчиняются географической зональности Русской равнины. Важнейшее значение при этом приобретают зональные показатели – гидролого-климатические и почвенно-биогеографические. Природа физико-географических процессов в горной части определяется высотной поясностью Урала. Для нее характерны аazonальные геолого-геоморфологические показатели [412].

Русская равнина представляет собой в целом приподнятую пологоувалистую равнину с высотами 200-400 м над уровнем моря, осложненной множеством эрозионно-денудационных возвышенностей, холмов и впадин. В центральной части расположена Приуральская депрессия – обширная низменная равнина (Веслянская, Камско-Кельтминская, Косинская, Язьвинско-Вишерская, Среднекамско-Косвинская низменности) с высотами 140-150 м, с

хорошо разработанными долинами крупных рек и камскими водохранилищами (с минимальной отметкой в области в уресе р. Камы на крайнем юго-западе – 66 м). На западе простираются Верхнекамская возвышенность с высотами до 337 м, Оханская возвышенность - до 314 и Кондасские Увалы – до 255 м, на северо-западе – Северные Увалы высотой до 270 м, на юго-востоке – Уфимское плато с наиболее приподнятой частью – Сылвинским кряжем высотой до 403 м, на юге – Тулвинская возвышенность с высотой 446 м (Белая Гора). Восточнее расположена Приуральская равнина – приподнятая полого-холмистая территория, с высотами 200-450 м, с широким развитием карстовых форм рельефа. К востоку она переходит в предгорья Урала, западная часть, которой представляет собой холмисто-увалистые и грядово-увалистые формы рельефа с высотами 400-700 м, разделенные меридионально вытянутыми депрессиями. На северо-востоке поднимается Полюдов кряж и Ямжачная Парма. В осевой части Урала выделяются области грядово-увалистого денудационного среднегорья Северного Урала с поясами хребтов (Тулымский Камень, Хоза-Тумп, Кваркуш, Муравьинный, Ольховочный и др.) и грядово-останцового низкогорья Среднего Урала (Ослянка, Басеги) с высотами до 1000-1300 м (с максимальной отметкой 1469 м – г. Тулымский Камень) [312].

Климат. По климатическому районированию территория расположена в зоне умеренных широт, входя в состав Атлантико-континентальной области, и характеризуется умеренно континентальным климатом с холодной продолжительной зимой и теплым иногда жарким летом. Основное значение в формировании климата принадлежит радиационному и циркуляционному факторам, значение имеют также рельеф, снежный покров, растительность, почвенный покров и водные объекты [419]. В холодную часть года наблюдается преобладание антициклонов, в теплый период – циклонов. В результате действия Исландского минимума атмосферного давления, Азорского максимума и Сибирского внутриконтинентального центра действия атмосферы, преобладает западно-восточный перенос воздушных масс с

чередованием северных, северо-западных и юго-западных потоков, которые приносят как тепло, так и холод. Среднегодовая скорость ветра изменяется от 2,7-2,8 (Тулпан, Кын) до 4,1 (Чердын) м/с. Средняя годовая температура воздуха изменяется $+0,7^{\circ}\text{C}$ до $+2,4^{\circ}\text{C}$, снижаясь с юго-запада на северо-восток. Абсолютная амплитуда годовых колебаний температурного воздуха достигает 82° для г. Перми и 88° для г. Красновишерска. Среднемесячная зимняя температура -22 , летняя $+13^{\circ}\text{C}$ на северо-востоке области и $+18^{\circ}\text{C}$ на юго-западе. Самый холодный месяц – январь, с минимальной температурой за 70 лет -54°C , самый теплый месяц – июль, с максимальной температурой $+38^{\circ}\text{C}$. Средние январские температуры воздуха варьируют с юго-запада на северо-восток от -15 до -18°C ; средние июльские температуры соответственно – от $+18^{\circ}$ до $+13^{\circ}\text{C}$.

Среднегодовое количество атмосферных осадков от 410-450 мм в равнинной части на юго-западе и до 700-1000 мм в горах на северо-востоке. Большая часть осадков приходится на теплое полугодие в виде дождей (с апреля по октябрь их выпадает от 66 до 77, в среднем 70 %). Около 30 % осадков выпадает в виде снега (ноябрь – март), которые увеличиваются с запада на восток от 125 до 250 мм. Появление снежного покрова приходится в среднем на первую декаду октября на севере и на третью декаду на юге и юго-западе области, устанавливается обычно в конце октября – начале ноября. Число дней со снежным покровом достигает 190-200 на севере и 170-175 на юге. Средняя многолетняя высота снежного покрова находится в пределах 60-70 см на юго-западе и 80-90 см на северо-востоке. Для климата территории характерна частая повторяемость опасных метеорологических явлений (туманы, грозы, метели, шквальные ветры, гололед и др.).

Гидрография. В гидрографическом отношении территории именуется Пермским Прикамьем, где имеется большое количество рек, ручьев, озер, болот, искусственных водоемов – прудов и три водохранилища. Все реки принадлежат бассейну Каспийского моря, практически все из них – бассейну

р. Камы – главной реки региона. Протяженность ее в естественном состоянии – 2032 км, в зарегулированном состоянии – 1805 км, в пределах края – около 1000 км. Полная площадь водосбора незарегулированной Камы составляла 525700 км², сейчас она составляет 507000 км², в пределах территории края – 154 тыс. км². Годовой сток Камы на входе в Пермский край – 2,8 км³, на выходе (г. Чайковский) – 55-56 км³. Всего насчитывается около 29179 рек (общей длиной 90 914 км), из них 1342 длиной свыше 10 км; 42 реки свыше 100 км. Самые протяженные из них – Чусовая (592) с Сылвой (493) и Усьвой (266), Вишера (415) с Колвой (460) и Березовой (208), Яйва (304), Косьва (283), Коса (267), Весляна (266), Иньва (257), Обва (247), Тимшор (235), Глухая Вильва (234), Пильва (214) км. Густота речной сети изменяется в целом от 0,4 до 0,8 км на 1 км², увеличиваясь в северном направлении, средняя густота речной сети по области составляет 0,55 км на 1 км².

Реки Пермского Прикамья разнообразны по строению долин и характеру режима. Для равнинных рек характерно спокойное медленное течение, извилистое русло с многочисленными меандрами, крупными излучинами, островами, протоками; поймы изобилуют старицами, озерами, часто заболочены. Реки горных и предгорных районов часто чередуют узкие глубоко врезы долины с пологими склонами и заболоченными днищами, в зависимости от степени неотектонической активности отдельных участков и связанных с ней стадией развития речных долин. Питание рек смешанное, основное из них – снеговое, подземное и дождевое; причем на долю снегового питания приходится 60-80% [119]. Наивысшие подъемы уровней воды наблюдаются, обычно весной, во время весеннего половодья. Многолетний среднегодовой модуль стока в равнинной части территории изменяется с юго-запада на север от 2,5-5 до 8-9 л·с/км². В горах годовой сток в значительной степени азонален, но также проявляется тенденция увеличения его к северо-востоку. В пределах низкогорья Чусовского Урала он увеличивается от 8 до 15, а в среднегорье Вишерского Урала – от 10 до 25 л·с/км².

В долинах рек развиты многочисленные озера (всего насчитывается около 750 озер), особенно в северной части территории. Подавляющее большинство из них мелкие старичные, значительно меньше озер, связанных с глубинными тектоническими процессами (крупнейшие: Чусовское – 19,4; Большой Кумикуш – 17,4; Новожилово – 7,1; Адово – 3,7 км²). Широкое распространение имеют болота – более 1000, занимающие площадь около 25 000 км². Крупнейшие: Большое Камское – 810, Джурич-Нюр – 350, Базимское – 194 км².

В Прикамье создано большое количество гидротехнических сооружений, искусственных водоемов. По состоянию на 01.01.2020 г. на территории Пермского края насчитывается 473 прудов и водохранилищ, из которых 38 объектов объемом более 1 млн. м³ [79]. Наибольшее их количество сосредоточено на реках южных, юго-западных и западных районов края. На р. Каме создано два водохранилища – Камское (1915 км²) и Воткинское (1120 км²), на р. Косье – Широковское водохранилище (40,8 км²).

Для геоэкологической оценки автором (И.С. Копылов и др., 2001ф) проведено эколого-гидрографическое районирование территории Пермского края, где выделены 7 эколого-гидрографических районов, в пределах которых, с учетом границ водосборных бассейнов рек III-V порядка (по В.П. Философову) выделены 320 участков с площадями 300-700, в среднем 500 км² для которых произведена оценка экологического состояния природно-геологической среды (рис. 2.1).

Почвы и растительность. Территория Западного Урала и Приуралья расположена в лесной зоне (тайги), основным типом растительности являются леса, покрывающие склоны и водораздельные пространства, занимающие более 70% всей площади. Растительный покров принято подразделять на три подзоны: среднюю, южную тайгу, хвойно-широколиственные леса, а также районы Кунгурской лесостепи и горной тайги.

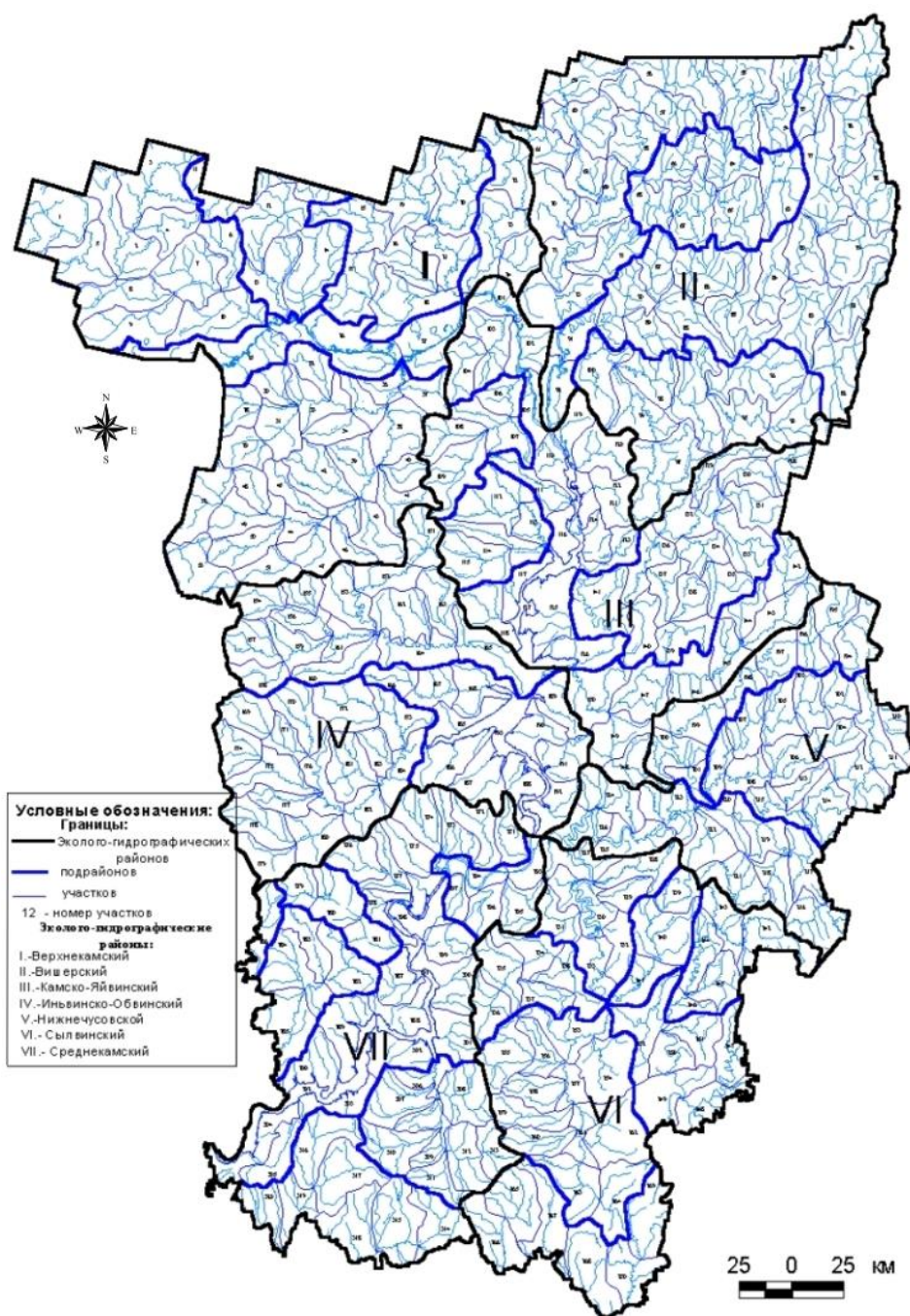


Рис. 2.1. Эколого-гидрографическое районирование территории
Пермского края

На севере и в средней полосе преобладают хвойные леса с елью и пихтой; на северо-западе распространены сосновые леса; в северо-восточной и восточной части наряду с ними встречаются светлохвойные — лиственница, реликтами крайне редко сохранился кедр; в южной части встречается липа, появляется клен, вяз, дуб. Большую долю среди лесов составляют

мелколиственные березово-осиновые леса, имеющие вторичное происхождение (выросшие на месте пожарищ и вырубке темнохвойных лесов). В заболоченных долинах рек часто развиты, так называемые согровые леса (еловые, елово-ольховые, тальниковые, сосновые криволесья), с характерным угнетенным состоянием древесной растительности. Местами, большие пространства занимают горелые участки леса, создавая специфический тип ландшафта.

Для территории характерно большое разнообразие почв. Распределение типов и видов их имеет две особенности – зональность почв на дренированных водоразделах и широкая пространственная изменчивость, обусловленная геологическим строением, характером рельефа, условиями увлажнения и степенью сельскохозяйственного освоения. Современное почвообразование характеризуется развитием двух основных процессов – подзолистого и дернового, поэтому преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы. На севере, в условиях среднетаежной подзоны, распространены сильно- и среднеподзолистые почвы с мохово-кустарничковым наземным покровом, на ледниковых и флювиогляциальных отложениях сочетании с торфяно-болотными почвами. Южнее широтного отрезка Верхней Камы при смене физико-географической обстановки типичные подзолы замещаются дерново-подзолистыми почвами. В южнотаежной подзоне с разнотравными хвойными и смешанными лесами формируются дерново-подзолистые почвы с более высоким естественным плодородием. В южной части края распространен комплекс темноцветных почв Кунгурской лесостепи, представленный серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами, на карбонатных и гипсовых породах, с содержанием гумуса 7,5-12% [319]. Другие типы почв являются азональными и связаны в большей степени с местными условиями. В долинах рек развиты дерново-луговые, аллювиальные и болотно-подзолистые почвы; в условиях повышенного увлажнения и слабого дренажа формируются дерново-глеевые почвы, а при избыточном увлажнении - торфяно-болотные почвы, местами торфяники. В горных районах преобладающим является горно-

таежный тип почвообразования и связанные с ним суглинистые и глинистые дерново-подзолистые, горные подзолистые, горно-лесные бурые, местами маломощные щебенистые почвы. В гольцовом поясе развиты горно-луговые, горно-тундровые тундровые и органогенно-щебенистые почвы.

По механическому составу почвы также имеют большое разнообразие, но преобладают глины и суглинки. В целом отмечается, что большая часть (до 80%) почвообразующих пород области характеризуются тяжелым механическим составом; в составе распаханых почв области тяжелые суглинки составляют 45,1%; средние суглинки – 15,1%; легкие суглинки – 4,2%; супесчаные и песчаные почвы – 8,2% [319]. Всего на рассматриваемой территории выделены 25 типов почв.

Почва является открытой подсистемой в сложных природных системах геохимических ландшафтов, способной накапливать загрязняющие компоненты. Наиболее уязвимым является первый от поверхности, гумусовый горизонт. Состав и количество удерживаемых почвой элементов зависит от содержания и состава гумуса, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности биологического поглощения. Наиболее низкое содержание микроэлементов обнаруживается в песках и супесях, несколько выше – в покровных суглинках и самое высокое – в глинах. Донные отложения, являясь конечным звеном ландшафтно-геохимических сопряжений, интегрируют геохимические особенности водосборной площади, что позволяет по их химическому составу выделить техногенные потоки и оценить степень техногенной нагрузки на водосток и на всю водосборную систему рассматриваемого региона.

2.2. Геолого-структурные факторы

Геолого-структурные факторы имеют важнейшее значение в формировании геохимических полей всей природно-геологической среды,

поэтому необходимо краткое рассмотрение геологического строения с упором на элементы, которые играют определяющую роль в геоэкологии Западного Урала и Приуралья.

Основы современных представлений о геологическом строении региона заложены в конце XIX века А.П. Карпинским, обобщившим все геологические данные по Европейской России и впервые выделившим Русскую плиту и М.И. Горским (1939) предложившим первую схему тектонического строения Урала. В последующие годы это районирование было уточнено П.А. Софроницким (1955, 1969), И.Д. Соболевым (1969, 1977, 1979) и другими исследователями. Изучением региона занимался огромный коллектив геологов, результатом коллективного труда которого явилось издание многотомных энциклопедических монографий, включающих территорию Пермского края – «Геология СССР, т.ХІІ, 1969» [44] и «Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых, т.1. Русская платформа, 1985» [43]. Ниже приводится краткое описание геологического строения по материалам работ П.А. Софроницкого (1969, 1991) [44], И.Д. Соболева (1983, 1987) [387], Р.О. Хачатряна (1979) [409], институтов КамНИИКИГС (В.М. Проворов и др.), ПермНИПИнефть (Ю.А. Жуков и др.), ПГНИУ (Л.А. Шимановский, Б.С. Лунев, Б.М. Осовецкий, Р.Г. Ибламинов и др.), ФГУП «Геокарта-Пермь» (Б.К. Ушков, Л.П. Нельзин, Т.В. Харитонов и др.), материалов государственной геологической карты РФ [58].

Территория располагается на стыке двух крупнейших геологических систем – Восточно-Европейской или Русской платформы (Русская плита) и Уральской герцинской складчатой области. Западная и центральная части находятся на восточной окраине Русской плиты, которая к востоку сменяется зоной Предуральского краевого прогиба, переходящего в Западно-Уральскую зону складчатости и Центрально-Уральское поднятие [43].

Русская плита на рассматриваемой территории представляет собой северо-восточную часть крупной надпорядковой структуры – Волго-Уральской

антеклизы и занимает небольшую часть юго-востока Тиманского кряжа с Предтиманским прогибом. В строении Русской плиты выделяются два структурных этажа: древний кристаллический фундамент архейско-нижнепротерозойского возраста (карельский, с возрастом более 1,6 млрд. лет) и субгоризонтально залегающий на нем осадочный чехол верхнепротерозойских, палеозойских отложений. Фундамент слагают гнейсы, гранито-гнейсы, кристаллические сланцы и амфиболиты. Вскрыт скважинами на глубинах 1649 м – 3527 м и имеет отчетливо выраженную тенденцию погружения в восточном направлении (по неофизическим данным) до 12 000 м (Ушков и др., 2008ф). На северо-востоке (с. Ксенофонтово) выступает на поверхность, где представлен верхнепротерозойскими (байкальскими) метаморфизованными кварцитовидными песчаниками, глинистыми сланцами, известняками, доломитами.

Осадочный чехол состоит из малоизмененных осадочных пород различного возраста – от верхнего протерозоя до кайнозоя включительно [43, 44, 353]. В основании платформенного чехла залегают терригенные отложения ниже- и верхнебавлинской серии венда-кембрия; выше по разрезу залегают карбонатные и терригенно-карбонатные породы среднего и верхнего девона, карбонатные и терригенно-карбонатные породы карбона, карбонатные – нижней перми, терригенные – средней и верхней перми, триаса и юры. Большую часть территории занимают континентальные породы верхнего и среднего отдела пермской системы, на северо-западе распространены отложения мезозоя. Толщина осадочного чехла составляет 1,5-5 км. Палеозойские отложения характеризуются сложным внутренним структурным планом. На фоне общего субгоризонтального залегания отложений, развиты пологие положительные и отрицательные округлые структуры: мегасводы, своды, мегавпадины и впадины. На фоне этих крупных структур развиты узкие и вытянутые валы и депрессии, которые в свою очередь осложнены мелкими куполами, брахиантиклиналями и мульдами. В платформенной части региона

установлено несколько тектонических элементов I порядка: Камский, Пермский, Башкирский своды, Ракшинская седловина, Верхнекамская, Висимская, Бымско-Кунгурская впадины; вместе с прогибом – 41 положительная структура II порядка и более 600 локальных поднятий.

Предуральский краевой прогиб (ПКП) представляет собой крупную синклинальную структуру, отделяющую Русскую плиту от Уральской складчатой области. Характеризуется более глубоким залеганием фундамента (до 9 км и более), чем на платформе и складчатом Урале, наличием мощной толщи пород галогенной (карбонатно-сульфатно-соляной) формации кунгурского яруса и биогенных рифов артинского яруса пермской системы. В прогибе обнажаются в основном нижнепермские отложения, частично перекрытые верхнепермскими отложениями. В прогибе выделяются с севера на юг Верхнепечерская, Соликамская и Юрюзано-Сылвинская депрессии, разделенные Колвинской и Косвинско-Чусовской седловинами.

Западно-Уральская зона складчатости (ЗУЗС) или Передовые складки Урала (ПСУ) прилегает с востока Предуральскому прогибу и протягивается с севера на юг вдоль всего западного склона Урала, представляет собой крупную моноклинальную структуру с постепенной сменой с запада на восток относительно молодых палеозойских пород более древними. Распространены преимущественно терригенные и карбонатные породы девона, карбона и нижней перми. Ограниченное распространение имеют вендские, ордовикские и силурийские отложения. ЗУЗС сильно осложнена складчатыми формами, от крупных и сложных до мелких, элементарных, а также многочисленными мелкими разрывными нарушениями типа всбросов, сбросов, надвигов крутых на востоке зоны и очень пологих на западе [235]. В силурийских и ордовикских отложениях установлены относительно маломощные дайки диабазов и габбро-диабазов. По особенностям строения ЗУЗС подразделяется на западную и восточную подзоны, которые поперечной Полюдовской макроантиклиналью делятся на Вишерскую и Язьвинско-Айскую части.

Центрально-Уральское поднятие (ЦУП) расположено на востоке территории, в горной части Урала и представляет собой сложное антиклинальное сооружение, включающее крупные структуры II порядка: Ляпинско-Исовский (Ляпинско-Кутимский), Кваркушко-Каменногорский мегаантиклинории и Улсовско-Койвинский (Улсовско-Висимский) мегасинклинорий, которые осложнены более мелкими складчатыми формами разных порядков и морфологии и множеством разрывных нарушений. Здесь распространены в основном древние метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные породы рифея, венда и нижнего палеозоя. Они интенсивно дислоцированы и прорваны малыми интрузиями ультраосновных, основных и кислых магматических пород.

2.3. Геоморфолого-неотектонические и геодинамические факторы

Термин «новейшая тектоника» впервые введен в геологическую литературу С.С. Шульцем, который в 1932г. этим термином обозначил тектонические процессы, создавшие основные черты современного рельефа, а в 1937г. им были разработаны основные положения новейшей тектоники; им же было введено понятие о планетарной трещиноватости [420, 421].

В.А. Обручевым введено название «неотектоника» (как раздел геотектоники) для тектонических движений, происходивших во второй половине третичного периода, продолжительность новейшего этапа им оценивалась в 35 млн. лет. Наиболее полно неотектоническое направление разработано Н.И. Николаевым [318], который по праву считается одним из основоположников неотектоники; он также определяет новейший этап, как олигоцен-четвертичный (по-видимому, как и большинство современных геологов). Академиком Е.Е. Милановским [300] предложено новое понимание геодинамических обстановок новейшего этапа. Он охарактеризовал новейшую фазу глобальной активизации процессов расширения Земли, и обосновал планетарно

выраженный нижний возрастной рубеж – 10 млн. лет в послеальпийский этап, когда процессы горизонтального сжатия сменились проявленными в глобальном масштабе процессами горизонтального расширения земной коры.

Роль неотектоники и современной геодинамики в различных аспектах геоэкологии, гидрогеологии, инженерной геологии, биологии отражена в многочисленных работах: [23, 32, 59, 81, 83, 106, 114, 255, 258, 261, 268, 271, 273, 279, 308, 316, 336 354-358, 361, 362, 374, 377-379, 382, 383, 405], в том числе – наших [134, 141, 144, 146, 149, 169, 187, 211, 282, 287, 323, 324, 328, 332, 341, 368, 388, 389, 426, 429, 432, 433 и др.].

Геоморфологическим особенностям территории Урала и Приуралья посвящено множество работ, касающихся вопросов морфологии, истории развития и формирования рельефа. Проводилось много специальных геоморфологических и региональных картосоставительских работ; существуют различные схемы районирования. К первым работам по геоморфологии, в связи с изучением морфологии рельефа и четвертичных отложений Северного Урала и Предуралья относятся работы В.А. Варсанофьевой (1932, 1939, 1954), которой была установлена ярусность рельефа и работы Д.В. Борисевича (1948, 1954), который отмечал общий сводовый характер новейших поднятий.

Согласно одной из наиболее известных схем неотектонического районирования (В.П. Трифонов, 1969) рассматриваемая территория расположена в пределах двух неотектонических областей – Восточной окраины Русской платформы (Приуралье или Предуралье) и Урала; области подразделяются на ряд неотектонических районов. Существуют еще несколько схем неотектонического районирования с выделением наиболее существенных новейших структур и амплитуд современных тектонических движений (Н.И. Николаев, Шульц, 1959; В.А. Сигов и др., 1975; В.И. Бабак, Н.И. Николаев, 1983; Л.Н. Спирин, 1984; Л.А. Шимановский, 1988; Ю.А. Ильиных, 1992 и др.). Эти схемы характеризуются, как общностью, так и различием структурных построений, границ крупных и средних структур,

наименований одних и тех же структур [9, 10, 120, 416].

Общей тенденцией тектонического развития Урала и его обрамления в неоген-четвертичное время является поднятие территории. Оно началось в олигоцене, обусловив регрессию палеогеновых морей, но более отчетливо проявилось в неогене. В классической схеме Средний Урал в пределах горноскладчатой области характеризуется устойчивыми слабо дифференцированными сводовыми поднятиями. Движения происходят в основном по разломам. В Предуралье поднятия имели колебательно-волновой характер и сменялись эпохами региональных или локальных опусканий [241].

В определении характера новейших тектонических движений Урала существует несколько точек зрения. Одни авторы (В.А. Варсанюфьева, Д.В. Борисевич) отмечают лишь общий сводовый характер новейших поднятий и отрицают, наличие дифференциальных подвижек особенно в горной части. Другие (Н.И. Николаев, В.Е. Хаин, В.П. Трифонов и др.) отмечают более сложный сводово-блоковый (сводово-глыбовый, ступенчато-сводовый) характер по зонам, как относительно молодых, так и омоложенных древних разломов, отмечают существование региональных дифференциальных движений [318, 320]. Последовательное поэтапное проявление и наложение этих зон и движений предопределило условия развития крупных новейших структур региона, характер рельефообразующих процессов, строение и состав кайнозойских отложений. М.Л.Копп и др. [126] на примере Тулвинской возвышенности, представляющей собой меридиональный неотектонический вал, осложняющий восточную часть Русской плиты (в ее новейшем выражении), входящий в единую меридиональную зону новейшей активизации Русской плиты около Урала объясняют происхождение последнего в связи с обстановкой широтного сжатия и ассоциирующего меридионального растяжения.

Различные точки зрения существуют на основные периоды неотектонического развития. Б.С. Лунев [284] по наличию комплекса

эрозионно-аккумулятивных террас в долине р. Камы отмечает три ритма неотектонических движений: в начале древнечетвертичной, в начале среднечетвертичной и в начале позднечетвертичной эпох; амплитуды колебаний соответственно составляют 30-40 м, 15-25 м, 10-20 м. Л.Н. Спирин и В.А. Шмыров [370-372] выделяют несколько неотектонических фаз. В начальную фазу (конец среднего олигоцена) существующий позднемезозой-палеогеновый пенеплен был приподнят до 100-150 м, расчленен глубокими долинами. В позднем олигоцен-миоцене наметилась первичная дифференциация новейших движений и образовании субмеридиональных зон поднятий и относительных опусканий. В плиоцене субмеридиональная зональность сменяется субширотной, которая развивается в плейстоцене. К концу среднего плейстоцена завершился этап дифференцированных интенсивных новейших тектонических движений, в результате которого оформились основные неотектонические структуры. В позднем плейстоцене происходили относительно слабодифференцированные поднятия территории. В голоценовую фазу происходит обновление неотектонических дифференцированных движений, реконструкция неотектонических структур региона, которая носит унаследованный характер от плиоцен-плейстоценового режима. Голоценовые движения особенно отражаются на обновлении положительных морфоструктур – линейно-блоковых новейших зон поднятий.

На рассматриваемой территории выделяется несколько неотектонических районов с различными амплитудами современных тектонических движений, которые определяют развитие прямого унаследованного рельефа (Осовецкий и др., 1990ф). Отмечается образование нескольких денудационных уровней: 1) от 0 до 100 м – низменности и цокольные равнины на севере территории, покрытые чехлом ледниковых, водно-ледниковых, аллювиальных, озерно-аллювиальных отложений с абсолютными отметками до 150 м; 2) от 100 до 200 м – высокие и низкие равнины на севере территории в границах четвертичных оледенений, покрытые чехлом ледниковых отложений с отметками до 200 м;

3) от 200 до 300 м – платообразные возвышенности и высокие пластовые равнины на западе и юге территории с отметками 250-400 м; 4) от 300 до 500 м – плато и платообразные увалистые, холмисто-грядовые возвышенности с останцами мезозойских поверхностей выравнивания с отметками 350-600 м, покрытые маломощным чехлом элювиально-делювиальных отложений; 5) от 500-700 м и более – глыбово-островные горы и платообразные массивы с останцами поверхностей выравнивания с отметками до 1200 м и более, покрытые прерывистым маломощным чехлом элювиально-делювиальных отложений.

Сейсмическая активность Уральского региона долгие годы недооценивалась и, как правило, Урал и Русская платформа относились к асейсмичным районам. Согласно последним исследованиям ведущей сейсмологической организации России – Института физики Земли (ИФЗ РАН, г. Москва) на территории Среднего Урала (в пределах Пермского края и Свердловской областей) выделяется область наивысшей (для Европейской части территории России) сейсмической активности. Выполненные ИФЗ РАН расчеты показывают о возможности проявления в Западно-Уральском регионе 8 – балльных землетрясений, последствия которых могут быть особенно катастрофическими. Сейсмическая опасность этого региона особенно усиливается аномально высоким уровнем техногенной нагрузки на недра Западного Урала [22, 68, 69, 402, 403].

ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

3.1. Неотектоническое районирование на основе линеаментно-блокового и морфонеотектонического анализа

Линейная и линейно-блоковая тектоника и неотектоника Урала и Приуралья рассмотрена во многих работах и достаточно противоречива, как по местоположению основных тектонических нарушений, так и по механизму их образования [5, 30, 43, 44, 83, 91, 270, 105, 114, 347]. В результате проведения региональных аэрокосмогеологических исследований территории Пермского края и дешифрирования современных цифровых спектрзональных космических снимков выделено более 50 тыс. линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями фундамента и осадочного чехла [160] (рис. 3.1). Проведена их обработка в геоинформационных технологиях с использованием различных методик [108-110, 158, 247, 249]. На основе линеаментно-блокового и морфонеотектонического анализа выполнено неотектоническое районирование, отражающее блоково-тектоническое, морфоструктурное и геоморфологическое строение территории [60, 165, 166, 168], имеющее важное значение для изучения геоэкологических, гидрогеологических, геохимических геофизических и инженерно-геологических условий.

На неотектонической карте с элементами блоковой тектоники выделены части планетарных и субпланетарных геоструктур, геоблоки, мегаблоки, макроблоки, мезоблоки, локальные блоки разных порядков, испытывающие воздымание и относительное опускание, отображены элементы динамики новейших тектонических движений – предполагаемые векторы коровых внутриплитных напряжений, амплитуды неотектонических движений (рис. 3.2).

Проведен комплексный морфоструктурный и морфонеотектонический анализ, включая анализ расчлененности рельефа, мегатрещиноватости и другие

КАРТА РЕГИОНАЛЬНЫХ, ЗОНАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ЛИНЕАМЕНТОВ ПЕРМСКОГО ПРИУРАЛЬЯ

Масштаб 1:500 000
Автор-составитель: И.С. Копылов
2010 г.

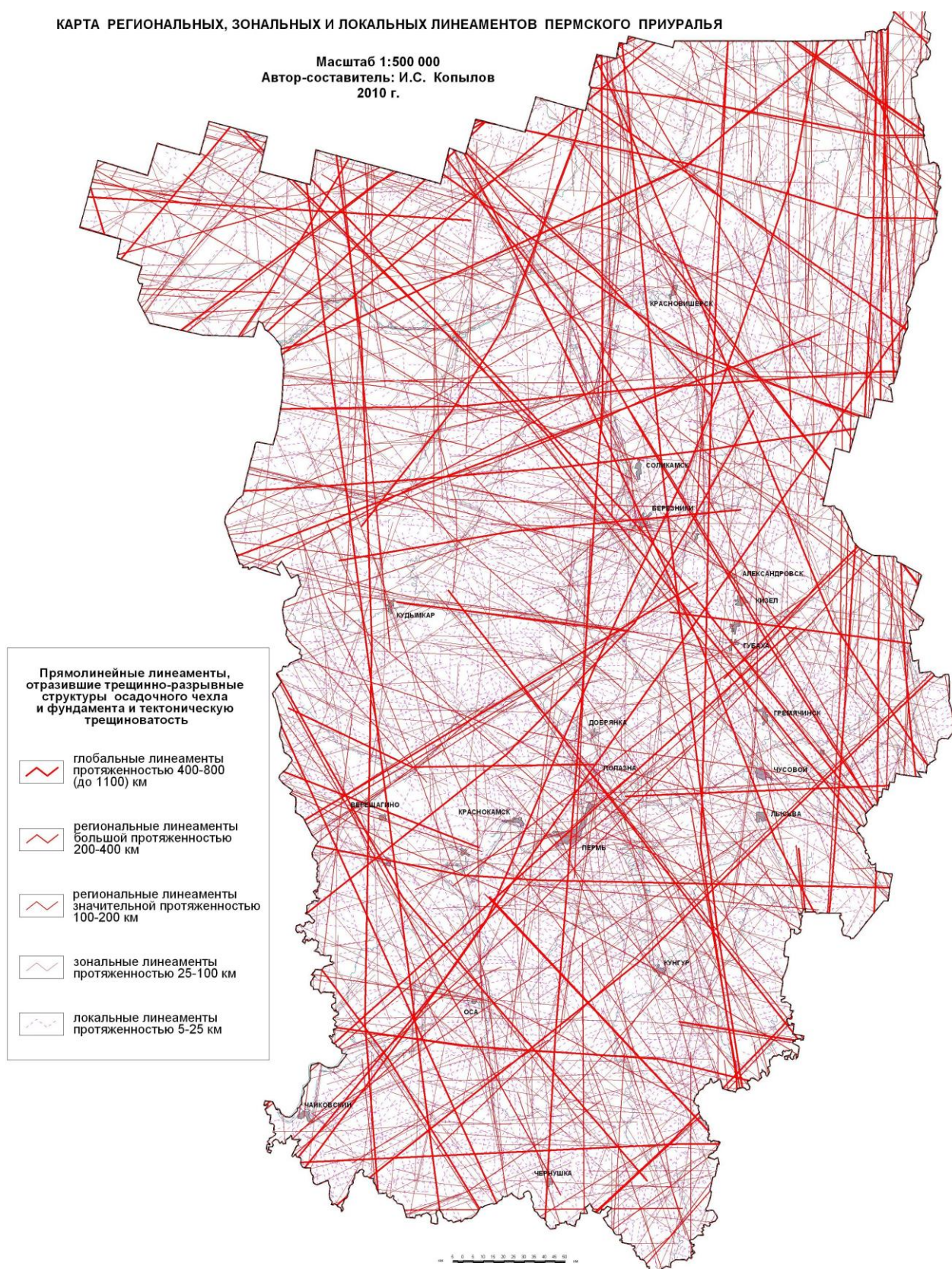


Рис. 3.1. Карта региональных, зональных и локальных тектонических линеаментов Пермского Урала и Приуралья

КАРТА НЕОТЕКТЕНИЧЕСКИХ БЛОКОВЫХ СТРУКТУР ПЕРМСКОГО ПРИУРАЛЬЯ

Масштаб 1:500 000
Автор-составитель И.С. Копылов
2006 г.

- Неотектоническое районирование на структурно-блоковой основе**
- A - Восточно-Европейская материковая платформа:
A - Русская плита;
a - Центральный (Московский) геоблок:
I - Сысольский мегаблок:
1 - Черноречинский макроблок;
2 - Верхнетиманский макроблок;
3 - Вельский макроблок;
4 - Келетинский макроблок;
6 - Вятско-Камский (Волго-Уральский) геоблок:
II - Верхнекамский мегаблок:
5 - Верхнекошвинский макроблок;
6 - Верхнеиньвинский макроблок;
7 - Верхнеобвинский макроблок;
8 - Верхнепечейский макроблок;
III - Камский мегаблок:
9 - Косинский макроблок;
10 - Уропинский макроблок;
11 - Кондасский макроблок;
12 - Иньвинско-Обвинский макроблок;
13 - Вережгинский макроблок;
14 - Оханский макроблок;
15 - Среднекамский макроблок;
16 - Нижнекамский макроблок;
17 - Буйский макроблок;
IV - Уфимский мегаблок:
18 - Усинский макроблок;
19 - Тулвинский макроблок;
20 - Сюсунский макроблок;
21 - Красноуфимский макроблок;
22 - Таныпский макроблок;
в - Северо-Предуральская структурная зона (геоблок):
V - Сопкамско-Сытвинский мегаблок:
23 - Сопкамский макроблок;
24 - Березинский макроблок;
25 - Косвинско-Чусовской макроблок;
26 - Сытвинский макроблок;
Б - Тимано-Печорская плита:
г - Тиманский геоблок:
VI - Предтиманский (Вычегодский) мегаблок:
27 - Верхневычегодский макроблок;
VII - Южно-Тиманский мегаблок:
28 - Пильвинский макроблок;
д - Северо-Предуральская структурная зона (геоблок):
VIII - Верхнепечорский мегаблок:
29 - Колвинский макроблок;
Б - Урало-Новоземельский эпиплатформенный орогенный пояс:
в - Уральский складчато-разрывной пояс:
е - Западно-Уральский геоблок:
IX - Западно-Североуральский мегаблок:
30 - Березовско-Язывинский макроблок;
31 - Среднеберезовский макроблок;
32 - Вишерский макроблок;
X - Западно-Среднеуральский мегаблок:
33 - Кизеловский макроблок;
34 - Губахинский макроблок;
35 - Горнозаводский макроблок;
ж - Центрально-Североуральский мегаблок:
36 - Тулымский макроблок;
XI - Центрально-Среднеуральский мегаблок:
37 - Кваркушский макроблок;
38 - Чиманский макроблок;
39 - Басегский макроблок;
40 - Теплогорский макроблок;
41 - Медведкинский макроблок;
- Границы блоковых структур**
- ▲ планетарных геоструктур
▲ субпланетарных геоструктур
▲ геоблоков
▲ мегаблоков
▲ макроблоков
▲ мезоблоков
▲ локальных блоков I порядка
▲ локальных блоков II порядка

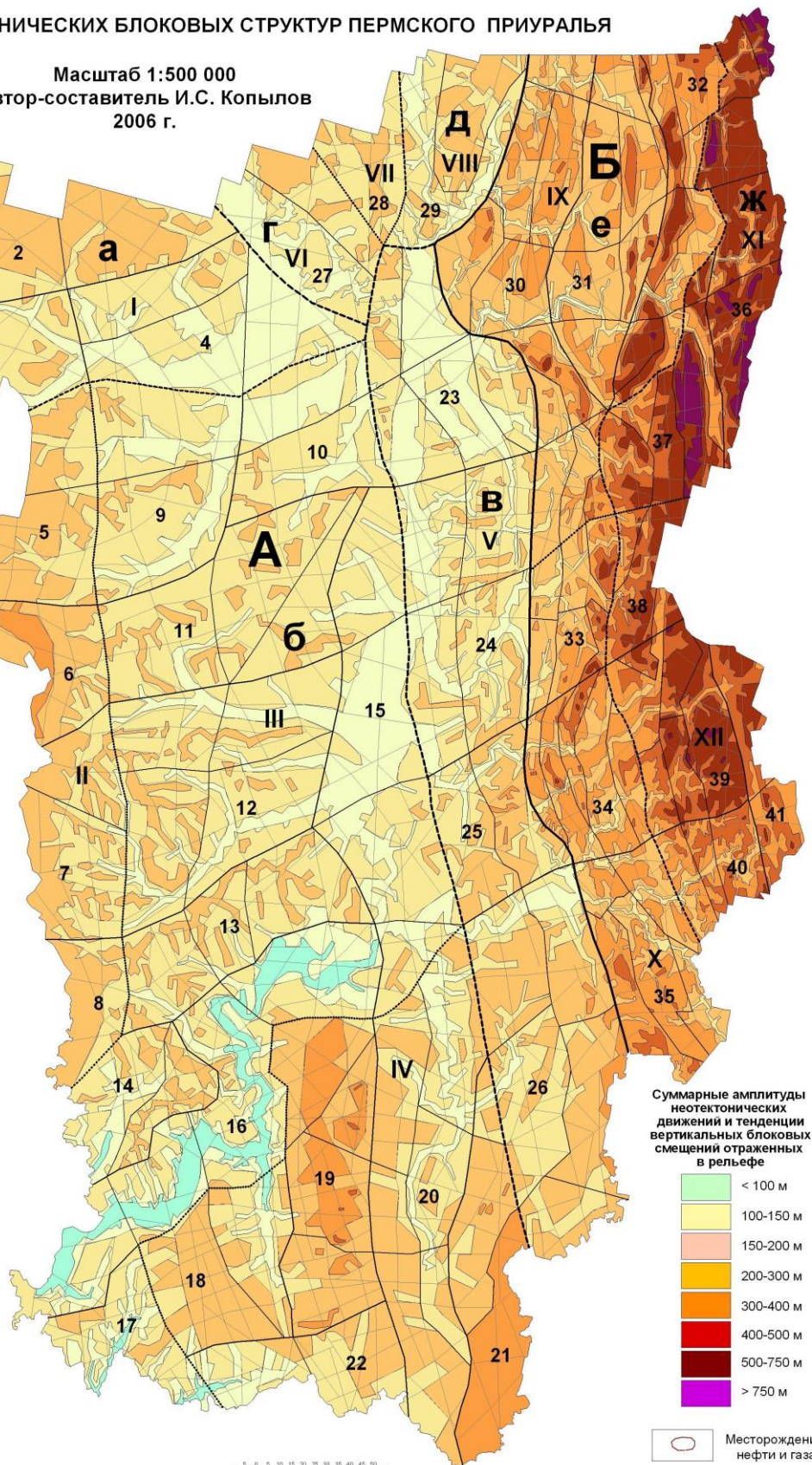


Рис. 3.2. Неотектоническое районирование на линейно-блоковой основе Пермского Урала и Приуралья

виды анализов. С учетом блокового строения земной коры и морфоструктур выполнено геоморфолого-неотектоническое районирование территории Пермского края (на морфоструктурной основе с цифровой и буквенной индексацией), которое было предложено в качестве основы для ландшафтно-геохимического районирования масштаба 1:500 000 (рис. 3.3).

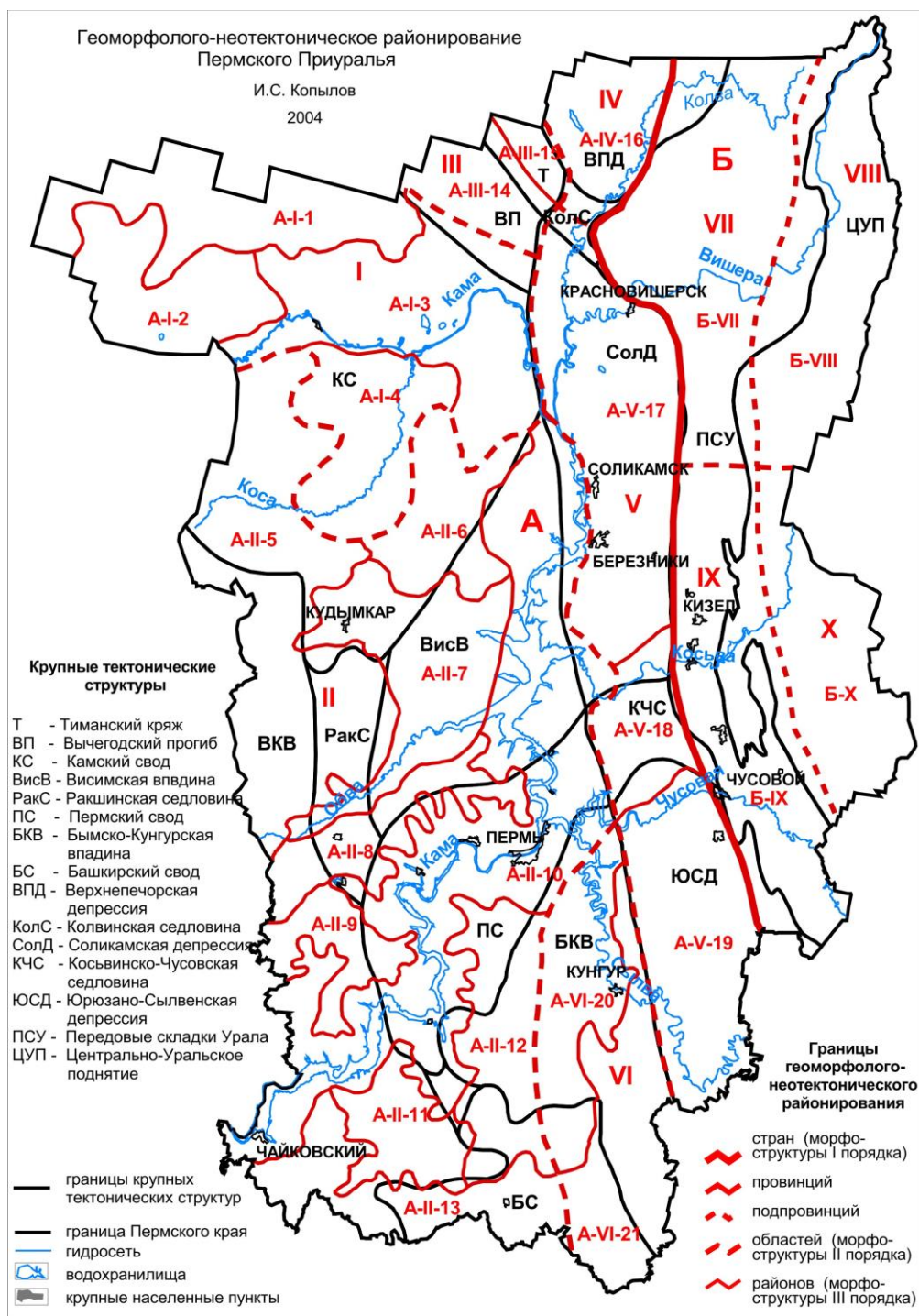


Рис. 3.3. Геоморфолого-неотектоническая основа ландшафтно-геохимического районирования Пермского Урала и Приуралья

Страна - Восточно-Европейская равнина (А).

Восточно-Русская провинция (А-А).

Верхнекамская подпровинция (А-а).

Область слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья (А-

І):

– район умеренных сводовых поднятий Северных Увалов (А-І-1);

– район слабых дифференцированных поднятий Везьянской низины (А-І-

2);

– район слабых дифференцированных поднятий Верхнекамской низменной равнины (А-І-3);

– район слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины (А-І-4).

Камская подпровинция (А-б).

Область слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (А-

ІІ):

– район умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности (А-ІІ-5);

– район умеренных сводовых поднятий Верхнекондаских Увалов (А-ІІ-6);

– район слабых дифференцированных поднятий Иньвенско-Обвинской низменной равнины (А-ІІ-7);

– район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Верецагинско-Васильевских Увалов (А-ІІ-8);

– район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Оханских Увалов (А-ІІ-9);

– район слабых дифференцированных поднятий Среднекамской низменной равнины (А-ІІ-10).

– район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Осинской возвышенности (А-ІІ-11);

– район умеренных и значительных дифференцированных поднятий Тулвинской возвышенности (А-ІІ-12);

– район слабых дифференцированных поднятий Буйской низменной равнины (А-ІІ-13).

Тиманская подпровинция (А-в).

Область слабых и умеренных поднятий Тиманид (А-ІІІ):

– район слабых поднятий Кельтменской низины (А-III-14);

– район умеренных поднятий Тиманского кряжа (А-III-15);

Печерская подпровинция (А-г).

Область слабых и умеренных поднятий равнины Северного Предуралья (А-IV):

– район слабых и умеренных поднятий Колвинско-Вишерской возвышенной равнины (А-IV-16);

Предуральская подпровинция (А-д).

Область слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (А-V):

– район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Соликамской равнины (А-V-17);

– район умеренных дифференцированных поднятий Колвинско-Чусовской возвышенности (А-V-18);

– район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины (А-V-19).

Уфимская подпровинция (А-е).

Область слабых и умеренных поднятий равнины Уфимского плато (А-VI):

– район слабых дифференцированных поднятий Иреньско-Сылвенской наклонной карстовой равнины (А-VI-20);

– район умеренных дифференцированных поднятий Уфимское плоскогорья и Сылвенского кряжа (А-VI-21).

Страна - Уральские горы (Б):

Уральская провинция (Б-Б).

Северо-Уральская подпровинция (Б-а).

Область значительных и сильных дифференцированных поднятий западного склона Северного Урала (Б-VII).

Область сильных сводовых и сводово-глыбовых поднятий осевой части Северного Урала (Б-VIII).

Средне-Уральская подпровинция (Б-б):

Область значительных дифференцированных поднятий западного склона Среднего Урала (Б-IX).

Область сильных дифференцированных и сводовых поднятий осевой части Среднего Урала (Б-X).

3.2. Оценка геодинамической активности и выделение геодинамических активных зон

Для оценки геодинамической (неотектонической) активности автором на основе анализа многих работ по морфоструктурному и структурно-геоморфологическому анализам [45, 277, 307, 406 и др.] разработана специальная методика – «морфометрическая система оценки неотектонической активности по способу равнозначных градаций» [167]. В 2019 г. она была преобразована в «морфометрическую систему оценки геодинамической активности» [168]. Сущность этой методики заключается в системном подходе к комплексу морфометрических показателей, полученных путем структурно-геоморфологических построений, основным приемом, которых, является графическое разложение на составные части рельефа, изображенного на топографических картах и структурное дешифрирование аэрокосмоснимков. Тектоническая оценка рельефа дана с помощью интегрального показателя, который назван коэффициентом неотектонической активности (КНА), рассчитанный способом равнозначных градаций морфометрических показателей. Выделенные образования на карте неотектонической активности являются одновременно морфоструктурами и неотектоническими формами – результатом отражения взаимосвязи и взаимодействия рельефа и неотектоники. Построен комплект карт масштаба 1:500 000: коэффициента извилистости рек, коэффициента аномальных уклонов продольных профилей рек, коэффициента суммарной эрозивной расчлененности рельефа с учетом вертикальной и горизонтальной расчлененности, коэффициента мегатрещиноватости и интегральная карта неотектонической активности

На рис. 3.4 приведена карта неотектонической активности Пермского Приуралья и Урала, на которой выделены активные и стабильные неотектонические участки. В целом, наиболее неотектонически активной является восточная часть территории – районы ЗУЗС и ЦУП.

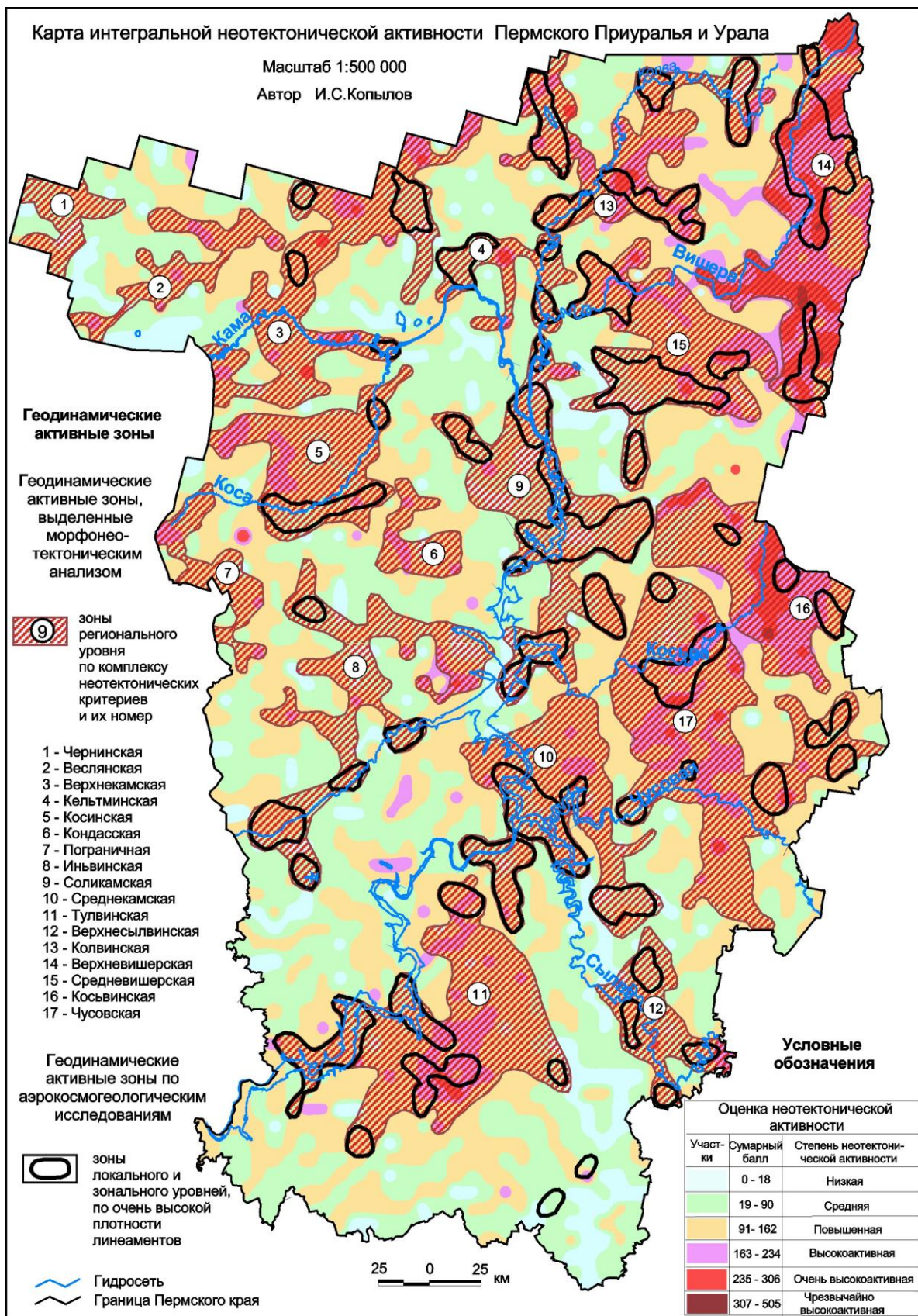


Рис. 3.4. Интегральная неотектоническая активность и геодинамические активные зоны Пермского Урала и Приуралья

По морфонеотектоническим показателям установлено большое количество аномалий, как с высокими значениями (которые представляют собой геодинамические активные зоны), так и с низкими значениями (стабильные зоны). Многие аномалии локальные, имеют небольшую площадь, другие занимают обширные поля.

Под *геодинамическими активными зонами* понимаются участки земной коры, различные по объему, конфигурации и площади на земной поверхности, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью коры, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и, как следствие, проявлениями разрывной тектоники, сейсмичности, массоперенос флюидов и других процессов, которые активно участвуют в формировании геохимических полей и их аномалий [169, 174, 193, 432].

По классификации [193] геодинамические активные зоны разделены на несколько уровней. К региональному уровню отнесены геозоны (первые десятки тысяч км²) и мегазоны (первые тысячи км²), к зональному уровню отнесены макрзоны (несколько сотен км²) и мезозоны (до 100 км²), к локальному уровню отнесены локальные зоны разных порядков: I порядка (несколько десятков км²), II порядка (несколько км²), III порядка (доли и единицы км²).

Большинство аномалий на территории Пермского Приуралья и Урала группируются в 17 крупных геодинамических активных зонах (Чернинская, Веслянская, Верхнекамская, Кельтминская, Косинская, Кондасская, Пограничная, Иньвинская, Соликамская, Среднекамская, Тулвинская, Верхнесылвинская, Колвинская, Верхневишерская, Средневишерская, Косьвинская, Чусовская зоны) с площадями 1-9 тыс. км², в среднем 4,3 тыс. км² [137, 138].

Перечисленные выше геодинамические активные зоны относятся к региональному уровню – мегазонам. В их пределах по материалам аэрокосмогеологических исследований установлены 58 геодинамических активных зон зонального уровня (макрзоны и мезозоны) и лишь 2 небольшие зоны не попадают в их контуры. Ниже приводится их краткая характеристика в т. ч. – по геохими-

ческим, геофизическим и гидрогеологическим полям.

1). Чернинская зона с площадью 1085 км². расположена на северо-западной окраине Пермского края, в верховьях бассейна р.Черной. По геоморфолого-неотектоническому районированию находится в области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья, в приграничной части района умеренных сводовых поднятий Северных Увалов и района слабых дифференцированных поднятий Веслянской низины. В структурно-тектоническом отношении находится в северо-западной части Камского свода (в восточной части Казанско-Кажимского авлакогена – по В.М. Проворову). По геофизическим данным проявляется отрицательными аномалиями магнитного поля. По геохимии и гидрогеологии – практически не изучена.

2). Веслянская зона с площадью 1625 км² расположена на северо-западе Пермского края, в бассейне рек Весляны и Лупы. Пространственно ориентирована в северо-восточном направлении (юго-восточнее Чернинской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья, в районах умеренных сводовых поднятий Северных Увалов и слабых дифференцированных поднятий Веслянской низины. В структурно-тектоническом отношении находится в северо-западной части Камского свода (Иванцевско-Гавриловский вал). По геофизическим данным на большей части проявляется отрицательными аномалиями магнитного поля, на юге – положительными аномалиями магнитного поля. По геохимии и гидрогеологии – изучена слабо.

3). Верхнекамская зона с площадью 5309 км² расположена на северо-западе Пермского края, в бассейнах верховий рек Камы, Тимшера, Юж.Кельтмы. Пространственно ориентирована в северо-восточном направлении (юго-восточнее Веслянской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий Тиманид (Кельтменской низины), в области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья (Северных Увалов, Верхнекамской и Косинской низменных

равнин), области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (Верхнекамской возвышенности). В структурно-тектоническом отношении находится в северо-западной и северной части Камского свода, осложняется меридиональными Кочевским и Кудымкарским валами, пересекается разломами по фундаменту. По геофизическим данным проявляется чередованием положительных и отрицательных аномалий магнитного поля. В гравиметрическом поле проявляется: в южной части – отрицательными значениями, в центральной части – фоновыми значениями, в северной части – положительными значениями и локальными аномалиями силы тяжести. Выделяются локальные гидрогеохимические аномалии по: Br, B, Mn, U, He.

4). Кельтминская зона с площадью 1594 км² расположена на севере Пермского края, в бассейнах низовий рек Юж. Кельтмы, Пильвы, Колвы. В плане имеет изометричную форму. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена на границе области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья (Верхнекамской низменной равнины) и области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (Соликамской равнины). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке Вычегодского прогиба, Камского свода и Соликамской депрессии; в центре пересечения главного Предуральского меридионального разлома и нескольких глубинных разломов северо-восточного и северо-западного направления. В гравиметрическом поле проявляется в центральной части – локальной положительной аномалией силы тяжести, в северной части - отрицательной аномалией силы тяжести. По гидрогеологическим данным выделяются крупные водообильные зоны с высокодебитными родниками; выделяются локальные гидрогеохимические аномалии по: Ba, B, Be, U, He.

5). Косинская зона с площадью 3743 км² расположена на северо-западной части Пермского края, в бассейне р.Косы. В плане имеет изометричную форму, с некоторой северо-восточным простираем (южнее Верхнекамской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в основном в

области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Прикамья (Косинской низменной равнины) и области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (Верхнекамской возвышенности). В структурно-тектоническом отношении находится в центральной части Камского свода, осложняется Кочевским и Кудымкарским валами, пересекается глубинными разломами преимущественно северного и северо-восточного направления. По геофизическим данным проявляется в центральной части, четко выраженной положительной аномалией магнитного поля, в восточной части – отрицательной аномалией; в гравиметрическом поле проявляется крупной локальной отрицательной аномалией силы тяжести. По геохимическим данным проявляется, как площадная литогеохимическая аномалия по: Pb, Cd, Be, Cr, Cu, Mn, Ti, Zr, Ga, с локальным и точечным распространением: Hg, Ni, Co, V, Ba, Sr; проявляется гидрогеохимическими аномалиями с площадным распространением: Br, Ba, точечным: Mn, V, Ni, He. Выделяются многочисленные водообильные зоны с высокодебитными родниками, сконцентрированные в крупную кольцевую гидрогеологическую аномалию.

6). Кондасская зона с площадью 1017 км² расположена на центрально-северо-западной части Пермского края, в бассейне рек Юж.Кондаса, Велвы. В плане имеет изометричную форму, (юго-восточнее Косинской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (в районе умеренных сводовых поднятий Верхнекондасских Увалов). В структурно-тектоническом отношении находится в юго-восточной части Камского свода, осложняется Романшорским валом, пересекается глубинными разломами субширотного и субмеридионального направления. По геофизическим данным проявляется положительной аномалией магнитного поля; в гравиметрическом поле проявляется крупной локальной положительной аномалией силы тяжести (в западной и северной части). По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Pb, Cu, Mn, Be, Ni, Cr, Ti, Zr; локальные гидрогеохими-

ческие аномалии по: Br, Ba, Ni.

7). Пограничная зона с площадью 1387 км² расположена в западной части Пермского края, в бассейнах верховий рек Косы, Сюзьвы, Чуса, Кувы, Иньвы. В плане имеет изометричную форму, состоит из нескольких аномалий (юго-западнее Косинской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности). В структурно-тектоническом отношении находится в северной части Верхнекамской впадины и юго-западной части Камского свода. По геофизическим данным проявляется отрицательной аномалией магнитного поля; в гравиметрическом поле проявляется положительными значениями и локальными аномалиями силы тяжести. По геохимии и гидрогеологии – практически не изучена.

8). Иньвинская зона с площадью 4808 км² расположена в западной части Пермского края, в бассейнах рек Иньвы, Чермоза, Нердвы, Кизьвы. В плане имеет изометричную форму, состоит из нескольких аномалий (южнее Косинской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности и слабых дифференцированных поднятий Иньвенско-Обвинской низменной равнины). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Ракшинской седловины, Висимской впадины и южной части Камского свода, и осложняется Кудымкарским, Воскресенским и Романшорским валами, пересекается глубинными разломами преимущественно северного и северо-восточного направления. По геофизическим данным проявляется положительной аномалией магнитного поля в центральной части и отрицательными аномалиями магнитного поля по периферии; в гравиметрическом поле проявляется крупной локальной положительной аномалией силы тяжести в центральной части. По геохимическим данным выделяются литогеохимические аномалии по: Pb, Cu, Mn, Zr, Cr,

Ni; локальные гидрогеохимические аномалии по: Br, Ba, Be, Cd, U, He. В центральной части выделяется кольцевая водообильная зона с высокодебитными родниками.

9). Соликамская зона с площадью 6499 км² расположена в центральной части Пермского края, на право- и левобережье р. Камы, в бассейнах рек Кондаса, Усолки, Яйвы (низовье), Челвы. Пространственно ориентирована в субмеридиональном направлении (южнее Кельтминской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (район слабых дифференцированных поднятий Среднекамской низменной равнины) и в области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Соликамской равнины). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Русской плиты (Висимской впадины) и ПКП (Соликамской депрессии), осложненной многочисленными рифогенными и соляными структурами; с юга на север пересекается главным Предуральским разломом и несколькими глубинными разломами субширотного и субмеридионального направления. В гравиметрическом поле проявляется в западной части - локальными положительными аномалиями силы тяжести, в восточной части - отрицательными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Cu, Cr, Mn, Be, Ba, P, Ni, V, Zr, Ga, Pb, Zn, Ti, Mo, Sn. По гидрогеологическим данным выделяются крупные водообильные зоны с высокодебитными родниками; выделяются гидрогеохимические аномалии площадные по: Br, В; локальные по: Ti, Br, Ba, Sr, Mn, Cr, V, Cd, Ni, Pb, Be, He.

10). Среднекамская зона с площадью 5621 км² расположена в центральной части Пермского края, в основном на левобережье р. Камы, в бассейнах низовий рек Косьвы и Чусовой, Добрянки, Кутамыша. Пространственно ориентирована в субмеридиональном направлении (продолжая на юг Соликамскую зону). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в обла-

сти слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (район Среднекамской низменной равнины) и в области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (районы Колвинско-Чусовской возвышенности и Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Русской плиты (Висимской впадины, Пермского свода) и Предуральского краевого прогиба (Косьвинско-Чусовской седловины, Юрюзано-Сылвинской депрессии); с юга на север пересекается главным Предуральским разломом и несколькими глубинными разломами субширотного направления. В гравиметрическом поле проявляется в основном локальными положительными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Cu, Cr, Zn, Mn, Be, Ba, P, Ni, V, Zr, Ga, Pb, Ti, Mo, Sn, W. По гидрогеологическим данным выделяются многочисленные водообильные зоны с высокодебитными родниками; выделяются локальные гидрогеохимические аномалии по: Ti, Br, Ba, Sr, Mn, Cr, He.

11). Тулвинская зона с площадью 7781 км² расположена в южной центральной части Пермского края, в бассейнах рек Тулвы, Ирени (среднее течение), Бабки. В плане имеет изометричную форму. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Среднего Прикамья (районы Среднекамской низменной равнины и умеренных и значительных дифференцированных поднятий Тулвинской возвышенности) и в области слабых и умеренных поднятий равнины Уфимского плато (район слабых дифференцированных поднятий Иреньско-Сылвенской наклонной карстовой равнины). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Пермского свода и Бымско-Кунгурской впадины; пересекается несколькими глубинными разломами преимущественно северо-восточного и северо-западного направления. По геофизическим данным проявляется в гравиметрическом поле в северной части - локальными положительными аномалиями силы тяжести, в западной и южной ча-

сти - отрицательными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются литогеохимические аномалии с площадным и локальным распространением по: Cu, Pb, Zn, P, Ni, V, Ga, с точечным распространением по: Mn, Mo, Sr. Выделяются гидрогеохимические аномалии с площадным распространением по: Br, B, Ba; с локальным и точечным распространением по: Mn, Cd, Cr, Be, Sr, Ni, V, Ti, Sb, Pb. По гидрогеологическим данным выделяются многочисленные водообильные зоны с высокодебитными родниками, сконцентрированные в крупную кольцевую гидрогеологическую аномалию.

12). Верхнесылвинская зона с площадью 2179 км² расположена в юго-восточной части Пермского края, в верховьях р.Сылвы и низовьях р.Барды. В плане имеет изометричную форму (восточнее Тулвинской зоны). По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в области слабых и умеренных поднятий равнины Уфимского плато (район умеренных дифференцированных поднятий Уфимское плоскогорья и Сылвенского кряжа) и в области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (Юрюзано-Сылвинской депрессии). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Русской плиты (Быско-Кунгурской впадины) и ПКП (Юрюзано-Сылвинской депрессии); в центре пересечения главного Предуральского разлома и нескольких глубинных разломов субширотного и северо-восточного направления. По геофизическим данным проявляется в гравиметрическом поле в северной части - локальными положительными аномалиями силы тяжести, в западной и южной части – преимущественно отрицательными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Be, P, Ni, Cr, Cu, Mn, V, Zr, Ga, Pb, Zn, Ti, Mo, Sn, W. Выделяются гидрогеохимические аномалии с площадным распространением по: Mn, Br, B; локальным по: Ba, Be, Sr, Pb. По гидрогеологическим данным выделяются локальные водообильные зоны с высокодебитными родниками.

13). Колвинская зона с площадью 4976 км² расположена в северной и северо-восточной части Пермского края, в бассейнах рек Березовки, Колвы, Бере-

зовой. В плане имеет изометричную форму, состоит из двух крупных аномалий – северо-западной и юго-восточной. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена на стыке и в пределах крупных морфоструктур Восточно-Европейской равнины - области слабых и умеренных поднятий Тиманид, области слабых и умеренных поднятий равнины Северного Предуралья (район Колвинско-Вишерской возвышенной равнины) и Уральских гор - области значительных и сильных дифференцированных поднятий западного склона Северного Урала. В структурно-тектоническом отношении находится на стыке Тиманского кряжа, Верхнепечерской, Колвинской седловины со структурами ЗУЗС; пересекается на западе главным Предуральским разломом и несколькими глубинными разломами северо-восточного, субширотного и субмеридионального направления с центром пересечения в устье р.Березовой. По геофизическим данным в южной части проявляется положительными аномалиями магнитного поля, на в северо-восточной – отрицательными аномалиями магнитного поля. В гравиметрическом поле проявляется преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести, локально – положительными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Mn, Ba, Cu, Cr, Pb, Zn. Выделяются гидрогеохимические аномалии площадные по: Mn, и Ni, локальные аномалии по: Br, Ba, B, Be, Pb, Cr, Sr, Zn, Sb, V, газогеохимические аномалии по гелию, радону. По гидрогеологическим данным выделяются крупные водообильные зоны с высокодебитными родниками.

14). Верхневишерская зона с площадью 6779 км² расположена в северо-восточной части Пермского края, в бассейнах рек Вишеры (верховье), Велса, Улса. Пространственно ориентирована в субмеридиональном направлении. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в пределах Уральских гор, в основном в области сильных сводовых и сводово-глыбовых поднятий осевой части Северного Урала. В структурно-тектоническом отношении находится в пределах ЗУЗС и ЦУП; пересекается несколькими глубинными

разломами преимущественно субмеридионального направления и многочисленными оперяющими разломами. По геофизическим данным проявляется в гравиметрическом поле преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести, локально (в западной части) - положительными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные лито-геохимические аномалии по: Pb, Sn, Zr, Be, P, Ni, Cr, Cu, Mn, V, Zr, Ga, Ti, Cd, Mo, Sn, W. По гидрогеологии и гидрогеохимии изучена слабо, отмечаются линейные водообильные зоны на участках тектонических нарушений.

15). Средневишерская зона с площадью 5238 км² расположена в северо-восточной части Пермского края, в бассейнах рек Вишеры (среднее течение), Язьвы, Молмыса. Пространственно ориентирована в северо-западном направлении, соединяясь с Колвинской и Верхневишерской зонами, образуя с ними аномальный геодинамический район. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена преимущественно в пределах Уральских гор, в области значительных дифференцированных поднятий западного склона Среднего Урала и области сильных дифференцированных и сводовых поднятий осевой части Среднего Урала. В структурно-тектоническом отношении находится в пределах ЗУЗС и ЦУП; пересекается несколькими глубинными разломами преимущественно северо-западного и северо-восточного направления и многочисленными оперяющими разломами. По геофизическим данным проявляется в гравиметрическом поле преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести, локально (в центральной части) – положительными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Mn, Cu, Pb, Zn, Mo, Sn, W, Be, P, Ni, Cr, V, Zr, Cd, Ga, Ti. Выделяются гидрогеохимические аномалии локальные по Mn; точечные по: Ba, Br, B, Be, Pb, Cr, Co, Ni, Zn. По гидрогеологии изучена в западной части, отмечаются линейные водообильные зоны на участках тектонических нарушений.

16). Косьвинская зона с площадью 4342 км² расположена в восточной ча-

сти Пермского края, в бассейнах верховий рек Косьвы, Усьвы, Яйвы, Чаньвы, Чикмана. Пространственно ориентирована в северо-западном направлении. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена в пределах Уральских гор, в области значительных дифференцированных поднятий западного склона Среднего Урала и области сильных дифференцированных и сводовых поднятий осевой части Среднего Урала. В структурно-тектоническом отношении находится в пределах ЗУЗС и ЦУП; пересекается несколькими глубинными разломами преимущественно северного и северо-восточного направления и многочисленными оперяющими разломами. По геофизическим данным проявляется в гравиметрическом поле преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести, локально (в центральной и северной части) - положительными аномалиями силы тяжести. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Cd, Mo, Sn, W, Be, P, Ni, Cr, Cu, Mn, V, Zr, Ga, Pb, Zn, Ti. Выделяются гидрогеохимические аномалии с локальным и точечным распространением по: Mn, Ti, Cd, Br, B, Ba, Be, Sr, Ni, Cr, Pb, Ni. Выделяются линейные водообильные зоны на участках тектонических нарушений.

17). Чусовская зона с площадью 9092 км² расположена в восточной части Пермского края, в бассейнах среднего и нижнего течения рек Чусовой, Усьвы, Косьвы. Пространственно ориентирована в субмеридиональном направлении, соединяясь с Косьвинской зоной, образуя с ней аномальный геодинамический район. По геоморфолого-неотектоническому районированию расположена на стыке и в пределах Восточно-Европейской равнины – области слабых и умеренных поднятий равнины Предуралья (Колвинско-Чусовской возвышенности и Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины) и Уральских гор – преимущественно в области значительных дифференцированных поднятий западного склона Среднего Урала. В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах ПКП (Косьвинско-Чусовской седловины, Юрюзано-Сылвинской депрессии) и ЗУЗС; пересекается несколькими глубинными разло-

мами северо-восточного, субширотного и субмеридионального направления. Имеет сложное строение гравиметрического поля – с преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести в северной и южной части, и преимущественно положительными аномалиями силы тяжести в центральной части. По геохимическим данным выделяются локальные литогеохимические аномалии по: Pb, Cd, Be, P, Ni, Cr, Cu, Mn, V, Zr, Ga, Zn, Ti, Mo, Sn, W. Выделяются гидрогеохимические аномалии с площадным и локальным распространением по: Mn, Ti, Cd; с точечными аномалиями по: Br, B, Ba, Be, Sr, Ni, Cr, Pb, Ni, P. Выделяются крупные водообильные зоны высокодебитными родниками на участках тектонических нарушений [137, 158].

Часть II

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Глава 4

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

4.1. Гидрогеологическое районирование

Территория Пермского края характеризуется сложными гидрогеологическими условиями. Она расположена в пределах двух крупных структурно-геологических и геоморфологических регионов: восточной окраины Русской платформы горноскладчатого Урала. По гидрогеологическому районированию [46], западная предуральская часть входит в систему русских артезианских бассейнов и принадлежит восточной окраине Восточно-Русского артезианского бассейна. В пределах этой структуры 1 порядка выделены три структуры 2 порядка: 1) восточная окраина Волго-Камского бассейна, 2) Предуральский артезианский бассейн, 3) раскрытый бассейн трещинно-карстовых вод Пермско-Башкирского свода. Восточная часть является частью крупной Урало-Тиманской системы бассейнов и представляет собой Уральскую систему бассейнов грунтовых вод зон трещиноватости (структура 2 порядка), в пределах которой выделены бассейны 2 порядка: 1) бассейны грунтовых вод зон трещиноватости в породах верхнего и среднего палеозоя Западно-Уральской зоны складчатости и 2) бассейны грунтовых вод зон трещиноватости в породах нижнего палеозоя и протерозоя Центрально-Уральского поднятия.

Принципы гидрогеологической стратификации и районирования разработаны ВСЕГИНГЕО [297, 334, 346]. Выделяется следующий

таксономический ряд гидрогеологического районирования: регионы > провинции (таксономические единицы I порядка) > области (II порядок) > районы > блоки. В гидрогеологическом разрезе выделяются: водоносные или водоупорные (относительно водоносные или водоупорные) этажи > водоносные комплексы (ВК)> водоносные горизонты (ВГ) или водоносные зоны (ВЗ). В соответствии с «Перечнем бассейнов подземных вод ...территории СССР для ведения Государственного водного кадастра» (Островский и др., 1988), и «Методическими основами гидрогеологического районирования ...» [292] территория Пермского края расположена на стыке и в пределах четырех бассейнов подземных вод 1 порядка: 1) восточной окраины Восточно-Русского сложного бассейна пластовых вод, 2) Предуральского сложного бассейна пластовых (блоково-пластовых) вод, 3) Тимано-Печорского сложного бассейна пластовых вод, 4) Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых (пластово-блоковых и пластовых) вод.

Таким образом, для территории Пермского края принято следующее гидрогеологическое районирование с цифровой и буквенной индексацией (рис. 4.1):

Восточно-Европейский регион (III):

Восточно-Русская провинция или Восточно-Русский сложный бассейн пластовых вод и блоково-пластовых безнапорных и напорных вод (III-3):

– *Камско-Вятская область или Камско-Вятский бассейн пластовых и блоково-пластовых напорных вод (III-3Г).*

Предуральская провинция или Предуральский сложный бассейн пластовых и блоково-пластовых безнапорных и субнапорных вод (III-7):

– *Северо-Предуральская область или Северо-Предуральский бассейн пластовых и блоково-пластовых напорных вод (III-7А).*

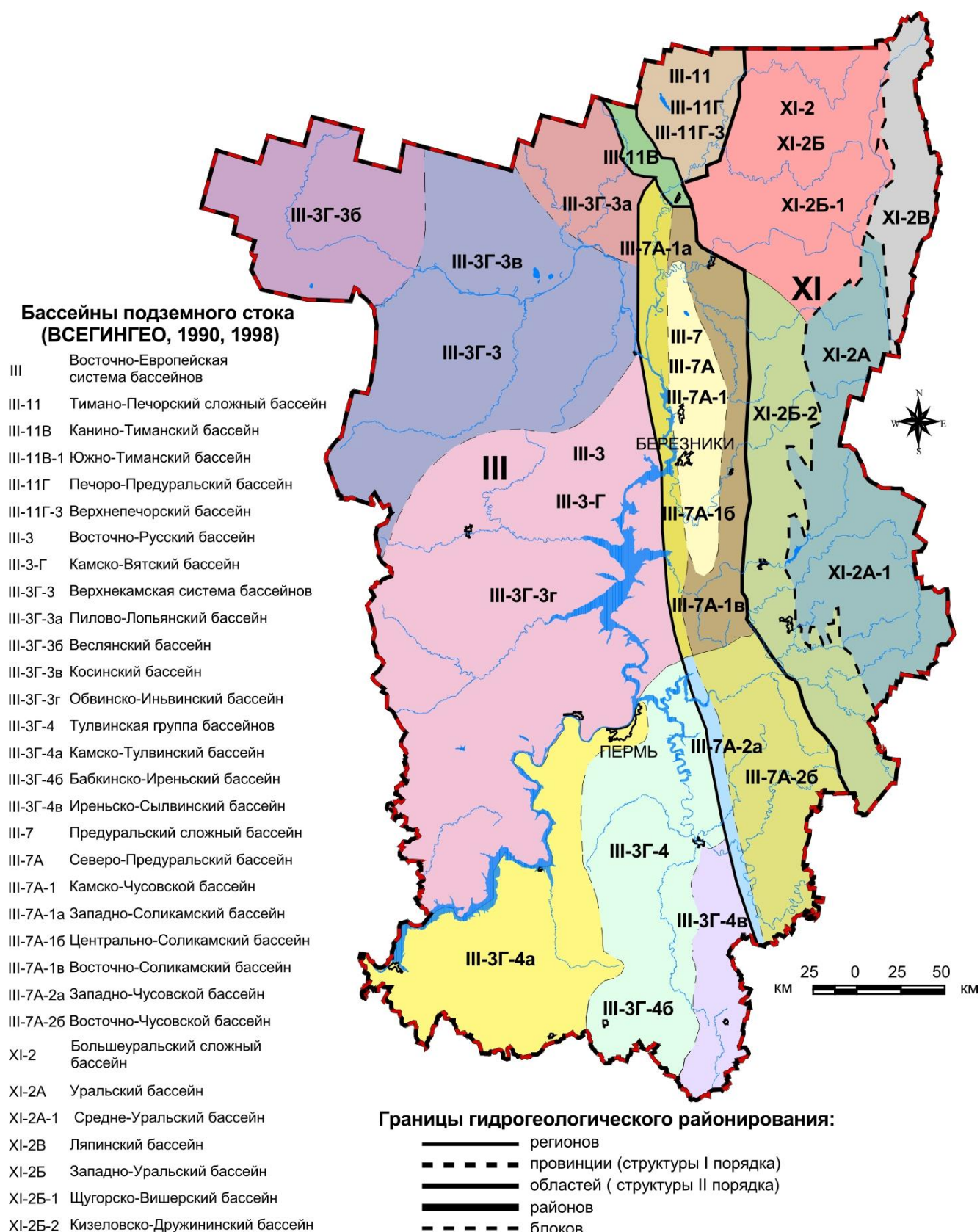


Рис. 4.1. Гидрогеологическое районирование территории Пермского края

Тимано-Печорская провинция или Тимано-Печорский сложный бассейн пластовых, пластово-блоковых, жильно-блоковых и корово-блоковых вод (III-11):

- Канино-Тиманская область или Канино-Тиманский бассейн жильно-блоковых, пластово-блоковых и пластово-напорных вод (III-11В).*
- Печеро-Предуральская область или Печеро-Предуральский (Ижма-Карабаихинский) бассейн пластово-блоковых и пластово-напорных вод (III-11Г).*

Таймыро-Уральский регион (XI):

Большеуральская провинция или Большеуральский сложный бассейн жильно-пластово-блоковых, блоковых и пластовых вод (XI-2):

- Уральская область или Уральский бассейн жильно-блоковых напорных вод (XI-2А).*
- Западно-Уральская область или Западно-Уральский бассейн пластово-блоковых напорных вод (XI-2Б).*

Распределение подземных вод в вертикальном разрезе в соответствии с данным гидрогеологическим районированием, с учетом гидрогеологических таксонов (таксономических рядов) – водоносных (водоупорных) этажей, комплексов, горизонтов и зон, представляющие собой сводные колонки гидрогеологических подразделений по блокам представлено в табл. 4.1.

4.2. Формирование подземных вод, гидродинамическая и гидрогеохимическая зональность

В разрезе осадочного чехла территории выделяются два водоносных (гидрогеодинамических) этажа – верхний и нижний, различающихся по гидрогеодинамическим и гидрогеохимическим условиям. Этажи разделены между собой водоупорным иренским карбонатно-сульфатным комплексом в пределах Восточно-Русского сложного бассейна.

Таблица 4.1

Сводные колонки гидрогеологических подразделений по блокам

Этаж	Индекс	Гидрогеологические подразделения
1	2	3
ПИЛЬВО-ЛОПЬИНСКИЙ БЛОК - III-ЗГ-3а		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQ _{дн})	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	2P ₂ u ₂	Безводный проницаемый (сдрен.) верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	5P ₂ u ₁	Относительно водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₁ k ₃	Третий водоносный кунгурский подгоризонт
II	3(P _{1a} -ar)	Водоносный ассельско-артинский горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
ВЕСЛЯНСКИЙ БЛОК - III-ЗГ-3б		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQ _{дн})	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	3I ₂₋₃	Водоносный средне-верхнеюрский горизонт
	10T ₁	Относительно водоупорный нижнетриасовый горизонт
	3P ₃ sd	Водоносный северодвинский горизонт
	9P ₃ ur	Относительно водоносный уржумский горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
КОСИНСКИЙ БЛОК - III-ЗГ-3в		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQ _{дн})	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	3I ₂₋₃	Водоносный средне-верхнеюрский горизонт
	10T ₁	Относительно водоупорный нижнетриасовый горизонт
	3P ₃ sd	Водоносный северодвинский горизонт

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
I	9P ₃ ur	Относительно водоносный уржумский горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
ОБВИНСКО-ИНЬВИНСКИЙ БЛОК - III-3Г-3Г		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3P ₃ sd	Водоносный северодвинский горизонт
	9P ₃ ur	Относительно водоносный уржумский горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
КАМСКО-ТУЛВИНСКИЙ БЛОК - III-3Г-4a		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	9P ₃ ur	Относительно водоносный уржумский горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород

БАБКИНСКО-ИРЕНСКИЙ БЛОК - III-ЗГ-46

1	2	3
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	5P ₂ u ₂	Относительно водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	2P ₂ u ₁	Безводный проницаемый (сдрен.) нижеуфимский (соликамский) горизонт
	5P ₂ u ₁	Относительно водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	9P ₁ k ₁	Относительно водоносный кунгурский (иренский) горизонт
	3P ₁ k ₁	Первый водоносный кунгурский (иренский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород

ИРЕНСКО-СЫЛВИНСКИЙ БЛОК - III-ЗГ-4в

I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	10N ₂ -Q	Относительно водоупорный плиоценово-четвертичный горизонт
	2P ₁ k ₂	Безводный проницаемый (сдрениров. ольховский) кунгурский горизонт
	3P ₁ k ₂	Второй водоносный кунгурский горизонт
	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
II	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C ₁ t	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород

ЗАПАДНО-СОЛИКАМСКИЙ БЛОК - III-7А-1а

I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQ _{II} dn)	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	2P ₂ u ₂	Безводный проницаемый (сдрен.) верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	5P ₂ u ₂	Относительно водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	11P ₁ k ₁	Первый водоупорный кунгурский (иренский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
II	9D ₃ -C _{1t}	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
ЦЕНТРАЛЬНО-СОЛИКАМСКИЙ БЛОК - III-7A-1-б		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQ _{II} dn)	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	3P ₂ kz	Водоносный казанский (белебеевский) горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	11P ₁ k ₂	Второй водоупорный кунгурский (березниковский) горизонт
II	3P ₁	Водоносный нижепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C _{1t}	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
ВОСТОЧНО-СОЛИКАМСКИЙ БЛОК - III-7A-1в		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQ _{II} dn)	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	3P ₂ u ₂	Водоносный верхнеуфимский (шешминский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₁ k ₃	Третий водоносный кунгурский подгоризонт
II	3P ₁	Водоносный нижепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C _{1t}	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
УФИМСКО-ЧУСОВСКОЙ БЛОК - III-7A-2		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	10N ₂ -Q	Относительно водоупорный плиоценово-четвертичный горизонт
	2P ₂ u ₁	Безводный проницаемый (сдрен.) нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₂ u ₁	Водоносный нижеуфимский (соликамский) горизонт
	3P ₁ k ₁	Первый водоносный кунгурский (иренский) горизонт
II	3(P _{1a} -ar)	Водоносный ассельско-артинский горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C ₂ vr-ks	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C ₁ v	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C _{1t}	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
ЮЖНО-ТИМАНСКИЙ БЛОК - III-11В-1		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3P _{2u}	Водоносный уфимский горизонт
	3P _{1k2}	Второй водоносный кунгурский горизонт
	3(P _{1a} -ar)	Водоносный ассельско-артинский горизонт
	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C _{2vr-ks}	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
II	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C _{1v}	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C _{1t}	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
ВЕРХНЕПЕЧОРСКИЙ БЛОК – III-11Г-3		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3(fQdn)	Водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт
	3P _{2u}	Водоносный уфимский горизонт
	3P _{1k3}	Третий водоносный кунгурский подгоризонт
	3P ₁	Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт
II	9C ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнекаменноугольный горизонт
	10C _{2vr-ks}	Относительно водоупорный верейско-каширский горизонт
	9C ₁₋₂	Относительно водоносный ниже-среднекаменноугольный горизонт
	10C _{1v}	Относительно водоупорный визейский горизонт
	9D ₃ -C _{1t}	Относительно водоносный верхнедевонско-турнейский горизонт
	9D ₂₋₃	Относительно водоносный средне-верхнедевонский горизонт
	12R-V	Водоносный рифейско-вендский комплекс
	8AR-PR ₁	Водоносная зона архейско-нижнепротерозойских кристаллических пород
СРЕДНЕ-УРАЛЬСКИЙ БЛОК - XI-2А-1		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижнедевонских карбонатных и терригенно-карбонатных пород
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижнедевонских терригенных пород
	8(sgR-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижнедевонских терригенных и метаморфических пород
	8(vR-PZ)	Водоносная зона рифейско-палеозойских основных и средних интрузий
	8(ψAR-PZ)	Водоносная зона архейско-палеозойских ультраосновных пород
ЩУГОРСКО-ВИШЕРСКИЙ БЛОК - XI – 2Б-1		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3sP _{1a} -ar	Водоносный ассельско-артинский горизонт
	9P ₁	Относительно водоносный нижнепермский горизонт
	8C ₂₋₃	Водоносная зона средне-верхнекаменноугольных карбонатных и терригенно-карбонатных пород

1	2	3
I	8(D-C ₁)	Водоносная зона девонско-нижекаменноугольных терригенно-карбонатных пород
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских терригенных пород
	8(sgR-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских терригенных и метаморфических пород
КИЗЕЛОВСКО-ДРУЖИНИНСКИЙ БЛОК - XI-2Б-2		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	3sP _{1a} -ar	Водоносный ассельско-артинский горизонт
	9P ₁	Относительно водоносный нижнепермский горизонт
	8C ₂₋₃	Водоносная зона средне-верхнекаменноугольных карбонатных и терригенно-карбонатных пород
	8(D-C ₁)	Водоносная зона девонско-нижекаменноугольных терригенно-карбонатных пород
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских терригенных пород
	8(sgR-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских терригенных и метаморфических пород
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских карбонатных и терригенно-карбонатных пород
ЛЯПИНСКИЙ БЛОК - XI-2В		
I	3aQ	Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских карбонатных и терригенно-карбонатных пород
	8(R-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских терригенных пород
	8(sgR-D ₁)	Водоносная зона рифейско-нижедевонских терригенных и метаморфических пород
	8(γAR-PZ)	Водоносная зона архейско-палеозойских гранитоидов

В Тимано-Печорском и Предуральском сложных бассейнах, на территориях, где иренский водоупорный комплекс отсутствует, граница между верхним и нижним гидрогеодинамическими этажами проводится по ангидритам и солям лёкской свиты за исключением Соликамской впадины, где этажи разделены водоупорной березниковской сульфатно-галогенной толщей. В пределах Большеуральского сложного бассейна подошва верхнего гидрогеодинамического этажа проводится условно по региональному базису дренирования Урала.

Верхний гидрогеодинамический этаж состоит из зон: аэрации, безнапорно-субнапорных нисходящих и субнапорных нисходяще-восходящих подземных вод. Толщина этажа изменяется от 70-100 м, в области выхода

водоупора на поверхность, до 700-750 м на западе, где наблюдается наибольшее погружение его на глубину.

Зона аэрации представляет интерес с геоэкологической точки зрения, как зона определяющая защищенность подземных вод от загрязнения, где она и нашла своё отражение.

Зона безнапорно-субнапорных нисходящих вод содержит четвертичные водоносные горизонты и верхние части первых от поверхности гидрогеологических подразделений. Её кровля совпадает с нижней границей зоны аэрации, а подошва проходит примерно на уровне основных базисов дренирования. В зоне имеют место грунтовые, трещинно-пластовые безнапорные и слабонапорные воды. Питание подземных вод происходит в основном за счёт атмосферных осадков. Областями питания являются водораздельные пространства, разгрузки – местная эрозионная и гидрографическая сеть в виде родников и пластовых выходов подземных вод. Частично разгрузка происходит в нижележащие горизонты в пределах положительных форм рельефа. Движение подземных вод происходит от областей питания к областям разгрузки под влиянием гидравлических градиентов и носит нисходящий характер. В пределах Большеуральского сложного бассейна эта зона развита на глубину от 40 до 200 м и более.

Зона субнапорных нисходяще-восходящих вод включает в себя гидрогеологические подразделения, залегающие полностью или частично ниже основных базисов эрозии (долины р.Камы и её крупных притоков). Это нижние части триасового, уржумского, казанского и шешминского водоносных комплексов, а также соликамский водоносный комплекс, находящийся на глубине более 150-200 м. В Тимано-Печорском (за исключением Ксенофоновско-Колвинского вала) и в Предуральском бассейнах (за исключением Соликамской впадины) это нижние части кунгурского комплекса. В Соликамской впадине она представлена низами соликамского водоносного комплекса, а на площади Ксенофоновско-Колвинского вала – нижнепермским

и средне-верхнекаменноугольным водоносными комплексами. Для зоны характерна нисходящая фильтрация в области питания и восходящим движением их на участках разгрузки. Движение подземных вод идет под действием разности гидростатических напоров по наиболее проницаемым пластам. Областями питания служат водоразделы и склоны, совпадающие с положительными тектоническими структурами, разгрузки – речные долины на участках пересечения их положительными тектоническими структурами.

Нижний гидрогеодинамический этаж включает зоны напорных нисходяще-восходящих, напорных восходящих и избыточно-напорных восходящих вод, залегает ниже первого от поверхности кунгурского водоупора. Толщина его составляет 2,5-3,0 км в Восточно-Русском сложном бассейне и до 4,5-5,0 км в пределах Тимано-Печорского и Предуралья бассейнов. Здесь в восстановительной геохимической обстановке широкое распространение получили рассолы, температура, минерализация и степень метаморфизации которых растут с глубиной.

Зона напорных нисходяще-восходящих вод включает в себя нижнепермский, средне-верхнекаменноугольный и нижне-среднекаменноугольный комплексы, а также водоупорные и относительно водоносные, верейско-каширский карбонатно-терригенный и визейский терригенный комплексы подземных вод напорные и находятся под гидростатическим давлением. Преимущественную роль играет субвертикальная нисходяще-восходящая миграция подземных вод по проницаемым зонам литолого-фациального и тектонического генезиса. Латеральный массоперенос осуществляется локально и контролируется местоположением местных областей питания и разгрузки.

Зоны напорных и избыточно-напорных восходящих вод занимают нижнюю часть этажа. Включает средне-верхнедевонский и основную часть рифейско-вендского карбонатно-терригенных комплексов. Здесь распространены седиментогенные рассолы, находящиеся под геостатическим

напором. В наиболее погруженных участках кристаллического фундамента возможно существование зон избыточно напорных восходящих вод (на глубине 5-6 км и более) в Предуральском бассейне.

Формирование подземного стока связано с местными внутриплатформенными областями питания и разгрузки. К областям питания относятся сводовые поднятия, разгрузки – тектонические депрессии, соответствующие долинам крупных рек, где формируются «положительные» гидрохимические аномалии. Примерами областей питания являются: Урал и Уфимский вал для территории Предуральского бассейна и Ксенофоновско-Колвинский вал и Урал в Тимано-Печорском бассейне. Примерами разгрузки являются долины рек Камы в районе пгт. Гайны, нижнее течение Вишеры, Колвы, Язьвы, Вишерки и Усолки.

Гидрогеохимическая зональность.

Для территории характерна, в основном, нормальная гидрогеохимическая зональность. По степени минерализации подземных вод выделяется три гидрогеохимические зоны [46]: зона пресных вод с минерализацией до 1 г/дм³; зона соленых вод с минерализацией от 1 г/дм³ до 35 г/дм³; зона рассолов с минерализацией более 35 г/дм³.

Зона пресных вод с минерализацией до 1 г/дм³ расположена в верхней части разреза, развита повсеместно за исключением мест выхода на поверхность гипсов и ангидритов кунгурского яруса (в районе Ксенофоновско-Колвинской структуры, Уфимского вала), а также на участках разгрузки минерализованных вод глубоких горизонтов. Глубина залегания кровли пресных вод зависит, от расчлененности рельефа и составляет преимущественно 5-10 м в долинах рек и 20-30 м на междуречьях. Подошва зоны пресных вод помимо прочих факторов (рельеф) зависит от присутствия в составе водовмещающих пород включений легкорастворимых солей (гипса, каменной соли); их промытости и разгрузки минерализованных вод. Так на северо-западе региона, в области распространения триасового водоносного

комплекса она залегает на глубине более 220 м, в Соликамской впадине в пределах развития соликамского водоносного комплекса она достигает 200 м и более. В пределах развития средне-каменноугольного-нижнепермского водоносного комплекса, сложенного известняками и доломитами подошва зоны пресных вод находится на глубине от 200-250 м до более 310 м. Ее сложное пространственное положение наблюдается в кунгурском сульфатно-карбонатно-терригенном и соликамском терригенно-карбонатном комплексах, обусловленное пестротой литолого-фациальных условий, наличием растворимых солей (сульфатное и хлоридное засоление) и распространением карстовых процессов. В пределах Большеуральского бассейна корово-блоковых вод нижняя граница зоны пресных вод условно проводится по региональному базису дренирования Урала. В зоне преобладающим типом подземных вод является: гидрокарбонатный, сульфатно-гидрокарбонатный, хлоридно-гидрокарбонатный с минерализацией от 0,1 до 0,9 г/дм³.

Зона соленых вод залегает ниже зоны пресных вод, а в местах выхода на поверхность кунгурского ВК и разгрузки минерализованных вод. На большей части площади глубина залегания кровли соленых вод составляет 100-150 м. На остальной площади повторяет рисунок подошвы пресных вод и зависит от структурно-тектонических, литолого-фациальных и геоморфологических условий. Глубина подошвы соленых вод в пределах локальных положительных структур (валов, зон) составляет 350-500 м; в Тимано-Печерском бассейне, вблизи Ксенофоновско-Колвинской структуры 1300-1500 м; наименьшая – в Соликамской впадине над соляной залежью – 200 м. На большей части глубина подошвы соленых вод 200-800 м. По химическому составу в зоне преобладают сульфатные кальциевые, натриевые и хлоридно-натриевые, кальцево-магниево-натриевые воды с минерализацией соответственно 1,1-6,0 г/дм³ и 2,2-24,4 г/дм³. В пределах Уральского сложного бассейна зона соленых вод встречена лишь в пределах Кизеловского каменноугольного бассейна. Она связана с эксплуатацией месторождения, где в результате окислительных процессов

сульфидов шахтные воды приобретают повышенную минерализацию до 2,0-3,0 г/дм³ при содержании сульфидов 1,5-2,0 г/дм³ и кислой реакцией (рН<4).

Зона рассолов залегает ниже зоны соленых вод и до фундамента имеет минерализацию от 35 до 316 г/дм³. Состав вод преимущественно хлоридно-натриевый, магниевый. Характерна восстановительная геохимическая обстановка. Сопутствующие газы: сероводород, метан, азот, тяжелые углеводороды, а на глубинах свыше 2-3 км – водород и гелий. С глубиной хлоридные натриевые рассолы сменяются кальциево-натриевыми. Глубина залегания рассолов составляет 700-900 м в пределах Пермско-Башкирского свода, 500-700 м на большей части Верхнекамской впадины и 200-400 м в Предуральском прогибе. Рассолы хлор-кальциево-натриевого состава с минерализацией более 200 г/дм³ вскрыты скважинами на западном склоне Среднего Урала, имеют седиментационно-эпигенетическое происхождение [1].

Нарушение прямой зональности, т.е. отсутствие зоны пресных вод, создает гидрогеохимические аномалии, в пределах которых качество воды не отвечает необходимым требованиям к воде питьевого качества.

На территории Пермского края имеются значительные ресурсы минеральных вод, которые представлены 14 месторождениями с запасами 12,2 тыс. м³/сут. Минеральные воды йодо-бромного и сероводородного состава используются на бальнеологических курортах и поликлиниках. Качество их удовлетворяет медицинские требования, количество значительно превышает потребность.

Глава 5

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ИХ ЗАЩИЩЕННОСТЬ

5.1. Характеристика гидрогеологических подразделений

Для питьевого и хозяйственного водоснабжения наибольшее практическое значение имеют гидрогеологические подразделения зоны активного водообмена, распространенные по площади с выходом на поверхность, ниже приводится их краткая характеристика. Наименования их даются в соответствии с принципами гидрогеологической стратификации (ВСЕГИНГЕО, 1998, 1999) [297, 346] и обновленной серийной легендой государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 для Пермской серии листов (Копылов, Алексеева, 2003ф), а также в соответствии с новой схемой ОСШ (2005). Распространение их в соответствии с современной геологической основой масштаба 1:500 000 (Ушков, 2011ф) [7] показано на гидрогеологической карте (рис. 5.1, 5.2).

Карта составлена в электронном варианте, масштаб карты соответствует масштабу 1:500 000, масштаб базы данных – 1:200 000. В легенде гидрогеологической карты отражены 3 основных блока:

- 1) гидрогеологическое районирование (включает – перечень бассейнов подземного стока, границы гидрогеологического районирования);
- 2) гидрогеологические подразделения (наименования, литологический и петрографический состав);
- 3) водопроявления (включает – крупные родники с дебитом более 10 л/с, площади групп водообильных зон, месторождения пресных и минеральных подземных вод). На карте в виду мелкого масштаба и наличия большого числа объектов не отражены некоторые гидрогеологические элементы – химический состав подземных вод по площади и в водопунктах и собственно характеристика водопунктов. Химический состав и гидродинамические параметры дополнительно отображены в таблице 5.1.

[illegible]

101

Гидрогеологическое районирование

Бассейны подземного стока (ВСЕГИНГЕО, 1990, 1998)	
III	Восточно-Европейская система бассейнов
III-11	Тимано-Печорский сложный бассейн
III-11В	Канино-Тиманский бассейн
III-11В-1	Южно-Тиманский бассейн
III-11Г	Печоро-Предуральский бассейн
III-11Г-3	Верхнепечорский бассейн
III-3	Восточно-Русский бассейн
III-3-Г	Камско-Вятский бассейн
III-3Г-3	Верхнекамская система бассейнов
III-3Г-3а	Пильво-Лопьянский бассейн
III-3Г-3б	Веслянский бассейн
III-3Г-3в	Косинский бассейн
III-3Г-3г	Обвинско-Иньвинский бассейн
III-3Г-4	Тулвинская группа бассейнов
III-3Г-4а	Камско-Тулвинский бассейн
III-3Г-4б	Бабкинско-Иреньский бассейн
III-3Г-4в	Иреньско-Сылвинский бассейн
III-7	Предуральский сложный бассейн
III-7А	Северо-Предуральский бассейн
III-7А-1	Камско-Чусовской бассейн
III-7А-1а	Западно-Соликамский бассейн
III-7А-1б	Центрально-Соликамский бассейн
III-7А-1в	Восточно-Соликамский бассейн
III-7А-2а	Западно-Чусовской бассейн
III-7А-2б	Восточно-Чусовской бассейн
XI-2	Большеуральский сложный бассейн
XI-2А	Уральский бассейн
XI-2А-1	Средне-Уральский бассейн
XI-2В	Ляпинский бассейн
XI-2Б	Западно-Уральский бассейн
XI-2Б-1	Щугорско-Вишерский бассейн
XI-2Б-2	Кизеловско-Дружининский бассейн

Границы гидрогеологического районирования

	регионов
	провинции (структуры I порядка)
	областей (структуры II порядка)
	районов
	блоков
	границы гидрогеологических подразделений

Гидрогеологические подразделения

all-IV	Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных образований
f II-III	Водоносный горизонт днепровских флювиогляциальных образований
N	Относительно водоупорный горизонт неогеновых образований
Pg	Относительно водоупорный горизонт палеогеновых образований
MZ	Относительно водоупорный горизонт мезозойских образований
J2	Водоносный горизонт средней юры
T1	Относительно водоупорный горизонт нижнего триаса
P3sd	Водоносный горизонт северодвинских отложений верхней перми
P2ur	Водоносный горизонт уржумских отложений средней перми
P2kz	Водоносный горизонт казанских отложений средней перми
P1ss	Водоносный горизонт шешминских отложений уфимского яруса
P1sl	Водоносный горизонт соликамских отложений уфимского яруса
P1k	Водоносный комплекс отложений кунгурского яруса
P1a-ar	Водоносный комплекс ассельско-артинских отложений
C2-3	Водоносный комплекс среднего и верхнего карбона
C1-2	Водоносный комплекс нижнего и среднего карбона
D2-C1	Водоносный комплекс карбонатных отложений среднего девона - нижнего карбона
D	Водоносный комплекс терригенных отложений девона
S-D1	Водоносный комплекс карбонатных отложений силура - нижнего девона
O2-3	Водоносный комплекс карбонатных отложений среднего - верхнего ордовика
O1-2	Водоносный комплекс терригенных отложений нижнего - среднего ордовика
V2	Водоносный комплекс терригенных отложений верхнего венда
V1	Водоносный комплекс терригенных и метаморфических отложений нижнего венда
R	Водоносная зона трещиноватости метаморфических пород рифея
S	Водоносная зона трещиноватости магматических пород

Водопроявления

	крупные родники (с дебитом > 10 л/с)
	площади групп водообильных зон
	месторождения пресных подземных вод
	месторождения минеральных подземных вод

Рис. 5.2. Легенда к гидрогеологической карте Пермского края

Таблица 5.1

**Общая характеристика гидрогеологических подразделений в верхней
гидродинамической зоне Пермского края**

Гидрогеологические подразделения	Водовмещающие породы	Мощность, м	Уровень воды, м	Гидрогеологическая характеристика					Химическая характеристика		Практическое использование
				Дебит родников, л/с	Дебит скважин, л/с	Уд. дебит скважин, л/с	Коэф. фильтрации, м/сут	Минерализация, г/л	Химический состав		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных образований (aQv)	Пески, гравий, галечник с прослоями суглинков, супесей	1,5-15 (до 40)	1,5-15	$\frac{0,01-3,5}{0,01-0,3}$	$\frac{0,2-29,0}{1,0-5,0}$	$\frac{0,001-27,0}{2,0-4,0}$	$\frac{0,002-180}{1,4-8,9}$	$\frac{0,01-10,0}{0,1}$	НСО ₃ -Са (Mg-Са, Na-Са)	Хозяйственное водоснабжение	
Водоносный горизонт днелюровских флювиогляциальных образований (fQ _{dln})	Пески, супеси	0,5-40	0,5-10	$\frac{<0,1-4,9}{<0,1}$	$\frac{0,17-7,5}{0,17-0,51}$	0,07-1,7	$\frac{0,05-20,3}{1,0-9,0}$	$\frac{0,01-0,7}{0,1-0,2}$	НСО ₃ (Cl-НСО ₃)-Са (Na-Са)	Редко как сельское водоснабжение	
Водоупорный локально слабододоносный днепровский моренный горизонт (qQ _{dln})	Глины, суглинки с галькой и валунами и линзами песка	0,5-3,5 (до 21)	н.с.	$\frac{0,04-0,7}{0,1-0,3}$	$\frac{0,01-1,2}{0,05-0,08}$	0,001-0,1	0,02-0,7	0,02-0,3	НСО ₃ (Cl-НСО ₃)-Са (Mq-Са, Mq-Na-Са)	Не имеет	
Водоупорный лихвинский озёрный горизонт (lQ _{dln})	Прослой и линзы песков среди глин и суглинков	5-10 (до 20)	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	Не имеет	
Относительно водоупорный горизонт плиоценово-четвертичных образований (N ₂ -Q ₁)	Прослой и линзы песков среди глин и суглинков	2-10	до 10	н.с.	0,08-0,13	н.с.	0,052-0,069	0,4-0,5	НСО ₃ -Са (Mq-Са)	Водоснабжение мелких населенных пунктов	
Относительно водоупорный горизонт неогеновых образований (N)	Прослой и линзы песков, гравия, галечника среди глин	5-25	н.с.	0,01-2,0	2,0-9,5	н.с.	н.с.	0,3-0,4	НСО ₃ -Са (Mq-Са, Са-Mq)	Водоснабжение мелких населенных пунктов	
Относительно водоупорный горизонт палеогеновых образований (Pg)	Пески, галечники с прослоями глин	5-15	0,1	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	НСО ₃ -Са	Не имеет	
Водоносный горизонт средневерхней юры (J _{2,3})	Пески с линзами гравия, глины с прослоями алевролитов	4-25 (до 220)	н.с.	$\frac{0,1-2,5}{0,1}$	$\frac{0,018-0,65}{0,03-1,7}$	0,008-0,3	0,1-13,3	$\frac{0,01-0,37}{0,1}$	НСО ₃ (Cl-НСО ₃)-Са (Mq-Na-Са)	Водоснабжение мелких населенных пунктов	
Относительно водоупорный горизонт нижнего триаса (T ₁)	Глины (>50%), алевролиты, песчаники	20-140	н.с.	до 0,3	0,03-1,7	0,01-0,14	0,005-166,0	0,02-0,3	НСО ₃ -Са (Na)	Водоснабжение мелких населенных пунктов	
Водоносный горизонт северодевонских отложений верхней перми (P _{1sd})	Песчаники, алевролиты (>50%) с прослоями глин, артилитов, известняков	100-150	0-30 (иногда до +2,0)	$\frac{0,05-59}{0,1-0,2}$	0,02-30	0,001-15,4	$\frac{0,0005-8,78}{n \cdot 10^{-1}-n \cdot 10^{-2}}$	$\frac{0,1-19,0}{0,1-0,5}$	НСО ₃ (Cl-НСО ₃ , SO ₄ -Cl-НСО ₃)-Na-Mq-Са (Mq-Na-Са, Са-Mq-Na)	Хозяйственное водоснабжение	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Водоносный горизонт ур- жумских отложений средней перми (P ₂ ш)	Песчаники, алевро- литы (>50%) с про- слоями глины	до 100	0-20	$\frac{0,01-1,5}{0,2-0,5}$	до 1,0	н.с.	н.с.	0,2-0,4	HCO ₃ -Mq-Ca (Na-Ca, Ca-Na)	Водоснабжение мелких водопотре- бителей
Водоносный горизонт ка- занских (белевских) от- ложений (P ₂ кз)	Глины, аргиллиты (>50%), алевролиты, песчаники	до 100- 150	н.с.	$\frac{0,1-1,0}{0,1-0,2}$	<0,1-5,0	$\frac{0,0008-0,3}{0,001-0,1}$	$n \cdot 10^{-4}-5,9$	$\frac{0,2-21,9}{0,2-0,6}$	HCO ₃ -Mq-Na-Ca (Mq- Ca), HCO ₃ -Na	Водоснабжение мелких водопотре- бителей
Водоносный горизонт шеш- минских отложений (P ₁ сс)	Песчаники, алевро- литы, аргиллиты, мергели, известняки	20-410	0-65	$\frac{0,01-30}{0,1-2,0}$	0,015- 20,8	$\frac{0,001-41,7}{n \cdot 10^{-3}-n \cdot 10^{-1}}$	$n \cdot 10^{-4} > 1$ $10^{-2}-10^{-1}$	$\frac{0,1-28,0}{до 0,5}$	HCO ₃ -Ca (Mq, Na), SO ₄ (HCO ₃ -SO ₄ , Cl- SO ₄)-Ca (Na, Mq)	Хозяйственное водо- снабжение
Водоносный горизонт соли- камских отложений (P ₁ ул)	Известняки, мерге- ли, песчаники, алев- ролиты	0-300	0-30	$\frac{0,1-328}{1,0-15,5}$	$\frac{0,1-100}{n \cdot 1,0}$	$\frac{0,003-86}{0,7-5,9}$	$\frac{0,02-419,4}{1-10}$	$\frac{0,1-317,0}{0,1-1,0}$	HCO ₃ -Mq-Ca, SO ₄ -Ca-Na, Cl-Na	Водоснабжение крупных водопо- требителей
Относительно водоносный уфимский терригенный комплекс (P ₂ у)	Песчаники, алевро- литы, аргиллиты	0-230	0-50	$\frac{0,1-200}{0,1-5,0}$	0,01-40	$\frac{0,01-30}{1,5-2,1}$	1,1-32,1	0,3-279,6	HCO ₃ -Ca, SO ₄ -Ca-Na, Cl-Na	Хозяйственное водо- снабжение
Первый водоносный ирен- ский горизонт (P ₁ и ₁)	Гипсы, ангидриты, известняки	до 100	+0,7-42	0,3-8,0	0,1-5,0	0,004-0,68	0,003-5,07	0,1-38,3	SO ₄ -HCO ₃ -Ca, SO ₄ -Ca-Na, Cl-Na	Водоснабжение мелких водопотре- бителей
Второй водоносный ирен- ский горизонт (P ₁ и ₂)	Гипсы, ангидриты, известняки	н.с.	н.с.	0,1-100	0,2-3,6	н.с.	н.с.	1,0-3,0	SO ₄ -Ca	Не имеет
Неводоносный проницае- мый (сдвинутый) оль- ховский горизонт (P ₁ ол)	Брекчия из обломков известняков, доло- митов	1-40	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	Не имеет
Водоносный комплекс кун- гурских карбонатно-суль- фатных отложений (P ₁ к)	Гипсы, ангидриты, известняки	до 100	+0,7-42	0,3-8,0	0,1-5,0	0,004-0,68	0,003-5,07	0,1-38,3	SO ₄ -HCO ₃ -Ca, SO ₄ -Ca-Na, Cl-Na	Не имеет
Водоносный комплекс кун- гурских сульфатно- карбонатно-терригенных отложений (P ₁ к)	Песчаники, алевро- литы, аргиллиты, мергели, известняки, ангидриты, линзы каменной соли	0-265	н.с.	$\frac{0,01-65}{0,1-3,0}$	$\frac{0,1-102,7}{0,4-3,2}$	0,02-42,8	0,002-23,0	0,05- 316,4	HCO ₃ (SO ₄ -HCO ₃ , HCO ₃ -SO ₄)-Ca, Cl-Na	Хозяйственное водо- снабжение
Водоносный комплекс ас- сельско-артинских отложе- ний (P ₁ а-ар)	Песчаники, алевро- литы, аргиллиты с линзами мергелей, известняков	до 330	0-20	$\frac{0,03-15}{0,2-0,3}$	$\frac{до 10-12}{0,5-3,0}$	1,1-3,6	0,08-9,1	$\frac{0,1-0,8}{0,4}$	HCO ₃ -Ca (Na-Ca, Mq-Ca)	Водоснабжение мелких водопотре- бителей
Водоносный нижнеперм- ский (нерасчлененный) го- ризонт (P ₁)	Известняки, доло- миты	до 330	+20-120	$\frac{0,05-87}{0,5-2,0}$	0,3-28,6	0,2-3,8	0,03-146,9	0,1-1,0	HCO ₃ -Mq-Ca	Хозяйственное водо- снабжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Водоносный комплекс среднего и верхнего карбона (C _{2,3})	Известняки, доломиты с прослоями песчаников, алевролитов, мергелей	до 200 и более	0-120	$\frac{<0,1-528}{0,1-10}$	$\frac{0,02-50}{0,5-3,0}$	$\frac{0,011-1,5}{\text{до } 1,0}$	н.с.	$\frac{0,05-0,68}{0,2-0,4}$	SO ₄ -HCO ₃ -Ca, SO ₄ -Ca	Хозяйственное водоснабжение
Водоносная зона девонско-нижнекаменноугольных терригенных, карбонатных, терригенно-карбонатных пород. (s.c.scD-C ₁)	Песчаники, конгломераты, известняки, доломиты с прослоями сланцев	60-250 и более	+ 3,7-100	$\frac{<0,1-700}{0,1-10,0}$	$\frac{<0,1-45,0}{<1,0}$	$\frac{<0,1-15,0}{0,25}$	н.с.	$\frac{0,03-3,0}{0,03-0,5}$	SO ₄ -HCO ₃ -Ca, HCO ₃ -Mg-Ca	Хозяйственное водоснабжение
Водоносная зона рифейско-нижнедевонских карбонатных и терригенно-карбонатных пород. (с.scR-D ₁)	Известняки, доломиты, мраморы, прослой песчаников, сланцев, филлитов	80-600	0-100	$\frac{0,1-550}{1,0-10}$	$\frac{0,03-80,0}{1,0-10,0}$	$\frac{0,007-42,0}{0,5-2,0}$	н.с.	$\frac{0,03-0,7}{0,1-0,2}$	HCO ₃ -Mg-Ca (HCO ₃ -Ca)	Хозяйственное водоснабжение
Водоносная зона рифейско-нижнедевонских терригенных пород. (sR-D ₁)	Песчаники, сланцы, филлиты, мраморы	80-120	0-50	$\frac{0,01-70}{0,1-5,0}$	0-7,5	до 0,7	н.с.	$\frac{0,01-0,2}{0,07}$	HCO ₃ -Ca (Mg-Ca), HCO ₃ -SO ₄ -Mg	Не используется
Относительно водоносная зона рифейско-нижнедевонских терригенных и метаморфических кварцитовидных пород. (sqR-D ₁)	Песчаники, алевролиты, кварциты, прослой метаморфических сланцев, филлитов	15-100	н.с.	$\frac{0,1-250}{5,0}$	$\frac{0-6,0}{1,0}$	0,06-0,3	н.с.	$\frac{0,03-0,2}{0,07}$	Cl-HCO ₃ -Ca-Na, SO ₄ -HCO ₃ -Na (Ca)	Не используется
Водоносная зона архейско-палеозойских гранитоидов. (γAR-PZ)	Граниты, кварцевые диориты, сyenиты, гнейсо-граниты,	15-80	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	Не используется
Водоносная зона рифейско-палеозойских основных и средних интрузий. (vR-PZ)	Габбро, диориты	40-80	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	Не используется
Водоносная зона архейско-палеозойских ультраосновных пород. (φAR-PZ)	Трахитбазальты, перидотиты, пироксениты, дуниты	15-100	н.с.	$\frac{0,05-5,0}{0,1-0,9}$	н.с.	н.с.	н.с.	$\frac{0,05-0,1}{0,07-0,1}$	HCO ₃ -Ca	Не используется

Ниже приводится характеристика основных водоносных подразделений [173, 179].

Водоносный комплекс четвертичных образований (aQ) включает ряд водоносных, слабоводоносных и водоупорных горизонтов четвертичных элювиальных, делювиальных, аллювиальных, озерных, болотных, ледниковых, флювиогляциальных и различных полигенетических образований. Все они могут иметь местное значение для индивидуального водоснабжения, однако источники их не постоянны во времени, а воды их часто некондиционные по качеству. Наибольшее значение имеют водоносные горизонты в аллювиальных и флювиогляциальных отложениях.

Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных образований (aQ_{IV}). Распространён по долинам рек особенно – Камы, Чусовой, Сылвы, Обвы, Иньвы, Чермоза и др. Он объединяет отложения низких аккумулятивных террас (поймы, высокой поймы, I и II надпойменных террас) и верхних цокольных и эрозионно-аккумулятивных террас (III и IV надпойменных террас). Современные отложения поймы, распространены повсеместно, за исключением Камского и Воткинского водохранилищ, где они почти полностью затоплены. Отложения низких террас имеют широкое распространение в долинах крупных рек. Отложения III и IV надпойменных террас (достаточные для формирования запасов подземных вод) развиты только на отдельных участках по бортам р. Камы. Мощность современного аллювия находится обычно в пределах 5-15 м, достигая 35 м в долине р. Камы. В верхней части разреза обычно преобладают глинистые породы (глины, суглинки и супеси), в нижней – обломочные осадки (пески, гравий, галечники). Последние являются основными водовмещающими породами. Водоупорами служат коренные породы, на которых залегает аллювий. Коэффициенты фильтрации нижней части аллювия имеют значения в пределах первого десятка м/сут. Аллювиальные отложения содержат грунтовые безнапорные воды, глубины залегания которых определяются поверхностью террас над урезом воды и колеблются от 0 до 13 м. Водообильность этих отло-

жений неравномерная, что связано с различным гранулометрическим составом и толщиной. Дебиты родников обычно не превышают 0,2-0,3 л/с (до 8 л/с), скважин – 0,3-2 л/с, при понижениях 1-7 м.

Химический состав подземных вод преимущественно гидрокарбонатный кальциевый, магниевый-кальциевый, реже натриевый с минерализацией 0,1-3 г/дм³, в среднем 0,2 г/дм³. Питание подземных вод аллювия малых рек осуществляется за счет атмосферных осадков и притока из коренных отложений.

Воды горизонта используются для водоснабжения водозаборами: Усть-Качка, Конец-Бор, Оханск, Кама. Из-за низкого гипсометрического положения помимо болотного загрязнения (Na, Cl, SO₄, NO₃) велика вероятность попадания в него разного рода сточных вод. Из-за гидравлической связи вод горизонта с поверхностными водами, которые зачастую загрязнены, сооружать водозаборы в пределах данного горизонта не рекомендуется.

Водоносный горизонт днепровских флювиогляциальных образований (fQ_{ndn}). Распространён на севере Пермского края в бассейне рек Весляны, Тимшора, Камы, Косы, Уролки. Связан с кварцевыми мелкозернистыми песками с редкой галькой. Мощность горизонта от 0,5 до 40,0 м. Воды гидрокарбонатно-кальцевые и натриево-кальцевые с минерализацией 0,1-0,2 г/дм³. Возможно болотное загрязнение.

Относительно водоупорный горизонт плиоценово-четвертичных образований (N_2-Q_1). Распространён на юго-западе Пермского края в бассейне р. Буй в виде небольших участков, сложенных суглинками, песчаниками, глинами, местами галечниками. Мощность горизонта до 50 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальцевые и кальцево-магнєвые с минерализацией 0,4-0,5 г/дм³. Используются в отдельных мелких населенных пунктах.

Относительно водоупорные горизонты неогеновых (N) и палеогеновых образований (Pg). Распространены в южной части Пермского края в переуглублённых частях долин. Представлены глинами, суглинками, с прослоями и линзами алевролитов, песков и галечников. Мощность горизонтов до 20-25 м.

По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магневые с минерализацией 0,3-0,4 г/дм³. Воды используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Водоносный комплекс мезозойских образований развит в северо-западной части территории в бассейнах рек Весляны, Косы, Иньвы. **Водоносный горизонт средней-верхней юры (J_{2-3})** сложен песками с линзами гравия и гальки, песчаниками и глинами с прослоями алевролитов мощностью до 25 м и более. **Относительно водоупорный горизонт нижнего триаса (T_1)** сложен глинистыми породами с прослоями песчаников и алевролитов мощностью до 21 м. По составу воды гидрокарбонатные натревые и кальциевые с минерализацией до 1 г/дм³. Водообильность невысокая, дебит родников не превышает 0,5 л/с. Возможно водоснабжение небольших предприятий и хозяйств.

Водоносный комплекс средней-верхней перми включает водоносные горизонты северодвинских, уржумских и казанских отложений.

Водоносный горизонт северодвинских отложений верхней перми (P_{isd}) распространен в западной части территории, полосой с шириной до 30 км пестроцветных песчано-глинистых отложений, спорадически обводненных. Дебиты родников до 1 л/с, состав вод гидрокарбонатно-кальциевый и натриевый, с минерализацией до 0,5 г/дм³.

Водоносный горизонт уржумских отложений средней перми (P_{2ur}) приурочен к уржумскому ярусу средней перми. Имеет широкое распространение в западной части Пермского края, шириной до 120 км. Мощность комплекса до 200-260 м. Представлен красноцветной песчано-глинистой толщей с преимущественно песчаниковым (>50%) типом разреза с подчинёнными известняками, конгломератами, аргиллитами. Мощность водонасыщенных слоев, прослоев и линз обычно составляет 1-5 м, редко достигает 10-15 м и более. По фильтрационным свойствам комплекс крайне неоднороден. Наиболее проницаемые пласты залегают выше местного эрозионного вреза, где формируют родниковый сток, характеризующийся нередко крупными по дебиту родниками (5-

20 л/с и более). Ниже этой условной поверхности фильтрационная способность пород быстро падает. Водообильность отложений определяется структурно-тектоническими и геодинамическими условиями (с которыми связаны значительные водообильные зоны) и литологией. Существенное влияние на водообильность пород оказывают положительные тектонические структуры, активные в неотектонический этап развития. Большинство водообильных зон расположено в пределах валов и локальных поднятий. Водообильные зоны приурочены к узколокальным участкам (к блокам) структур, испытывающим новейшие тектонические движения, за пределами таких зон обводненность пород фоновая (Иконников, Ревин, Копылов и др., 1981ф). Практически все водообильные зоны приурочены к узлам пересечения крупных линеаментов, отождествляемых с тектоническими нарушениями и обуславливающими геодинамические активные зоны [146].

По химическому составу воды комплекса преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и натриевые, реже хлоридно-гидрокарбонатные и сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом и минерализацией преимущественно 0,1-0,5 г/дм³. Иногда наблюдаются подтоки минерализованных вод.

Подземные воды комплекса широко используется для водоснабжения средних населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов.

Водоносный горизонт казанских (белебеевских) отложений (Р₂к₂) приурочен к белебеевской свите казанского яруса средней перми. Распространён восточнее уржумского горизонта, полосой шириной до 30 км. Общая мощность 100-275 м. Отложения представлены песчаниками, конгломератами, алевролитами, аргиллитами, с линзами известняков, мергелей; но до глубины 100-150 м преобладает глинистый тип разрез (глин >50%). Водоносными являются пласты алевролитов с прослоями песчаников. Мощность водонасыщенных слоев обычно составляет 1-5 м, редко 5-10 м. Характерно спорадическое распространение подземных вод с отдельными водообильными зонами. Круп-

нейшие водообильные зоны (дебиты родников от 5-20 л/с до 50 л/с) установлены на стыке крупных тектонических структур – Пермского свода и Висимской впадины, характеризующимся повышенной трещиноватостью пород, что связано с геодинамическими активными зонами, обусловленными пересечениями региональных линеаментов северо-восточного простирания и зональных линеаментов северо-западного простирания [146].

Подземные воды обычно гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, преимущественно Ca-Mg и Ca-Na и минерализацией 0,2-0,4 г/дм³. С глубиной, в связи с ухудшением водообмена, минерализация подземных вод возрастает, обогащаясь натрием. Ниже местного эрозионного вреза (до глубины 100 м) установлены подземные воды сульфатного, хлоридного и смешанного состава с минерализацией 10-15 г/л (на участках рек Иньвы, Чермоза, Нердвы). Питание горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков.

Подземные воды казанского (белебеевского) горизонта используются для хозяйственного водоснабжения мелких водопотребителей. Воды могут быть использованы эксплуатацией одиночных скважин производительностью 50-100 м³/сут.

Водоносный комплекс отложений уфимского яруса (P_{1u}) включает водоносные горизонты шешминских и сликамских отложений уфимского яруса нижней перми.

Водоносный горизонт шешминских отложений (P_{1ss}) приурочен к шешминскому горизонту верхнего подъяруса уфимского яруса. Выходит на поверхность так же полосой меридионального простирания шириной до 60 км, занимая придолинные участки рр. Камы, Бабки, Тулвы, а также на водоразделах рек Камы и Вишеры, Буя и Быстрого Таныпа. Мощность горизонта от 20-30 до 320-410 м. Сложен переслаивающимися и выклинивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами, с линзами известняков, мергелей. Характерна загипсованность. Основными вододовмещающими породами горизонта являются песчаники, реже известняки, мергели и трещиноватые алевролиты. Водонос-

ными являются трещиноватые прослой пород, толщиной 1-3 м. Дебиты родников от 0,1-0,5 до 5-10 л/с.

Химический состав подземных вод определяется следующими факторами: гидродинамическими условиями, определяющими проницаемость толщи; загипсованностью; и подтоком глубинных вод по тектоническим трещинам. Химический состав выше эрозионного вреза преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,2-0,5 г/дм³, ниже эрозионного вреза преобладают сульфат-содержащие кальциевые, натриево-кальциевые, кальциево-натриевые воды с минерализацией от 1,5 до 14 г/дм³.

Подземные воды шешминского горизонта используются населением г. Перми для водоснабжения одиночными скважинами, колодцами и каптажа источников, редко – групповых водозаборов, имеет практическое значение. В пределах водообильных зон возможно сооружение водозаборов с дебитом 1000-2000 м³/сут.

Водоносный горизонт соликамских отложений (P_{1u1}) приурочен к нижеуфимскому (соликамскому) горизонту. Выходит на поверхность в виде полосы меридионального простирания шириной до 30 км в Предуральском бассейне и узкой прерывистой полосой в пределах Тулвинской группы бассейнов, иногда перекрываясь шешминскими отложениями, и, погружаясь на запад под шешминский горизонт на глубину более 600 м. Мощность соликамского горизонта достигает 300 м и более. Представлен чередованием известняков, мергелей, аргиллитов, песчаников, гипсов. Состав вод преимущественно гидрокарбонатный магниевый-кальцевый, кальцевый с минерализацией до 0,5 г/л, на участках с промышленно-бытовым загрязнением и подтоком вод из нижележащих отложений до 1,0 г/дм³, состав меняется на гидрокарбонатно-хлоридный и гидрокарбонатно-сульфатный. В нижней зоне надсолевых вод на глубине 300-350 м развиты рассолы хлоридно-натриевого состава с минерализацией до 155-317 г/дм³. Имеет большое практическое значение для водоснабжения, однако, из-за плохой защищённости подземные воды подвержены загрязнению.

Водоносный комплекс отложений кунгурского яруса (P_{1k}) представлен несколькими водоносными и водоупорными горизонтами и подгоризонтами.

Первый водоносный кунгурский (иренский) горизонт приурочен к западному крылу Пермско-Башкирского свода и крыльям Ксенофоновско-Колвинского вала и Колвинской седловины. Сложен чередующимися гипсово-ангидритовыми и известняково-доломитовыми пачками, которые водоносны только в месте выхода их на поверхность; с погружением под более молодые породы комплекс становится водоупором (**водоупорный иренский горизонт**). По химическому составу воды выше эрозионного вреза сульфатные кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные с минерализацией до 3 г/дм³. На глубине порядка 100 м минерализация увеличивается до 4,1-9,3 г/дм³, химический состав вод сульфатный, а иногда сульфатно-хлоридный, хлоридно-натриевый. Воды используются для локального водоснабжения. Практически не защищены и могут быть подвергнуты загрязнению. Верхняя часть разреза подвержена интенсивному карстованию.

Второй водоносный кунгурский горизонт распространен на поверхности в восточных частях Тимано-Печорского и Предуралья сложными бассейнами. По литологическому составу отличается большим разнообразием, связанным со сменой в западном направлении преимущественно песчаниковых отложений кошелевской свиты глинисто-мергелевыми породами поповской свиты, в разрезе которой появляются прослои и линзы каменной соли, те, в свою очередь, замещаются лекской сульфатно-карбонатно-терригенной свитой, которая на глубине становится водоупорным ложем. Исходя из фациальной неоднородности и невыдержанности водовмещающих пород, характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, разнообразным химическим составом от гидрокарбонатного до гидрокарбонатно-сульфатного, хлоридно-сульфатного с минерализацией 0,1-3,0 г/дм³ и более.

Водоносный комплекс ассельско-артинских отложений (P_{1a-ar}). Занимает прерывистую полосу вдоль восточного борта Предуральяского прогиба. Сложен песчаниками, аргиллитами, с прослоями и линзами конгломератов, известняков, мергелей, толщиной до 330 м. Отложения фациально не выдержаны. Характерно полное отсутствие загипсованности. По химическому составу воды комплекса преимущественно гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 0,1-0,8 г/дм³. Водоносные комплексы нижней перми в кунгурских и артинских отложениях представляют особый интерес для водоснабжения, особенно на Уфимского плато, где в линейных трещинных зонах дебит родников достигает 1000 л/с, а удельный дебит скважин – 135 л/с.

Водоносный нижнепермский (нерасчлененный) горизонт (P₁). Выходит на поверхность в пределах Ксенофоновско-Колвинского вала и вдоль западного склона Урала прерывистыми площадями, сложенными трещиноватыми и закарстованными известняками и доломитами. Активная трещиноватость и закарстованность развита до глубины более 300 м. По химическому составу воды серии в основном гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,1-1,0 г/дм³.

Водоносный комплекс среднего и верхнего карбона (C₂₋₃). Развита в пределах западного склона Урала площадями преимущественно субмеридионального простирания и сводовой части Ксенофоновско-Колвинского вала. Сложен известняками, доломитами с прослоями песчаников, алевролитов, аргиллитов, мергелей толщиной до 200 м. Развита трещинно-карстовые воды преимущественно гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,1-0,7 г/дм³. Используется для централизованного водоснабжения г. Кизела. Перспективы связаны с линейными водообильными зонами, где дебиты родников достигают 100-400 л/с.

В пределах Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых вод развиты следующие водоносные подразделения: водоносная зона девонско-нижнекаменноугольных терригенных, карбонатных и терригенно-карбонатных

пород; водоносная зона рифейско-нижнедевонских карбонатных и терригенно-карбонатных пород; водоносная зона рифейско-нижнедевонских терригенных пород; водоносная зона рифейско-нижнедевонских терригенных и метаморфических кварцитовидных пород; водоносная зона архейско-палеозойских гранитоидов; водоносная зона рифейско-палеозойских основных и средних интрузий; водоносная зона архейско-палеозойских ультраосновных пород. Они содержат корово-блоковые воды, приуроченные к трещиноватой зоне коры выветривания и локальным тектоническим трещинам. Первые два водоносных подразделения содержат трещинно-карстовые воды. В пределах развития тектонических трещин они более водообильны (дебит родников до 1-3 л/с). По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевого с минерализацией 0,01 – 0,2 редко до 0,9 г/дм³. Подземные воды в целом изучены слабо. Могут представлять интерес для локального водоснабжения.

5.2. Общие ресурсы пресных подземных вод

Пермский край обладает значительными ресурсами пресных подземных вод, однако, они расположены неравномерно по площади. Наиболее водообильные горизонты подземных вод, пригодные для создания крупных водозаборов, расположены в восточной части Предуральского бассейна и в Западно-Уральском бассейне, при этом основная часть населения края проживает в пределах Камско-Вятского и Предуральского бассейнов. Современное хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Пермского края базируется на использовании подземных и поверхностных вод с преобладанием последних.

Эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод края составляют 7805 тыс. м³/сут. По оценке ГИДЭК перспективная потребность Пермского края в питьевых водах составит 1244 тыс. м³/сутки. В крае ведутся поиски и разведка подземных вод для водоснабжения крупных населенных пунктов, раз-

ведано около 130 месторождений пресных подземных вод, с суммарными эксплуатационными запасами порядка 1,2 млн. м³/сут. В эксплуатации находятся 58 месторождений пресных подземных вод с суммарными запасами 570,2 тыс. м³/сут. Среднегодовая учтенная добыча пресных подземных вод за последние годы составила 224,8 тыс. м³/сут. Кроме того, в крае эксплуатируется 52 крупных групповых водозаборов (с разрешенным водоотбором свыше 1 тыс. м³/сут.) и большое количество мелких водозаборов и одиночных скважин, работающих на неутвержденных запасах. Суммарный водоотбор составляет более 156 тыс. м³/сут. Общий суммарный водоотбор по Пермскому краю составляет более 380 тыс. м³/сут.

Текущая потребность в хозяйственно-питьевых водах удовлетворяется подземными водами лишь на 15 %. Сравнительно низкий процент использования подземных вод объясняется как необеспеченностью ряда городов достаточными запасами подземных вод (Пермь, Добрянка, Чусовой), так и неосвоенностью разведанных запасов (Кизел, Кунгур, Чердынь, Гремячинск, Нытва, Краснокамск) [325]. Города Соликамск и Березники (с населением около 300 тыс. человек) используют для хозяйственно-питьевого водоснабжения исключительно подземные воды.

Краевой центр – г. Пермь для хозяйственно-питьевого водоснабжения использует, в основном, поверхностные водные объекты: забор воды производится с Чусовского, Большекамского и Кировского водозаборов. На двух последних водозаборах эксплуатация осуществляется непосредственно в зоне промышленной и жилой застройки города. И только 1,8% (6,5 тыс. м³/сутки) подземных вод отбираются на Верхнекурьянском месторождении в правобережной части города (2,87 тыс. м³/сутки), а также на водозаборах с неутвержденными запасами (3,63 тыс. м³/сутки). На территории г.Перми известно более 100 родников [359], большинство из них имеет неудовлетворительное качество воды.

Несмотря на достаточно сложные гидрогеологические и геоэкологические условия в окрестностях г. Перми, выявлено несколько месторождений

пресных подземных вод (Мулянское, Верхнесыринское, Нытвенское, Мокинское, Васильевское и др.) с общими оценочными эксплуатационными запасами более 60 тыс. м³/сут., причем большинство из них находятся в нераспределенном фонде недр. В радиусе 100 км от г. Перми ОАО «Запуралгидрогеология» опойсковано несколько месторождений (неэксплуатируемых и частично эксплуатируемых) с потенциальным запасом, по первичной оценке, 100 – 150 тыс. м³/сут. Выявлено несколько крупных водообильных участков, на которых необходимо провести поисково-оценочные работы. Дальнейшие работы были приостановлены в связи с прекращением финансирования.

Учитывая возрастающую неблагоприятную техногенную обстановку региона и активно развивающегося социально-промышленного агломерата – г. Перми; незащищенность поверхностных вод Камского и Воткинского водохранилищ от внешнего загрязнения; возможности техногенных аварий; возможных сбросов техногенно-опасных накопленных вод; реальной перспективы ненадежности Чусовского, Большекамского и Кировского водозаборов необходимость решения поставленной задачи становится сверх актуальной.

Для левобережья г. Перми основные перспективы поиска новых месторождений пресных подземных вод связаны с водообильными трещинными зонами шешминского водоносного горизонта уфимского водоносного комплекса [180].

С учетом новых геологических материалов результаты ранее выполненных гидрогеологических съемок были переинтерпретированы. Проведен структурно-гидрогеологический и гидрогеохимический, морфонеотектонический, линеаментно-геодинамический анализ Пермского края. Интерпретация известных гидрогеологических закономерностей (распределение подземного и подземного химического стока [288, 290, 302, 415]) и геодинамических закономерностей (геодинамические активные зоны) позволила установить новые или уточнить известные водообильные зоны и гидрогеохимические аномалии.

Основой для выделения геодинамических активных и водообильных зон

являлись материалы дистанционного зондирования и результаты дешифрирования космических снимков (масштаб 1:500 000-1:100 000). Региональные и зональные линеаменты, как правило, контролируют элементы тектонического строения территории. Наиболее тектонически ослабленными являются участки на границах неотектонических блоковых структур, где наблюдается наибольшее сгущение и пересечение линеаментов и мегатрещин, отмечается наибольшая расчлененность рельефа и в целом повышенная неотектоническая активность и водоносность [146, 181]. Установлено, что в наиболее активных геодинамических зонах, выраженных системами крупных неотектонических линеаментов, формируются более водообильные участки. В результате комплексного анализа с применением данных ДЗЗ и ГИС-технологий построена гидрогеологическая ГИС-карта территории Пермского края с геодинамическими активными, водообильными и гидрогеохимическими зонами (рис. 5.3). Базовый масштаб 1:500 000. С учетом локальных гидрогеологических баз данных и инструментов ARC GIS, масштабируемая среда карты находится в интервале масштабов 1:1 000 000 - 1:200 000. В легенде и БД отражены: гидрогеологическое районирование по бассейнам подземного стока, характеристика гидрогеологических подразделений, водопроявления (месторождения пресных и минеральных подземных вод, гидрогеологические скважины, родники), водообильные зоны, химический состав подземных вод (3,5 тыс. анализов) и другие данные.

5.3. Оценка природной защищенности подземных вод

Основными факторами, определяющими естественную защищенность грунтовых вод являются четыре показателя: глубина залегания уровня грунтовых вод (толщина зоны аэрации); строение и литология пород зоны аэрации; толщина слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации; фильтрационные свойства пород зоны аэрации, наличие в разрезе слабопроницаемых отложений [55, 380].

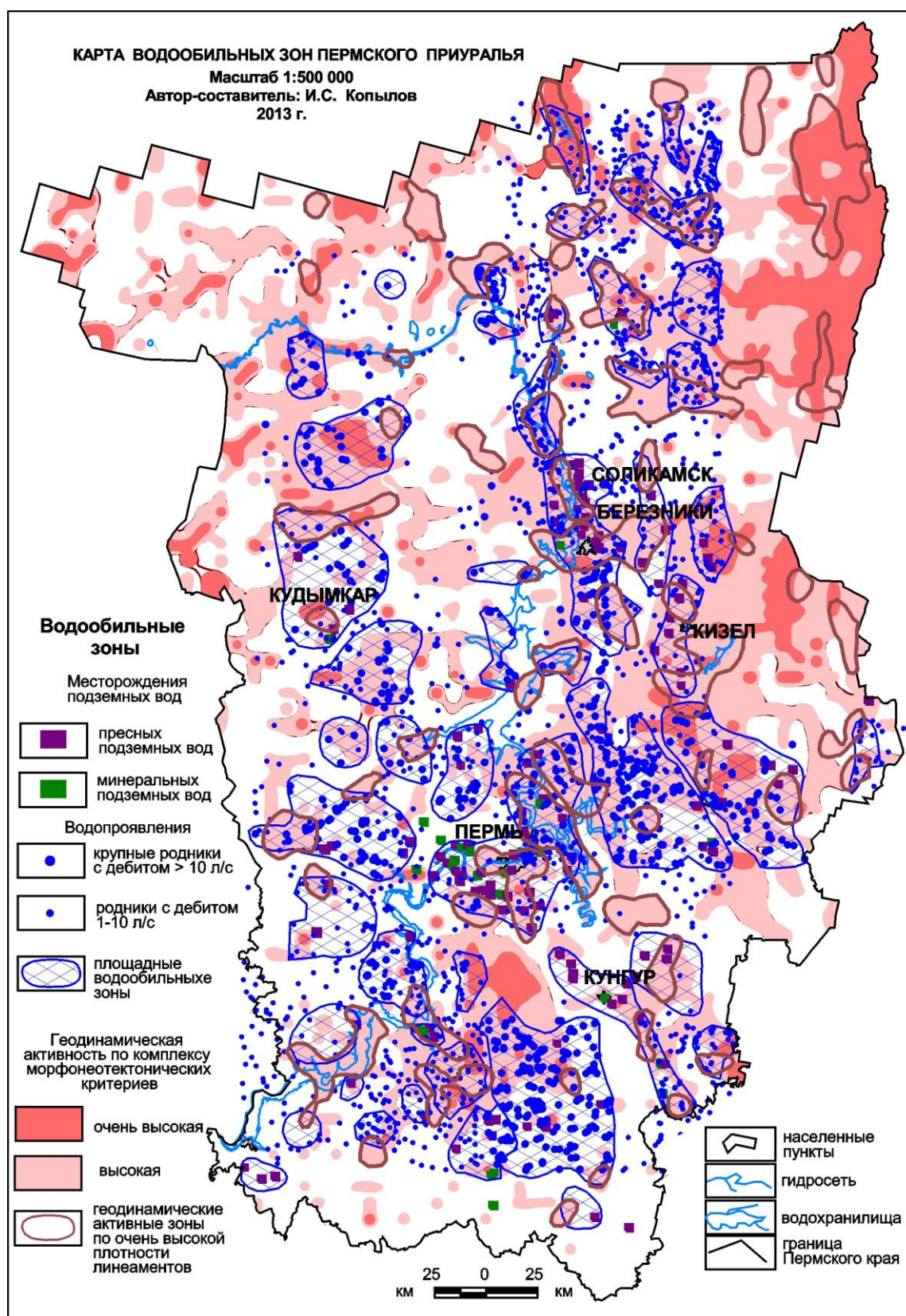


Рис. 5.3. Карта водобильных и геодинамических активных зон

Оценочным критерием естественной защищенности пресных подземных вод является категория защищенности, характеризующаяся суммой баллов, которая зависит от количественных изменений вышеперечисленных параметров [55].

Для равнинной части территории Пермского края по материалам Сылвинской ГГП (Иконников и др., 1985ф) и ПермНИПИнефть (Михайлов и др., 1985ф) по этим критериям построены карты естественной защищенности подземных вод от загрязнений с поверхности.

Для построения карты естественной защищенности подземных вод применялись следующие методические приемы. Толщина зоны аэрации разбивалась на градации: до 3; 3-10; 10-20; 20-30 и более 30 м. Глубина залегания уровня вод в 10 м соответствовала 1 баллу. Последующие градации увеличивались также на 1 балл. Различные литологические разности, слагающие зону аэрации, объединялись по количественным фильтрационным показателям в группы. Закарстованные известняки, доломиты, мергели, гипсы и ангидриты с коэффициентами фильтрации более 10 м/сут. относились к 1 группе. Далее группировались вместе крупнозернистые пески, трещиноватые карбонатные и терригенные отложения ($K_f=1-0,1$); торф, тяжелые супеси и средние суглинки ($K_f=0,1-0,01$); тяжелые суглинки и глины ($K_f=0,01-0,001$). Толщина слабопроницаемого слоя в зоне аэрации подразделялась на градации: 0-1; 1-5; 5-10 и более 10 м. Районирование территории Пермского края по условиям естественной защищенности подземных вод (с нашими добавлениями) показано на гидрогеоэкологической карте где выделены 4 категории естественной защищенности подземных вод.

1). Незащищенные территории (категория защищенности <5 баллов) занимают большую часть территории, которые практически не защищены от поверхностного загрязнения. Прежде всего, это горная часть Урала, карстовые районы Предуралья, юго-восток области в пределах Уфимского вала и северные районы, покрытые флювиогляциальных отложениями. Слабо

защищены аллювиальные комплексы речных долин. Слабопроницаемые слои, как правило, имеют суммарную толщину 0,5-3,5 м с $K_f=0,1-0,01$ м/сут. Отмечаются выходы скальных пород на придолинных склонах, элювиальные развалы, поля развития флювиогляциальных и эоловых осадков.

2). *Слабо защищенные территории* (6-10 баллов) распространены пятнами повсеместно, но преимущественно в южной, центральной и северной части области. Толщина слабопроницаемых отложений от 4 до 10 м, глубина залегания грунтовых вод колеблется от 4 до 22,5 м, преимущественно 5-7 м. Грунтовые воды связаны с элювиально-делювиальными отложениями на верхнепермских и нижнепермских породах, но более глинистых, чем в районах с 1 категорией, а также с ледниковыми, полигенетическими, преимущественно суглинистыми отложениями.

3). *Относительно защищенные территории* (11-15 баллов), занимают небольшую площадь на западе и юго-западе области в междуречье рек Косы, Иньвы, Обвы и рек Тулвы и Буя. Представлены преимущественно глинистыми и суглинистыми элювиально-делювиальными, полигенетическими образованиями, где толщина слабоводопроницаемых слоев до 8-16 м, $K_f < 0,001$ м/сут. Глубина залегания грунтовых вод составляет 8-23 м, преобладающая 10 м.

4). *Локально защищенные территории* (16-20 баллов) характеризуются тем, что горизонт грунтовых вод зоны аэрации отделен от нижележащих водоносных горизонтов четко выраженным водоупором с толщиной более 10 м. По схеме естественной защищенности пресных подземных вод ПермНИПИнефть [99] вся юго-западная часть края отображается, как хорошо защищенная. На наш взгляд, эта степень завышена. Регионально защищенные участки на территории Пермского края отсутствуют. В целом, этот район характеризуется глинистым типом разреза, но защищенные участки развиты только локально небольшими участками в приустьевой и водораздельной части рек Иньвы и Обвы. Представлены, как правило покровными глинистыми

отложениями с толщиной слабоводопроницаемых грунтов более 10-12 м. Грунтовые воды имеют линзообразное залегание и локальное распространение.

Анализ карты естественной защищенности подземных вод показывает, что около 80 % территории Пермского края относится к незащищенной и слабо защищенной и лишь 20 % ее относится к условно защищенной категории. В пределах развития незащищенных и слабо защищенных территорий расположены основные промышленные зоны: Пермско-Краснокамская и Соликамско-Березниковская, горнопромышленная зона Урала. На этих площадях, при наличии источников загрязнения существует высокая вероятность загрязнения подземных вод, образование техногенных вод, которые уже установлены в пределах гг. Перми, Березников и других местах.

Как видно, из приведенного материала, сложность гидрогеологических условий Пермского региона заключается не только стыковкой четырех бассейнов первого порядка, но и тем, что здесь непосредственно в верхней части гидрогеологического разреза (в зоне интенсивного водообмена) залегают сульфатные, карбонатные, галогенные и терригенные породы, по-разному влияющими на формирование химического состава подземных вод. На водообильность отложений оказывают большое влияние структурно-тектонический и геодинамический факторы и карст (в Предуральском бассейне). В то же время это единственная зона, подземные воды которой используются для питьевого водоснабжения и которая наиболее подвержена техногенному воздействию. Ряд водоносных подразделений из-за локальности своего распространения, низкой водообильности и незначительной мощности (до 10-20 м) не имеют практического значения. С гидрогеоэкологических позиций они могут служить в какой-то степени защитой (сорбентом) от проникновения возможных загрязнений с поверхности в основные водоносные горизонты.

Часть III

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Глава 6

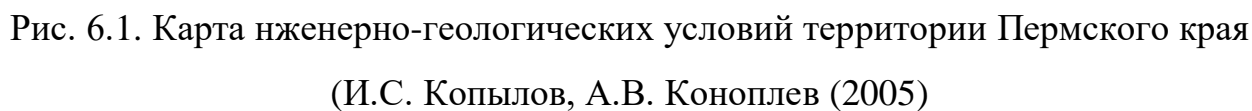
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Основные закономерности распространения горных пород, а также всего комплекса инженерно-геологических условий Пермского Приуралья и Урала отражены на инженерно-геологической карте Пермского края масштаба 1:500 000, составленной в 2005 г. И.С. Копыловым и А.В. Коноплевым (рис. 6.1, 6.2). История ее создания описана в подразделе 1.2. На этой карте приведено инженерно-геологическое районирование, показано распространение инженерно-геологических формаций коренных пород и геолого-генетических комплексов, выделены опасные геологические процессы и явления. В настоящее время разработана геоинформационная карта инженерно-геологических условий Пермского края, которая постоянно обновляется и пополняется.

В инженерно-геологических целях все горные породы, составляющие верхнюю часть геологического разреза литосферы разделены на две части – литифицированные породы формаций пород коренной основы и нелитифицированные рыхлые образования стратиграфо-генетических комплексов.

6.1. Формации пород коренной основы

Исходя из принципа формационного (литолого-генетического) анализа (Голодковская, 1963; Белый, 1964 [17]; Сергеев, 1978 [365]; Методическое руководство..., 1978) [297], на территории Пермского края может быть выделено несколько инженерно-геологических формаций дочетвертичного возраста.



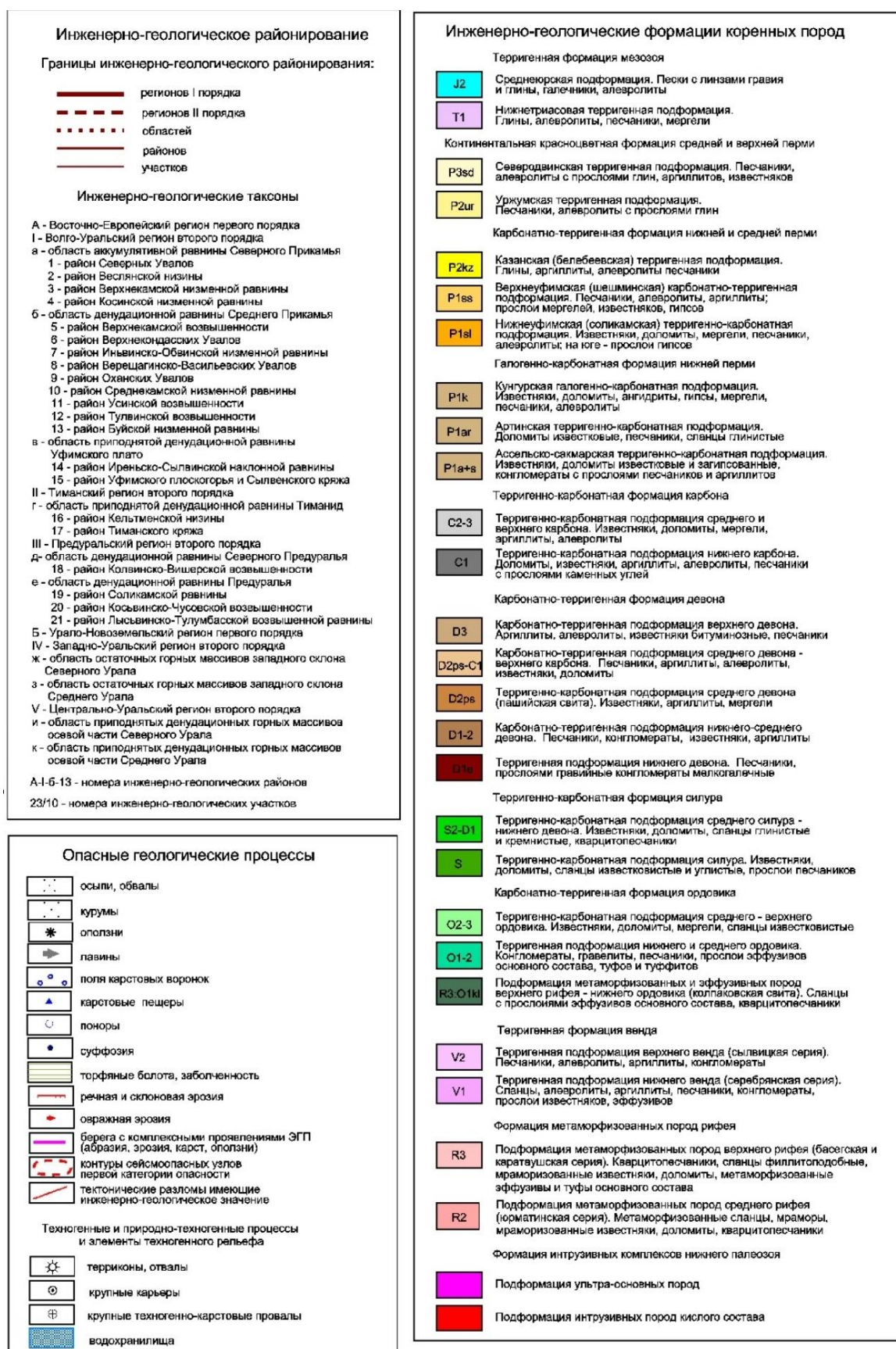


Рис. 6.2. Легенда к карте инженерно-геологических условий территории Пермского края

В пределах *Русской платформы* выделяются четыре основные инженерно-геологические формации, которые имеют практическое значение для строительства: галогенно-карбонатная (эвапоритовая) формация нижней перми; карбонатно-терригенная формация средней и нижней перми; терригенно-красноцветная формация верхней и средней перми и терригенная формация мезозоя. Составлена карта инженерно-геологические формаций пород коренной основы Пермского края с использованием геологической карты Пермской области (Ушков, 2000ф) и материалов по ГДП-200 (рис. 6.3).

Галогенно-карбонатная формация нижней перми (ассельско-артинские отложения) состоит из двух типов: западного – известняково-доломитового, с подчиненными прослоями гипсов и ангидритов мощностью до 300 м и восточного с преобладанием органогенных известняков и песчано-глинистых отложений мощностью 200-400 м. В западной части Предуралья краевого прогиба развиты рифовые известняки песчано-глинистые отложения.

В верхней части разреза (кунгурский ярус) повсеместны прослои гипса и ангидрита мощностью 80-100 м, галит, карналлит и другие легкорастворимые соли. Доломиты и известняки представлены хемогенными и органогенными разностями, в различной степени пористыми и кавернозными. В невыветрелом состоянии это крепкие, прочные, массивные и толстослоистые породы с временным сопротивлением раздавливанию около $1000 \cdot 10^5$ Па, (у пористых доломитов – $250 \cdot 10^5$ Па); пористость не превышает 15-20 %, у известняковистых доломитов – до 40 %. Известняки представлены хемогенными и органогенными, кремнистыми и доломитизированными разностями, кавернозными. По прочности уступают доломитам. Временное сопротивление сжатию невыветрелых кристаллических образцов около $900 \cdot 10^5$ Па, пелитоморфных и оолитовых $350-500 \cdot 10^5$ Па. Мергели имеют сопротивление сжатию от 50 до $400 \cdot 10^5$ Па, которое повышается с увеличением карбонатности и обладают высоким водопоглощением пород и быстро разрушаются многократном при замораживании.

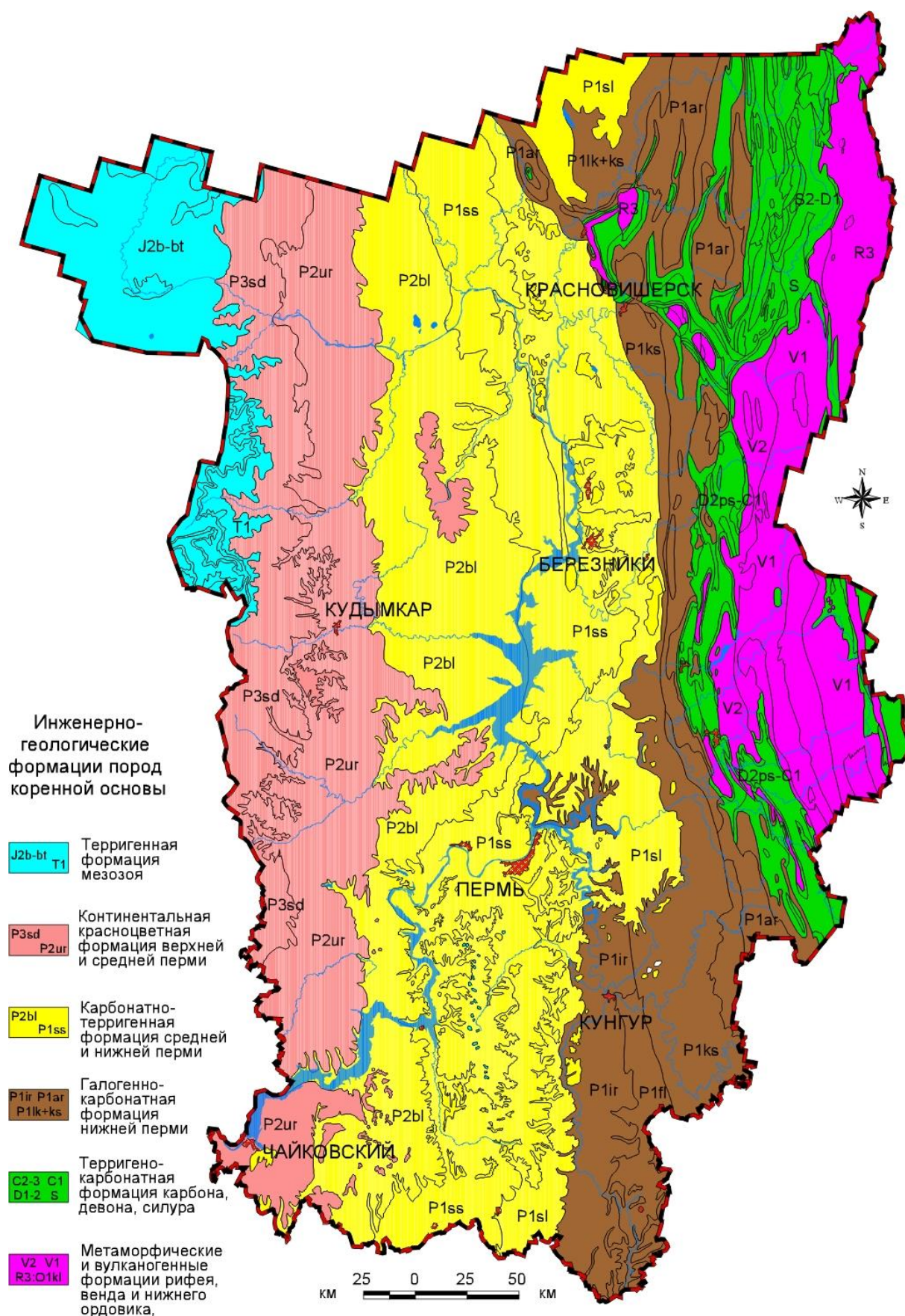


Рис. 6.3. Инженерно-геологические формации пород коренной основы

Гипсы имеют временное сопротивление сжатию от 5 до $15 \cdot 10^5$ Па, ангидриты – о $1000 \cdot 10^5$ Па. Для калийных и каменных солей более характерна пластическая деформация, чем хрупкое разрушение.

Карбонатно-терригенная формация средней и нижней перми (уфимские и казанские отложения) представлена глинами, алевролитами, аргиллитами, песчаниками с прослоями мергелей и известняков общей мощностью 300-500 м. Глины карбонатные и аргиллитоподобные имеют наибольшее распространение, имеют твердую и полутвердую консистенцию, характеризуются высокой плотностью, которая увеличивается с глубиной, модуль общей деформации изменяется от 130 до $300 \cdot 10^5$ Па. Песчаники мелко- и среднезернистые с глинисто-известковым цементом, часто косослоистые, различные по плотности и крепости. Объемная масса скелета до $2,5 \text{ г/см}^3$, естественная влажность 5-11 %, водопоглощение 3-10 %, временное сопротивление раздавливанию неветрелых разностей до $800 \cdot 10^5$ Па, модуль общей деформации до $400 \cdot 10^5$ Па.

Континентальная красноцветная формация верхней и средней перми (северодвинские и уржумские отложения) имеет преимущественное распространение и представлена глинами, алевролитами и песчаниками с подчиненными прослоями аргиллитов, мергелей и известняков (преимущественно в низах разреза) с общим увеличением мощности (и уменьшением карбонатности) с запада на восток от 100 до 400 м. По физическим свойствам глинистые и опесчаненные породы весьма неоднородны. Угол внутреннего трения изменяется от 17 до 21° , число пластичности глин от 7 до 44 %, плотность от $1,8$ до $2,3 \text{ г/см}^3$. модуль общей деформации от 50 до $200 \cdot 10^5$ Па. Глины подвержены интенсивному выветриванию, что проявляется на их физических свойствах – уменьшается плотность, возрастает пористость, влажность, ускоряется размокание; мощность зоны выветривания колеблется от 5 до 10 м. Алевролиты выветриваются медленнее, мощность зоны выветривания в них не превышает 3-4 м, у песчаников еще меньше – 0,3-0,4 м. На участках повышенной тектонической трещиноватости глубина зоны выветривания для всех литологических разно-

стей возрастает (Копылов и др., 2001ф; [150]).

Терригенная формация мезозоя распространена на северо-западе территории. Триасовые отложения залегают на размытой поверхности верхне-пермских отложений. Представлены нижнетриасовой пестроцветной терригенной формацией сложенной глинами, алевролитами, алевролитами песчаниками с прослоями гравелитов и конгломератов, мощностью до 140 м. Юрская отложения трансгрессивно залегают на отложениях нижнего триаса. Представлены песками с подчиненными прослоями глин, алевролитов, алевролитов и гравийных галечников в составе байосского и батского ярусов мощностью до 77 м (Ушков, 2008ф). В верхней части разреза породы формации сильно выветрелые и трещиноватые, прочностные свойства не высокие.

В пределах **Предуральского региона** выделяются также терригено-карбонатная формация нижнего карбона, угленосная формация нижнего карбона, карбонатная формация среднего и верхнего карбона. Породы этих формаций обладают достаточно хорошими прочностными свойствами у невыветрелых разностей и в местах отсутствия трещиноватых зон.

В пределах **Горноскладчатого Урала** выделяется большое разнообразие горных пород и большое количество геологических формаций: метаморфические и вулканогенные формации рифея, венда и нижнего ордовика, карбонатная и терригенная формации силура, терригенная красноцветная формация нижнего и среднего девона, терригено-карбонатная формация среднего девона, флишевая формация среднего карбона, угленосная формация нижнего карбона, карбонатные формации карбона и нижней перми. Осадочные, вулканогенные и метаморфические горные породы этих формаций характеризуются высокими прочностными свойствами и являются надежным основанием для сооружений (Печеркин, Шимановский и др., 1990ф), Грязнов, 2017 [65]. Все эффузивные породы обладают высокими прочностными свойствами. Даже у значительно выветрелых порфиритов временное сопротивление сжатию в среднем превышает 50 МПа, характерна малая пористость (1-3 %), небольшая величина водопоглоще-

ния (0,3-0,8 %). Вулканоогенно-осадочные породы (туффиты, туфы и др. отличаются большой пористостью (в среднем 10 %), значительной величиной водопоглощения (3-5 %) меньшими показателями сопротивления одноосному сжатию (до 95 МПа). Наибольшей прочностью обладают породы габброидной формации, физико-механические свойства которых зависят от степени воздействия на них процессам выветривания. Незатронутые выветриванием разности обладают малой пористостью (от 2,68 до 2,98 %), малым водопоглощением (в среднем 0,23 %), высокими показателями прочности (предел прочности на сжатие более 120 МПа, достигая значения 250 МПа). У выветрелых разновидностей эти показатели снижаются, величина пористости возрастает до 9,21 % (от 6,7 до 12,32%), водопоглощения – до 0,31 %, предел прочности на сжатие снижается до 93,5 МПа. Наименее прочными горными породами являются сланцы. В поверхностных зонах до глубины 5-6 м породы интенсивно трещиноваты. Сланцы, как правило, имеют сланцевато-чешуйчатую текстуру. Вдоль зон тектонической трещиноватости и рассланцевания развиваются коры выветривания линейного типа, мощность которых достигает десятков метров. Сланцы являются малопрочными породами ($R_c=10-15$ МПа). Большинство сланцев относится к малопрочным породам (R_c не превышает 2-5 МПа). Значения пористости колеблются в широких пределах (от 6,3 до 22,8 %), при средних значениях 10-11%. Отмечается склонность сланцев к пучению за счет их пластических свойств, что приводит к деформации крепи при проходке горных выработок. Высокими прочностными показателями отличаются кварцевые альбитофиры ($R_c=100$ МПа). Все скальные породы сильно трещиноваты, водопроницаемы и не могут защитить подземные воды от загрязнения (Глазырина и др., 1998ф), [65].

6.2. Стратиграфо-генетические комплексы

Из стратиграфо-генетических (геолого-генетических) комплексов на рассматриваемой территории наиболее широко распространены следующие: элю-

виальные, делювиальные, аллювиальные, озерные, болотные, ледниковые, флювиогляциальные и сложно построенные комплексы из разных генетических типов (полигенетические, элювиально-делювиальные, озерно-аллювиальные, озерно-болотные и др.).

На рис. 6.4. представлена карта геолого-генетических комплексов Пермского края, составленная с использованием карты четвертичных отложений Урала (Лидер, 1965), карты четвертичных отложений Пермской области (Ушков, 2000ф) и материалов по ГДП-200 (рис. 6.4).

Инженерно-геологическое и гидрогеологическое значение рыхлых отложений для решения вопроса охраны геологической среды очень большое, т.к. они широко распространены на поверхности. Среди рыхлых максимально развиты отложения, сформировавшиеся в субаэральных условиях. Это отложения склонового ряда. Они перекрывают более древние образования, выполняют понижения рельефа. Возраст их средне- и верхнеплейстоценовый и голоценовый. Динамику склоновых процессов контролируют геолого-генетические комплексы, сформировавшиеся в субаквальных условиях, т.е. отложения, образовавшиеся в водной среде (аллювиальный, озерно-болотный).

Геолого-генетический комплекс ледниковых отложений (днепровская морена) развиты на северо-западе Пермского края. Ледниковые отложения встречаются на водоразделах, реже склонах, залегают на породах мезозоя или верхней перми, и перекрываются флювиогляциальными отложениями. Отложения представлены в основном суглинками, реже супесями, темными плотными вязкими неслоистыми глинами с включением галек и мелких валунов, валунными суглинками; мощность отложения 5-10 м (до 40-50 м на водоразделе Северной и Южной Кельтмы). Морены обладают высокой плотностью и находятся в твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции. Значения значения модуля общей деформации $130-300$ (до 600) $\cdot 10^5$ Па, поэтому они являются устойчивыми с низкой и средней степенью сжимаемости грунтами. Моренные суглинки являются практически водоупором.

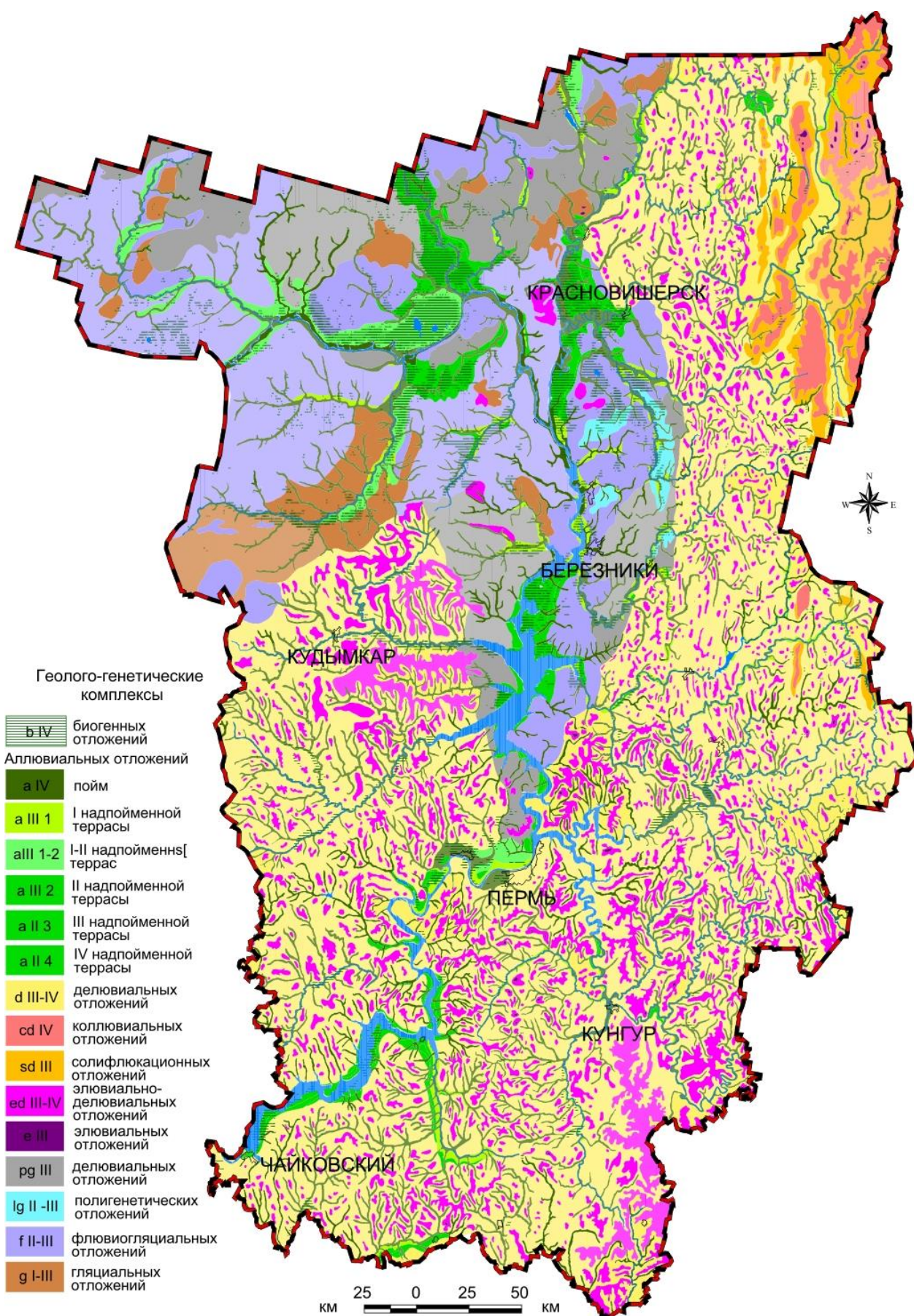


Рис. 6.4. Геолого-генетические комплексы

Геолого-генетический комплекс флювиогляциальных отложений

(среднечетвертичные образования днепровского оледенения) развиты на севере и северо-западе Пермской области, слагают зандровые равнины, окаймляющие с внешней стороны области распространение одновозрастных ледников, где они плащеобразно покрывают склоны долин, междуречные пространства и залегают моренно-ледниковых или коренных породах. Они представлены полевошпатово-кварцевыми песками светло-желтыми, различной зернистости (от тонких до грубых), сортированности и глинистости, преимущественно плотного и среднеплотного сложения, содержат гравий, гальку и мелкие валуны; мощность отложений обычно на водоразделах и склонах долин 0,5-4,5, в пониженных участках рельефа, где они часто переотложены – до 10-25 м [92, 417]. Фильтрационные свойства различные, могут достигать значительных величин. Коэффициент фильтрации (K_f) флювиогляциальных песков составляет 0,1-0,5 (до 20) м/сут.

Геолого-генетический комплекс полигенетических отложений (средневерхнечетвертичные образования) образовались в результате делювиальных, аллювиальных, эоловых, ледниковых процессов. Они широко распространены на севере области и обычно покрывают склоны долин, междуречные пространства и поверхности III и IV надпойменных террас. Они представлены алевритистыми и песчанистыми красно-буро-коричневыми очень плотными глинами и лессовидными суглинками с характерной столбчатой отдельностью; мощность отложения 2-5 (до 15) м. Суглинки представлены легкими и средними, реже тяжелыми пылеватыми, хорошо отсортированными разностями, часто макропористыми, нередко известковистыми, изредка просадочными; консистенция обычно полутвердая, реже тугопластичная и твердая. При оценке в качестве основания сооружений их следует рассматривать как обычные глинистые грунты (Печеркин, Шимановский и др., 1990ф).

Геолого-генетический комплекс аллювиальных отложений (средневерхнечетвертичные и современные образования) широко распространен в до-

линах р.Камы и ее притоков, представлены песками, супесями, суглинками с включением гравия и гальки. Общая мощность аллювия в долинах небольших рек 0,5-5 м, в долинах более крупных рек 10-25 м. В переуглубленных участках долин, где нижние горизонты аллювия имеют неогеновый возраст, мощность аллювия достигает 60-80 м (долина р. Камы у Соликамска Березников). Несущая способность, физико-механические свойства аллювиальных отложений зависят от литологического состава, от фациальной принадлежности, возраста и глубины их залегания. У глин и суглинков среднеплейстоценового перигляциального аллювия величина объемной массы скелета в среднем $1,5-1,7 \text{ г/см}^3$, а у пойменных осадков голоцена – $1,3-1,5 \text{ г/см}^3$. В целом, для аллювиальных отложений наихудшими инженерно-геологическими характеристиками обладают старичные глинистые грунты. Преобладающее значение модуля общей деформации для тонкозернистых и пылеватых песков пойменного аллювия выше – $120-130 \cdot 10^5 \text{ Па}$, для мелко- и среднезернистых песков пляжевой и пристрежневой фации – $160-300 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Фильтрационные свойства зависят от гранулометрического состава. Коэффициент фильтрации песков (в аллювии рек Камы, Косы, Уролки) составляет 0,02-3,7, гравийно-галечных толщ – до 28,5 м/сут. В нижнем течении Камы для суглинков и супесей характерны наиболее высокие значения K_f – от 0,01 до 0,8; для песков – от 0,4 до 97,0; для галечников – от 45 до 208 м/сут [417].

Геолого-генетический комплекс золых отложений (верхнечетвертичные и современные образования) распространены в долине р.Камы и ее притоков в виде дюнно-барханных песков, полосой шириной 200-300 м (в районе г. Перми), мощность их от 2-3 до 12 м. Пески светло-серого и желтовато-серого цвета, однородные, кварцевого и полевошпатово-кварцевого состава, мелко и тонкозернистые. Сложение песков среднеплотное, коэффициент пористости около 0,6, плотность скелета $1,6-1,7 \text{ г/см}^3$, сцепление 0,003, угол внутреннего трения $3-40^\circ$, коэффициент фильтрации (K_f) – от 0,5 до 7,4 м/сут (Костарев, 1989ф., Степанов и др., 1994ф.).

Геолого-генетический комплекс элювиально-делювиальных отложений (верхнечетвертичные и современные отложения) занимает большие площади, почти сплошным чехлом покрывает склоны и водораздельные пространства. Мощность зависит от рельефа местности и составляет в среднем 0,5-2 (до 20) м. Состав и окраска зависит от подстилающих пород. Элювий-делювий аргиллитов, алевролитов представлен глинами и суглинками с дресвой и щебенкой коренных пород; песчаников - супесями с дресвой и щебенкой песчаников; магматических и метаморфических пород - дресвяно-щебенистыми накоплениями с суглинистым, супесчаным, реже песчаным заполнителем. Для отложений характерен большой диапазон физико-механических свойств. По гранулометрическому составу – это суглинки от легких до тяжелых. В естественном состоянии суглинки имеют полутвердую или тугопластичную консистенцию, а по степени насыщенности пор водой относятся к очень влажным грунтам, пористость их достаточно высокая. В целом, отложения пригодны для различных видов строительства, допустимая нагрузка составляет $2,5 \cdot 10^5$ Па. Породы на склонах находятся в неустойчивом положении. Фильтрационные свойства различные, но обычно низкие, K_f – от 0,07 до 7,8 м/сут.

Геолого-генетический комплекс озерно-болотных отложений (верхнечетвертичные и современные образования) приурочены к долинам и поймам рек или самостоятельно выстилают впадины в рельефе. Отложения представлены оторфованными суглинками, глинами, супесями, торфами, илами с линзами песков. Последние содержат грунтовые воды типа верховодки. На водоупорных грунтах развиваются болота. Коэффициент фильтрации равен 0,1-0,5 м/сут. Комплекс озерно-болотных отложений от озерных отличает присутствие мощных торфяных залежей средней мощности около 1-2 м, в отдельных понижениях до 5-7 м. Торфяные отложения залегают на зеленовато-серых или темно-зеленых иловатых глинах, мощность которых не постоянна, они выполняют неровности ре-

льефа. Отложения характеризуются высокой влажностью, достигающей у торфов до 500-1000 % (весовая влажность по отношению к сухой навеске), они практически всегда полностью насыщены водой; величина сцепления торфа 0,1-0,2 МПа, плотность минеральной части до 2 г/см³, обладают высокой пористостью, очень высокой сжимаемостью и поэтому могут привести к значительным неравномерным осадкам возводимых сооружений.

6.3. Техногенные комплексы

Техногенные комплексы (современные отложения) – особый вид грунтов. Это могут быть строительные насыпные грунты, представленные суглинками, супесями, дресвой, иногда с техногенным крупнообломочным материалом в пределах городских и промышленных агломераций и промышленные грунты – отходы наземной и подземной разработки месторождений полезных ископаемых (дражные отвалы, золоотвалы, насыпи, терриконы и т.д.). Мощность различная, от 0,5-2 до 50 и более метров. Коэффициент фильтрации (K_f) техногенных грунтов колеблется в больших пределах (от 0,05 до 5-8 м/сут). Инженерно-строительные свойства также различные.

Согласно классификации В.Д. Ломтадзе [283] и М.С. Захарова [85] выделяются следующие группы пород: скальные – С, полускальные – ПС, мягкие связные – МС, рыхлые несвязные – РН и породы особого состава и свойств – ОСС. Три последние разновидности объединены в геолого-генетические комплексы, расчленение пород на скальные и полускальные проведено по показателю временного сопротивления сжатию.

На восточной окраине Русской платформы с инженерно-геологической точки зрения распространены породы типа: СПС – 60%, МС+СПС – 25%, РН+СПС – 10%, ОСС+СПС – 5%. Мощность четвертичных отложений редко превышает 5,0 м. Преобладают породы карбонатной, галогенно-карбонатной формаций. Коры выветривания практически отсутствуют. В пределах Западно-

Уральского региона мощность четвертичных отложений не превышает 5,0м. Развита порода в основном карбонатной, реже терригенной формаций. Отмечается слабое развитие кор выветривания и чрезвычайно широкое развитие карста. Преобладают отложения типа: СПС – 70%, МС+ОСС+СПС – 15%, РН+СПС – 10%, ОСС+СПС –10%.

Центрально-Уральский регион — наиболее приподнятая часть Урала. Большая степень расчлененности рельефа способствует интенсивному развитию здесь разнообразных склоновых процессов. Мощность четвертичных отложений редко превышает 2-3 м. Отмечается преимущественное развитие пород метаморфической формации. Коры выветривания практически отсутствуют. В целом преобладают породы типа: СПС – 80%, МС+СПС – 10%, РН+СПС – 5%, ОСС+СПС – 5% (Глазырина и др., 1998ф; Коноплев, Копылов, 2005ф), [65].

Глава 7

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Геологические и физико-географические условия Пермского Урала и Приуралья определяют многообразие геологических процессов и различную интенсивность их проявления. Существует много классификаций геодинамических, геологических процессов и физико-геологических явлений. На основе наиболее распространенных классификаций Ф.П. Саваренского (1937), Е.М. Сергеева (1978) [365], В.И. Осипова и А.И. Шеко [329] и учитывая специфику региона разработана классификация геологических процессов для Пермского региона (табл. 7.1).

В Пермском крае современные геологические процессы представлены, как эндогенными, так и экзогенными процессами. Здесь рассматриваются в основном региональные геологические – инженерно-геологические процессы. Под инженерно-геологическими процессами понимаются процессы, происходящие под влиянием геологических и других природных факторов, влияющие на состояние геологической среды и размещаемых в этом пространстве инженерных сооружений [225].

7.1. Эндогенные геологические процессы

В результате перехода на новую геологическую парадигму – тектонику литосферных плит [6, 256, 348, 409], многие геологические науки в т.ч. – инженерная геология пересматривают свои теоретические и методологические основы, в которых рассматривают аспекты, связанные с анализом и моделированием геодинамических обстановок, формированием природных и техногенных геологических систем.

Таблица 7.1

Классификация геологических процессов Пермского региона

(по А.И. Шеко, А.М. Лехатинову с добавлением)

Группы	Классы	Подклассы	Типы
Эндо- генные	Связанные с литосферными процессами, современной геодинамикой, неотектоникой	Дифференцированные движения блоков земной поверхности, обусловленные неотектонической активностью	Медленные вертикальные и горизонтальные смещения без колебания (сотрясения) пород. Быстрые вертикальные и горизонтальные смещения с колебанием (сотрясения) пород (землетрясения)
	Связанные с действием климатических факторов	Выветривание	Дезинтеграция пород, образование каменных россыпей
Экзо- генные	Связанные с действием силы тяжести	Движение с потерей контакта со склоном	Обвалы, осыпи
		Движение без потери контакта со склоном	Оползни, снежные лавины
	Связанные с действием поверхностных вод	Работа водотоков	Склоновый смыв, эрозия, оврагообразование, затопление
		Работа озер	Переработка берегов
	Связанные с действием подземных вод	Выщелачивание	Карст
		Механический вынос	Суффозия
		Подъем уровня грунтовых вод в выработке	Подтопление, выброс воды
	Связанные с действием поверхностных и подземных вод	Водонасыщение почвенно-растительного горизонта	Заболачивание
	Связанные с промерзанием и протаиванием пород	Промерзание горных пород	Пучение, криогенное трещинообразование, наледообразование
		Протаивание горных пород	Термокарст, термоэрозия, термооползни, солифлюкция
		Высокоамплитудное колебание суточно-сезонных температур горных пород	Курумообразование, десерпция, дефлюкция
	Связанные с действием многих факторов на берегах водохранилищ	Работа ветровых и судовых волн. Колебание уровней воды. Комплекс климатических и геодинамических факторов	Переработка берегов: разрушение, эрозия, обвалы, оползни, аккумуляция абразионного материала, заболачивание, всплывание торфяников и формирование биогенных берегов, подтопление, карст, суффозия, золотые процессы и др.

В.Т. Трофимов (2010) сформулировал идею о необходимости нового этапа в развитии инженерной геологии, в котором должно быть исследовано полное глобальное многообразие всех объектов инженерной геологии, рассмотрены задачи этой науки, вытекающие из парадигмы тектоники плит. Также обращает внимание на необходимость инженерно-геологического анализа различных внутриплитных явлений – планетарной трещиноватости, глубинных разломов, кольцевых структур и других подобных явлений, известных в геотектонике и геодинамике [5, 6, 8, 19, 20, 22, 88, 376, 386, 104, 420, 421], но которые пока слабо увязываются с решением инженерно-геологических проблем [395, 401]. Более подробно рассмотрены вопросы оценки геодинамического состояния блочных массивов горных пород в инженерно-геологических и экологических целях [15].

Для территории Пермского Урала и Приуралья характерно дифференцированное проявление эндогенных процессов. Эндогенные процессы (сейсмичность, разрывные структуры, связанные с литосферными процессами и обусловленные неотектонической активностью – геодинамическими активными зонами) частично рассмотрены, выше в главе 2.

Эндогенные процессы – неотектонические движения и современная геодинамика играют одну из основных ролей при определении геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий. Состояние природно-геологической среды зависит от многих факторов, и контролируется, прежде всего, геодинамическими условиями, обусловленными глубинным строением земной коры и степенью активности современных тектонических движений. В строении земной коры выделяются два основных геодинамических элемента – относительно монолитные геоблоки со стабильным неотектоническим режимом и геодинамические активные зоны со значительно более высокой мобильностью неотектонических движений. Поэтому, при характеристике геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий важно выделить эти геоблоки и определить

степень геодинамической (неотектонической) активности, которая отражается на формировании морфоструктур, геохимических, геофизических полей, водоносных зон, геопатогенных аномалий, в увеличении диапазона экзогенных геологических процессов, физико-механических свойств грунтов, на степени инженерной устойчивости территории, на сейсмичности территории.

К мощному фактору формирования инженерно-геологических условий территорий, который часто играет ведущую роль среди многих природных факторов, можно отнести геодинамические активные зоны (или просто – геоактивные зоны) – участки земной коры, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью коры, повышенной трещиноватостью, проницаемостью, и, как следствие, проявлениями разрывной тектоники, сейсмичности и других процессов в т.ч. – инженерно-геологических, геоэкологических, гидрогеологических [169, 193]

Разработанные автором и др. специальные методики для оценки геодинамической (неотектонической) активности территорий – морфонеотектонический и линеаментно-геодинамический анализы на основе аэрокосмогеологических исследований – АКГИ позволяют достаточно надежно устанавливать геоактивные зоны различных уровней – от региональных (с площадями в сотни и тысячи км²) до локальных (с площадями менее 1 км²), особенно при комплексировании с другими методами [149, 193, 229, 281].

На территории Урала и Приуралья линеаментно-геодинамическим и морфонеотектоническим анализом выделены 17 региональных, 60 зональных, а также сотни локальных геоактивных зон (рис. 3.4). Установлена их тесная пространственная и статистическая корреляционная связь с различными геохимическими, геофизическими и гидрогеологическими аномалиями. Сделан вывод о необходимости учитывать их при разработке критериев интегральной оценки геоэкологического состояния территорий, проведения инженерно-геологических исследований и оценки территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций.

В пределах зон с наиболее высокой активностью и высокой плотностью линеаментов отмечается повсеместное проявление инженерно-геологических процессов, в условиях техногенеза растет их интенсивность, наблюдается ухудшение физико-механических свойств грунтов. Приведем некоторые примеры.

В районах разработки нефтегазовых месторождений Приуралья пространственный анализ и сопоставление геоактивных зон и линеаментов с результатами инженерно-геологических изысканий показал на закономерное изменение состояния геологической среды и ее параметров в пределах локальных геоактивных зон по сравнению с другими участками. В пределах этих зон отмечается ухудшение физико-механических свойств грунтов; в инженерно-геологических скважинах на этих участках установлено наличие торфов увеличенной мощности, мягко- и текучепластичных суглинков и глин, наличие водонасыщенных песков, увеличение трещиноватости скальных грунтов; увеличение интенсивности проявления инженерно-геологических процессов (особенно – заболачивания, пучения грунтов, карста, суффозии, эрозионных процессов), что в целом характеризуются менее благоприятной степенью сложности инженерно-геологических условий. Установлено, что практически все ЧС природного и природно-техногенного характера на нефтегазопроводах в Приуралье происходили и происходят в пределах зон повышенной геодинамической активности, что четко подтверждает факт влияния геодинамического фактора на условия эксплуатации нефтегазопроводов [149, 213, 230, 305, 306, 377, 378]. Аналогичный вывод сделан многими исследователями практически во всех нефтегазоносных регионах России [81, 106, 169, 258, 268, 279, 317].

При инженерно-геологическом анализе Кизеловского угольного бассейна (КУБ), который в настоящее время рассматривается, как район экологического бедствия из-за сильного загрязнения окружающей среды шахтными водами, изучено влияние геодинамической активности на инженерные свойства грунтов на примере площадок проектируемых очистных сооружений. На промплощадке

шахты им. 40 лет ВЛКСМ корреляционный анализ между показателями физико-механических свойств грунтов и тектонической трещиноватости показал их тесную взаимосвязь, особенно для полускальных грунтов. По величине коэффициентов корреляции наибольшая взаимосвязь с плотностью тектонической трещиноватости выявлена между влажностью грунтов $r_p=0,60$, коэффициентом пористости (e) $r_p=0,56$, плотностью сухого грунта (p_d) $r_p=-0,56$, плотностью грунта (p) $r_p=-0,51$, пределом прочности в водонасыщенном состоянии $r_p=-0,43$, пределом прочности в сухом состоянии $r_p=-0,42$. Тем самым доказано влияние неотектоники и современной геодинамики на ухудшение свойств пород, увеличении степени влажности и в целом – влияние их на строительные условия [149].

На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС), достаточно хорошо изученном в структурно-тектоническом отношении [270, 405, 413], выполнен линеаментно-геодинамический анализ (на площади 4,7 тыс. км² проведены зональные АКГИ масштаба 1:100 000, выделены 1801 тектонических линеаментов, установлены 61 геоактивных зон с площадями от 0,2 до 16 км² с чрезвычайно высокой плотностью линеаментов, опасных для производства горных работ) [136] и проведено сопоставление локальных геоактивных зон и линеаментов с данными инженерно-геологических изысканий. Анализ показал на приуроченность к этим зонам экзогенных геологических процессов (усиление карстово-суффозионных процессов, оврагообразования, оползней, береговой и склоновой эрозии и др.). Также, в пределах геоактивных зон отмечается значительное ухудшение физико-механических свойств грунтов. Крупномасштабное инженерно-геологическое районирование масштаба территории Усть-Яйвинского участка ВКМКС и детальное инженерно-геологическое районирование основной промышленной площадки показывает, что на участке локальной геоактивной зоны, зафиксирована наибольшая мощность рыхлых образований, а в инженерно-геологических скважинах установлено наличие мягко- и текучепластичных грунтов в отличие от других

участков. В целом этот участок характеризуется менее благоприятной степенью сложности инженерно-геологических условий [135].

Детальные аэрокосмогеологические исследования (АКГИ) проведены на Талицком участке ВКМКС [223]. По результатам комплексного геолого-геофизического, линеаментно-блокового, линеаментно-геодинамического и морфонеотектонического анализов составлялись карты, где выделялись локальные блоки, зоны и участки повышенной трещиноватости, соответствующие геоактивным зонам. Некоторые из них (в северной части участка) имели очень хорошую пространственную сходимость с зонами разуплотнения по гравиметрии и с зонами сильной проницаемости по электроразведке (рис. 7.1). По комплексу критериев геодинамической оценки проведено геоинформационное моделирование и составлена карта аномальности геодинамического состояния, данные которой были учтены при проектировании горных работ на новых участках [223].

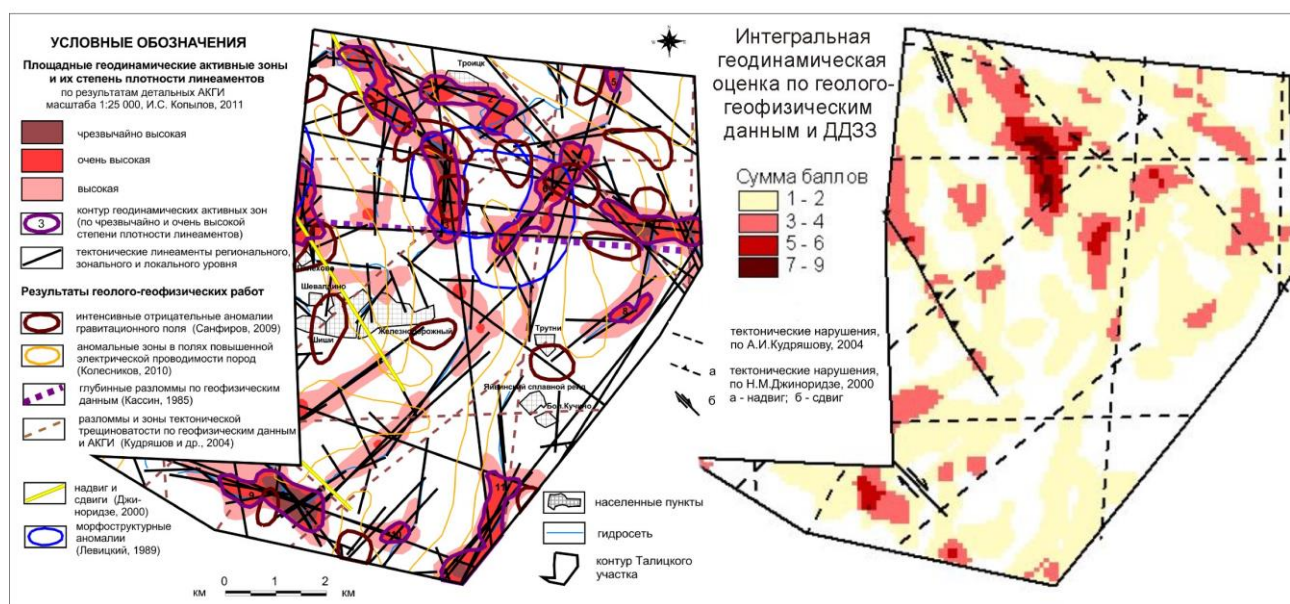


Рис. 7.1. Геодинамические активные зоны и интегральная геодинамическая оценка Талицкого участка по геолого-геофизическим данным и АКГИ [223]

7.2. Экзогенные геологические процессы

Экзогенные геологические процессы (ЭГП) на территории Пермского края имеют широкое развитие, их классификация приведена в табл. 7.1.

Ниже рассматриваются группы природных ЭГП, имеющих наибольшее распространение на рассматриваемой территории: ЭГП климатического и ветрового характера (выветривание, эоловые процессы); ЭГП геоморфологического (гравитационного) характера (осыпи, обвалы, курумы, оползни, солифлюкция лавины); ЭГП связанных с действием преимущественно подземных вод (карст, суффозия, заболачивание); ЭГП связанных с эродирующим действием поверхностных вод (речная, склоновая и овражная эрозия); ЭГП побережий камских водохранилищ (переработка берегов). Автором, совместно с Е.А.Ерофеевым в 2000 г. на основе большого априорного и собственного фактографического материала составлена карта ЭГП Пермского края масштаба 1:500 000 (рис. 7.2), которая в настоящее время дополнена новыми данными.

Группа ЭГП геоморфологического (гравитационного) характера

В этой группе процессов, следует выделить прежде всего склоновые гравитационные процессы: обвалы, осыпи, оползни, курумы, солифлюкция, оползни, и лавины. Гравитационные процессы наиболее всего характерны для восточной (горно-складчатой) части Пермского края, где значительная относительная высота склонов (более 600-800 м) и геологическая молодость отдельных морфоструктур предопределили почти повсеместное развитие обвально-осыпных процессов.

Обвалы – отделение массы горных пород на крутом склоне. В горной части области встречаются исключительно только на крутых склонах речных долин, где под действием русловых процессов создаются почти вертикальные

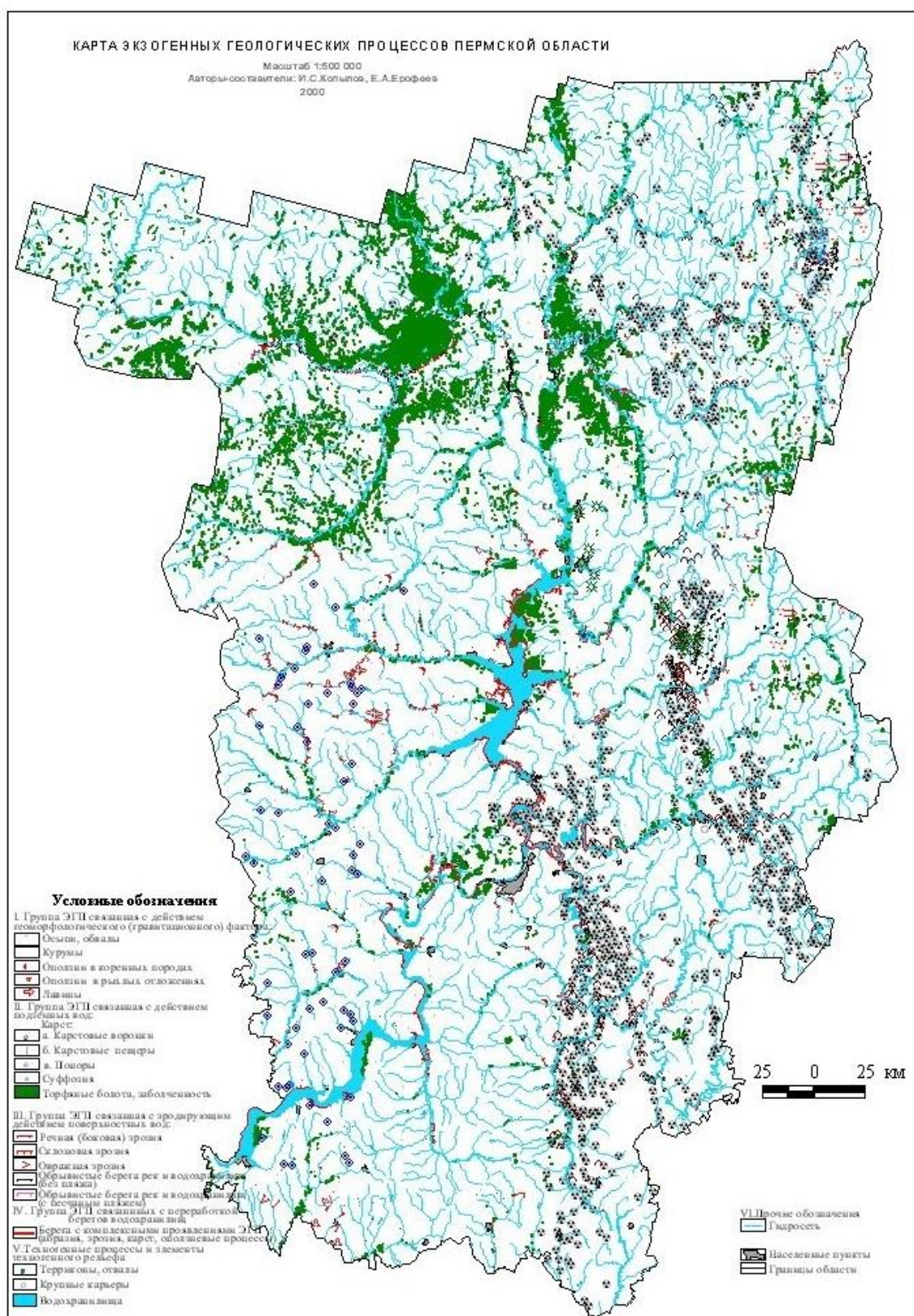


Рис. 7.2. Карта экзогенных геологических процессов территории Пермского края (И.С. Копылов, Е.А. Ерофеев, 2000 с дополнениями)

уступы, деформирующиеся при достижении критических значений их устойчивости. На платформенной части обвально-осыпные процессы распространены в гораздо меньших масштабах. Они наиболее активно развиты в пределах слонов долин рек, протекающих в районе приподнятой денудационной равнины Уфимского плато (это реки Сылва, Ирень, Кишертка и др.). Развитие процесса обвалов объясняется несколькими причинами: во-первых, наличием горных пород с жесткими связями (доломиты, известняки, песчаники и т.д.); во-вторых, значительной крутизной склонов ($75-85^\circ$) и высотой до 80-100 м. Как отмечает И.М.Васьков (2016) основной причиной, приводящей к обрушению склонов с образованием катастрофических обвалов разных типов, являются современные тектонические движения отдельных блоков пород по надвигам и пологим всбросам [32].

Осыпи – накопления, образующиеся при скатывании со склонов обломков различного размера. Средние и нижние части склонов таких хребтов, как Тулымский Камень, Ишерим, Муравьиный Камень, Уральский, а также отдельных вершин гольцового типа с абсолютными отметками, превышающими 800-900 м, покрыты сплошным чехлом осыпей мощностью до 10-15 м в основании с размером обломков до 1,5-2,0 м. Данные образования представлены элювием местных пород, формированию которого способствует сочетание активного физического выветривания с большой крутизной склонов ($60-80^\circ$). Осыпи меньших размеров часто располагаются ниже (по склону) многочисленных обнажений, встречающихся повсеместно на Западном склоне Урала, в долинах рек Вишеры, Молмыса, Язьвы, Чусовой и других.

Курумы представляют собой скопления крупных обломков горных пород («каменные моря», «каменные реки»). Строение их, как правило, двухслойное – вверху глыбы, ниже щебень, дресва, песок. Размеры курумов разнообразны – от десятков до сотен м^2 по площади и до 1 км в длину («каменные реки»). Перемещение осуществляется микродвижениями, обусловленными колебаниями температуры, замерзанием и оттаиванием мелкозёма, содержащегося в них.

Движение курумов вниз по склону зафиксировано Н.Н. Назаровым и др. [311, 312] на хребтах Тулымский Камень, Уральский, Берёзовый, Ишерим по наличию в их передовых частях поваленных и наклоненных деревьев. Курумы располагаются ниже участков интенсивного морозного выветривания на выположенных участках склонов, обычно не круче 25-30°. Курумы многочисленны и хорошо развиты на склонах и террасовых площадках большинства горных хребтов Северного Урала (хр. Тулымский Камень, Уральский, Ишерим и др.). На Среднем Урале курумы редки и развиты у подножья гор Осянки, Басегов. Самой южной точкой их развития являются небольшие фрагменты на восточном склоне южной оконечности Белого Споя.

Солифлюкация - процесс течения верхних слоев грунта с включенным в него обломочных материалов при избыточном насыщении его водой по водонепроницаемому или мерзлomu основанию. Эти процессы протекают под действием силы тяжести совместно с трудно отделяемыми от них процессами сползания, оплывания грунта. Отмечаются на пологих склонах в виде небольших языков-наплывов грунта до 1-2 м в поперечнике. Процесс солифлюкции наиболее выражено проявляется в нижних и средних задернованных частях склонов хребтов и вершин Северного Урала. Солифлюкционные процессы приводят к образованию специфических форм (состоящих из мелкозёма), в виде натечных террас и валиков (в виде извилистых лент, длиной до 20-50 м). Замечено, что на меридионально вытянутых хребтах, солифлюкция в большинстве случаев отмечается на склонах западной экспозиции (хр. Тулымский Камень, хр. Лиственничный, г. Ишерим, и др.). На некоторых участках процессы течения грунта отмечены, даже ниже границы леса – значительные площади редко стоящих низкорослых деревьев представляют собой наклоненный в хаотическом беспорядке лес [311]. Избирательный характер процесса солифлюкции объясняется микроклиматическими особенностями, наблюдающимися на склонах противоположных экспозиций, которые, в отличие от западных, получают меньше солнечной радиации и более сухие. Процесс солифлюкции достаточно

развит, хотя и в меньших масштабах, в равнинной части Пермской области. Наблюдается на склонах балок, оврагов, абразионных уступов и некоторых других элементов рельефа. Солифлюкция проявляется здесь ранней весной, когда оттаявший за день верхний слой грунта смещается по плоскости мерзлых пород параллельно склону.

Оползни – скользящее смещение горных пород на неустойчивых склонах под действием силы тяжести при участии поверхностных или подземных вод. Оползни широко развиты на склонах речных террас. Образованию их способствуют подземные воды, размягчающие глины, по которым сползают водоносные пески и супеси, трещиноватые карбонатные и терригенные породы. Оползни и оползневые массивы встречаются на многих склонах долин рек Предуралья и частично Урала. В большинстве случаев они небольших размеров и, как правило, уже стабилизировавшиеся. Наиболее крупные из них, достигающие иногда более 100 м, приурочены к берегам камских водохранилищ. Пораженность территории крайне неравномерна. Основная часть оползневых массивов наблюдается на правых более высоких и крутых берегах, сложенных породами казанского, уфимского ярусов, реже татарского ярусов. Верхнепермский терригенный разрез в целом благоприятствует развитию, как хрупких деформаций скольжения, так и пластических деформаций выдавливания. Специфика геолого-литологического строения камских побережий (чередование слоёв с различной прочностью в условиях фациальной изменчивости и невыдержанности по мощности и по простирацию, повышенная «глинистость» разреза гидрогеологических условий, сложная система гидравлически связанных и разобщенных слоев линз и пропластков с различной степенью водообильности), своеобразие морфологии древнеоползневого склона и абразионного воздействия на его основе – вот основные компоненты природной среды, в которой прогрессируют современные камские оползни. Крупные оползни и оползневые массивы с шириной захвата 500-700 м зафиксированы не только на берегах, но и на склонах долин р. Камы (выше впадения в неё р. Весляны), Кондаса, Тулвы, Барды и др.

Микро-оползни (оплывины) обычные элементы ландшафтов долин рек и ручьёв, балок, оврагов и т.д., развивающихся рыхлых четвертичных отложениях, широко распространены на склонах с крутизной более 20-30°, свободной от древесной и кустарниковой растительности [311].

Лавины – внезапное обрушение больших масс снега, падающих или скользящих вниз с крутых склонов. Среднегорья Пермского края входят в состав двух районов, отличающихся между собой по вероятности возникновения лавин (Карта лавиноопасных районов СССР – Лосев, 1983). На востоке края, в западной части Среднегорья – расположен район с потенциальной лавиноопасностью, который в настоящее время неопасен. Восточнее расположен район со слабой лавиноопасностью: лавины встречаются в отдельных местах и сходят в многоснежные годы. Причинами возникновения лавин являются большие амплитуды высот (до 900 м), выпадение значительного количества твердых осадков (700 мм и более) и наличие условий для их накопления, определённых форм рельефа (каров), способствующих концентрации движущихся вниз по склону масс снега. Главная особенность лавинопроявлений на территории - их образование лишь на склонах восточной экспозиции, хребтов, занимающих крайне западное положение в системе Уральского горного сооружения (хр. Тулымский Камень, Уральский, Ишерим, Мартай, Ослянка и некоторые другие [311]. Зафиксированные лавины, вернее их тела, располагаются обычно у подножий склонов. Подавляющее большинство случаев схода снега представлено в виде «осовов», с протяженностью по фронту 50-200 м. Наличие «цирков» на вершинах этих хребтов приводит к аккумуляции снега и играет роль естественных лавиносборов. При сходе лавин ниже воронки «цирка» происходит концентрированное движение снега по эрозионному понижению. Такие «лотковые» лавины встречаются гораздо реже, но по массе снесенного материала и длине пути намного превосходят фронтальные «осовы». Такие лавины, имеющие длину пути 500-600 м и впечатляющие размеры, зафиксированы в истоках правых притоков р. Б.Мартайки, берущих свое начало с хребта Мартай, а также

правого притока р. Мойвы, берущего начало с хр.Ишерим. Для подветренных склонов (восточной экспозиции) передовых хребтов западного склона Урала и некоторых хребтов центральной его части, характерно наличие снежного покрова мощностью до 2-4 м. Напротив, склоны западной экспозиции этих же хребтов, а так же горные сооружения, находящиеся восточнее (20-30 км) в зоне ветровой и снеговой тени остаются в течении всего зимнего периода практически без снега: хр.Чистоп (1292м), хр. Хоза-Тумп (1007м), Уральский хребет (1410м), Ольвинский камень (1569м), Конжаковский камень (1569м).

Группа ЭГП связанных с действием подземных вод

В эту группу ЭГП входят, прежде всего, карст, суффозия и заболачивание. Наибольшее распространение в Пермском крае получили процессы карстообразования.

Карст. По определению Г.А. Максимовича [289] «карст – это процесс химического и отчасти механического воздействия подземных и поверхностных внеусловных вод на растворимые, проницаемые горные породы (карбонаты, гипс, ангидрит, соли и т.д.). В результате возникают поверхностные и подземные скульптурные, а при выпадении из раствора, обрушении – аккумулятивные формы». Это собственно геохимический процесс взаимодействия относительно хорошо растворимых пород с природными водами, проявляющийся, как и другие экзогенные процессы, в разрушении горных пород, главным образом растворении (в меньшей степени – эрозии, выветривании) и переносе продуктов разрушения (в растворенном состоянии, а также механическим путём) и отложении осадков как хемогенных, так и обломочных.

Районирование карста Урала (включая Пермский регион) впервые проведено Г.А. Максимовичем и К.А. Горбуновой (1958), далее она дополнялась этими же авторами и другими исследователями. В данном разделе описание карстовых процессов производится в соответствии с этой схемой с уточнения-

ми. Представленная схема при последующих исследованиях (Байдин, Назаров, 1985ф; Назаров, 1996 [309]) была несколько расширена, с выделением новых карстовых районов и уточнения положения их границ. Современное районирование карста приведено в Атласе Пермского края [7], выглядит следующим образом (рис. 7.3).

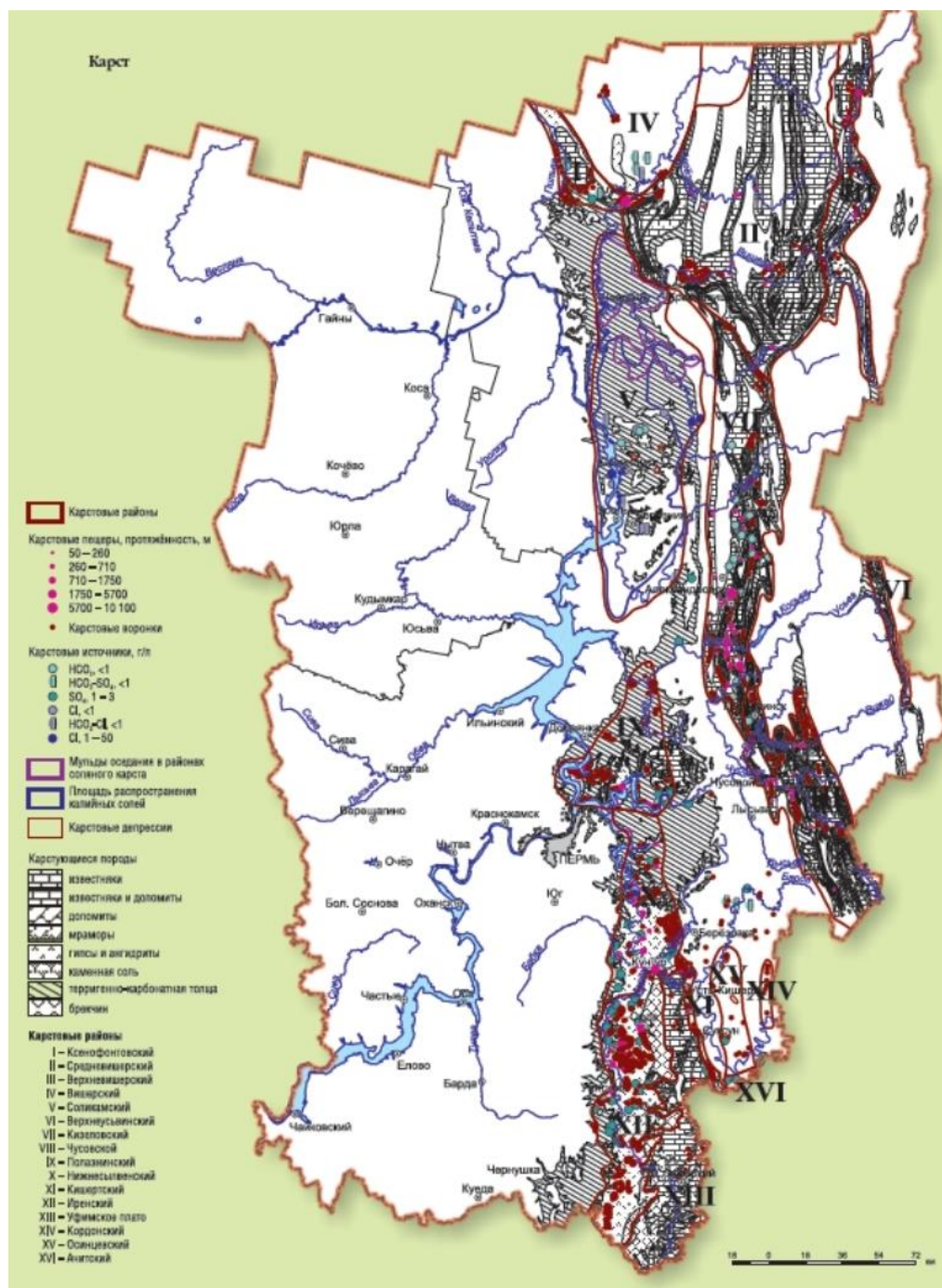


Рис. 7.3. Районирование карста Пермского края [7]

А. Карстовая страна Русской платформы: I. Приуральская карстовая провинция: а). Карстовая область Уфимского вала: 1). Уфимский район; б). Карстовая область юго-восточного склона Русской платформы: 2). Полазнинско-Шалашинский район; 3). Лухо-Висимский район; 4). Сылвинско-Сергинский район; 5). Курашимо-Чернушенский район; 6). Кунгурско-Иренский район; 7). Щучьеозеро-Уфимский район.

В. Уральская карстовая страна: II. Предуральская карстовая провинция: в). Печорская карстовая область: 8). Колво-Вишерский район; 9). Ксенофонтово-Ныробский район; г). Уфимско-Соликамская область: 10). Соликамский район; 11). Сергинцово-Долгушенский район; 12). Кишертско-Суксунский район; 13). Тулумбасовско-Тисовский район; 14). Бардымский район; 15). Кордонский район. III. Западно-Уральская карстовая провинция: д). Северная карстовая область: 16). Средневишерский район; е). Средняя карстовая область: 17). Яйвинско-Кизеловский район; 18). Пашийско-Чусовской район. IV. Центрально-Уральская карстовая провинция: ж). Вишерско-Чусовская карстовая область: 19). Верхневишерский район; 20). Верхнекозьвинский; 21). Верхнеусьвинский район; 22). Язьвинский район.

Таким образом, в описании данного раздела использован следующий таксономический ряд: страна > провинция > область > район > участок > поле, где за основную единицу районирования территории принят карстовый район. Районы приурочены к крупным или средним структурам (по схеме структурно-тектонического районирования Р.О. Хачатряна [410]), где развиты карстующиеся породы. Участки и поля выделяются при более подробном и детальном рассмотрении. Участки представляют геоморфологически обособленные закарстованные части крупных или средних структур, или мелкие структуры. Участки включают карстовые поля – площади, охваченные детальной съемкой, для которых составлены крупномасштабные карты карстовых зон, где проводились инженерно-геологические изыскания.

Карстовые районы карстовой страны Русской платформы

1). Уфимский район преимущественно карбонатного карста. Район приурочен к сводовой части Уфимского вала. Значительную площадь района занимает площадь развития Ольховской карбонатной брекчии (кора выветривания иренского горизонта). Распространена западнее выходов филлиповской свиты. Карст относится к карбонатному, типичными формами являются: суходолы, карстовые овраги, воронки, реже котловины и пещеры. В южной части на площади около 1000 км² можно выделить 6 карстовых полей: Чадское - плотность воронок достигает 6,4 шт/км²; Сарсинское - с плотностью воронок до 12,7 шт/км²; Верх-Шуртанское с плотностью воронок до 10,8 шт/км²; Порозовское - с плотностью воронок до 6,2 шт/км²; Кундарышское - с плотностью воронок до 3,12 шт/км² и Саранинское - с плотностью воронок до 5 шт/км². На участке Уфимского плато, примыкающем к реке Сылве от д. Межуево до с. Филипповка на площади около 65 км² зафиксировано более 700 воронок (преобладают коррозионные конусообразные и блюдцеобразные) со средней плотностью до 11 шт/км². В районе отмечены также и исчезающие реки – Малый Телес, Шуртан, верховья Ординки. В известняках артинского яруса и филлиповского горизонта кунгурского яруса известно 17 пещер, большая часть которых имеет длину не более 10 м.

2). Полазнинско-Шалашинский район гипсового и карбонатно-гипсового карста. Занимает центральную часть Пермской области. Карст – сульфатный, карстуются гипсы и ангидриты иренского горизонта (мощность достигает 200-150 м в сводах Краснокамско-Полазненского и Каменноложского валов). На большей территории района карстовые породы перекрыты четвертичными отложениями (их мощность на междуречьях рек Кама и Чусовая достигает до 130 м и до 20-50 м на сводах поднятий и до 0 м на присклоновых участках речных долин и водохранилищ). На поверхности карст проявляется только тогда, когда мощность четвертичных отложений составляет менее 50-75 м. При этом покровные отложения вступают во взаимодействие с карстующимися и образуют

обвальнo-карстовые отложения (брекчию). Их мощность достигает 80-100 м и приурочены к сводовым частям валов и брахиантиклиналей. Брекчией заполнены древние карстовые депрессии, образовавшиеся в отложениях иренского горизонта. Не столь давно созданные водохранилища вызвали резкий подъем уровня вод рек почти на 20 м, что отразилось на режиме подземных вод. Поскольку зона горизонтальной циркуляции увеличилась на 20 м, то естественно, что процессы растворения и выщелачивания возобновились с новой силой. В районе началось омоложение и возникновение новых карстовых форм: воронок, пещер, ниш, оседания склонов, причем, активизация карстовых процессов произошла не только в береговой зоне, но и на значительном расстоянии от берега. Основная масса карстовых пустот находится на глубине 50-60 м, и лишь единичные формы отмечены на глубине 30-40 м, т.е карстовый процесс в районе только начинает свой рост наверх. Старые полости, заполненные песчано-глинистым материалом, с активизацией карста – освобождаются от заполнителя и увеличиваются. На территории района выделяется 11 карстовых участков:

Полазнинский участок занимает левобережье Камского водохранилища в окрестностях п. Полазна. Отличается высокой закарстованностью - около 60 шт/км², но на некоторых микроучастках в южной части плотность достигает 300-500 форм. Всего закартировано более 1700 (97% - воронки) карстовых форм на территории в 28,1 км². Выделяется 6 карстовых полей с количеством форм от 10 до 877 шт/км².

Лунежский участок приурочен к северо-западному погружению Полазнинского вала. В долине р. Лунежки плотность воронок достигает 30 шт/км², к северу плотность уменьшается до 5-10 шт/км², а к востоку от водохранилища в 2-3 километровой зоне составляет 1 шт/км². Всего на момент исследования было зафиксировано около 160 форм. Установлено одно карстовое поле (6-153 шт/км²).

Дивьяинско-Каменоложский участок приурочен к своду и юго-западному крылу Каменоложского вала. Максимальная плотность воронок - в западной

части участка, на склонах долин и прилегающих к ним водоразделов рр.Васькина, Сухая – 100-200 шт/км², для восточной части плотность ниже – до 30, чаще до 5-10 шт/км². Всего на участке описано 211 воронок, около 20 оврагов и котловин, депрессия с подземнопроточным оз. Среднеполазнинским, карстовые долины и лога. Выделено три карстовых поля (8-46, 9-49, 10-116 шт/км²).

Яринский участок соответствует северному погружению Каменноложского вала. Плотность воронок на склонах и водоразделах рр. Полазна, Ветлянка, Мутная, не более 30 шт/км². Формы распространены неравномерно – поясами. Размеры воронок 40-50 м, чаще 20 м. Карстовые формы исчезают в направлении на северо-запад в связи с увеличением покровных глинистых четвертичных и терригенных соликамских отложений.

Шалашинский участок занимает правобережную часть Чусовского залива Камского водохранилища. Карст сульфатный. В сводовой части Каменноложского вала распространена карстовая брекчия. Карст проявляется в сульфатных пачках иренского горизонта. В пределах четырех карстовых полей (№ 11, 12, 13, 14) зарегистрировано 175 воронок, 10 оврагов, три карстовые депрессии, 12 озер, локально исчезающие ручьи и реки.

Куликовский участок занимает узкую правобережную полосу Чусовского залива между дд. Конец Гор и Нижние Пеньки. На территории участка выделяются два карстовых поля (№ 15, 16), зафиксировано четыре пещеры, 48 воронок, в среднем плотность которых достигает 5-10 шт/км², при диаметре до 40 м.

Чусовско-Мысовский участок расположен между Камским водохранилищем и Чусовским заливом. Здесь зарегистрировано более 850 воронок, карстовые котловины, лога, озера. Максимальная плотность воронок достигает 50-100 шт/км², лишь фрагментарно в 1.5-2,0 км зоне от водохранилища отмечается на склонах и присклоновых частях водоразделов и логов. Большая часть воронок имеет в поперечнике размер 9-20 м, при глубине до 6м. Встречаются воронки и до 130м в поперечнике. Выделяется только одно карстовое поле (№ 17-

850 форм).

Гайвинско-Хохловский участок (Байдин и др., 1987ф). В тектоническом плане приурочен к Пермскому выступу и к северо-восточной оконечности Краснокамско-Полазнинского вала. Карстуются гипсы и ангидриты иренского горизонта, максимально приближенные к поверхности. Выделяют северную часть, где плотность воронок и просалок менее 1 шт/км², центральную часть, с максимальной закарстованностью территории – 40-50 шт/км² (провальные воронки, самые крупные до 20м), где наиболее закарстованы возвышенности, где расположены истоки рр. Гайва и Бол. Туй и юго-восточную часть, включающие в себя территории, расположенные в районе Хохловки, Гари, Христофорови, т.е в 2-3 км зоне вдоль берега водохранилища. Плотность воронок изменяется от 1-5 у Хохловки до 20 шт/км² у д.Гари. На отдельных участках плотность воронок достигает до 150 шт/км² при диаметре 8-15 м и глубине 5-7 м.

Нижнекосвинский, Таборский, Голубятский, Усольский участки, расположенные в восточной части Полазнинского района, выделяются в отдельный *Сергинско-Долгушинский район* Уральской карстовой страны (Байдин и др., 1987). Всего в Полазнинско-Шалашинском районе известно 9 пещер, тяготеющих к гипсово-ангидритовым обрывам Камского водохранилища.

3). Лухо-Висимский район (Байдин и др., 1987). Карстуются известняки верхнесоликамской подсвиты, сложены почти на 60-90% известняками и доломитами, сверху перекрыты пластом гипса мощностью 3,5-5 м (Коровин, Матвеев, 1967). Интенсивность карстовых процессов вызвана подъемом уровня вод водохранилища. Ранее заполненные песчано-глинистым материалом пустоты освобождаются суффозией и карстообразованием. Плотность воронок достигает 200 шт/км², которые приурочены к структурам третьего порядка, сильно закарстованы соликамские известняки, вследствие, их сильной трещиноватости. При удалении от водохранилища с ростом абсолютных отметок до 160-180 карстовые формы исчезают при однородном составе пород. В целом по району средняя плотность воронок достигает 10-15 шт/км², в

междуречье рр.Нижний Лух и Черная отмечены поля воронок площадью 1,5-2,0 км², с плотностью до 80-100 шт/км², при диаметре 5-8 м, реже 10-20 м.

4). Сылвинско-Сергинский район гипсового и каонатно-гипсового карста. Занимает бассейн нижнего течения р. Сылвы. Карст относится к голому и задернованому, на значительных площадях к подэлювиальному и подаллювиальному – в долинах рек, и к закрытому – под соликамскими породами. Для района характерно развитие эрозионно-карстовых форм: суходолы, лога, овраги, долины с исчезающими водотоками. В пределах района выделено шесть карстовых участков:

Юрмано-Мульковский участок. На площади в 34 км² зарегистрировано 579 воронок, 9 котловин, озера, овраги. Средняя плотность воронок достигает 17 шт/км², максимальная – 237 шт/км². Выделено четыре карстовых поля.

Сергинский участок. Расположен на правом берегу Сылвинского залива. Включает в себя четыре карстовых поля. На площади района (63км²) зарегистрировано 587 воронок, 4 котловины, 7 оврагов и 24 озера. Средняя плотность воронок достигает 9,5 шт/км², максимальная 112 шт/км².

Дубровский участок. Присущ карбонатно-сульфатный тип карста. Обнажения карстующихся пород отсутствуют. На территории 63,9 км², зафиксировано 855 воронок и просадок, 1 депрессия, 3 карстово-эрозионных оврага, 1 суходол и 19 озер. Средняя плотность форм достигает 13,4 шт/км², максимальная 80 шт/км². Выделено пять карстовых полей.

Нижнешаквинский участок. Расположен на правом берегу р.Шаквы. Преобладает карбонатно-сульфатный тип карста. На территории 52,7 км², зафиксировано 429 воронки и просадки, 2 карстово-эрозионных оврага, 1 суходол и 20 озер. Средняя плотность форм достигает 9,8 шт/км², максимальная до 90 шт/км². Выделено три карстовых поля.

Карстовый участок междуречья Сылвы и Бабки. Преобладает гипсовый карст – воронки, карстово-эрозионные лога, полости, пещеры. Плотность форм на отдельных участках достигает 300 шт/км², Средняя плотность форм

достигает 7,8 шт/км², преобладают воронки диаметром от 5 до 25 м в диаметре. Часть воронок 87 из 780 заполнена водой или заболочена.

Карстовый участок междуречья Бабки и Ирени. В сульфатных породах зафиксировано 4054 карстовые формы, среди которых преобладают воронки диаметром менее 10 м (64,8-%) и 10-20 м (26,3-%). Зафиксированы также 10 котловин, с поперечником до 1 км.

В районе известно 75 пещер, среди которых наиболее крупными являются Кунгурская (5600 м), Зуятская (1410 м), Кичменская Ледяная (470 м), Большая Мечкинская (350 м).

5). Курашимо-Чернушенский район. Расположен западнее Кунгуро-Иренского. Протяженность его территории велика, от широты г.Перми до южной границы Пермской области. Ширина различна и соответствует ширине развития соликамских отложений верней перми. Средняя плотность форм по району около 1 шт/км², увеличивается с раслененностью рельефа. Зафиксированы положительные микроформы до 8 м (д.Новожилово). Воронки распространены неравномерно, чаще по одиночке, но на отдельных участках цепочками и поясами с размерами 8-10 м, и лишь на востоке, где на поверхность выходят иренские гипсы - зафиксированы провальные воронки с диаметром 25-20 м.

6). Кунгуро-Иренский район гипсового и карбонатно-гипсового карста. Занимает правобережную часть бассейна р.Ирени. Карст относится к голому, местами к закрытому (под соликамскими некарстующимися отложениями). Карстовые проявления разнообразны. Карры – образуются в зоне поверхностной циркуляции подземных вод, хорошо выражены на обнаженных склонах долин рек Ирени, Аспы, Судинки сложенных гипсом. Поноры приурочены к воронкам, встречаются в районе сс.Красный Ясыл, Суда. Слепые лога – обычно небольшой длины и сложной формы, заканчиваются как правило крупными воронками. Рвы – отличаются внушительными размерами, западнее с. Богородское – зафиксировано крупное понижение рельефа – 6-8 м, шириною

200-150 м и длиной около 3 км, более большое зафиксировано в районе Орды и с.Верх. Кунгур – ров длиной около 8.5 км и шириной 80-100м. Котловины образуются за счет слияния нескольких воронок и в зависимости от их первоначального количества имеют размеры от сотен до тысячи метров. Котловина отмечена у с. Медянка – 6 км в длину и 0,8-1,0 км в ширину, дно неровное осложненное свежими воронками. Воронки – имеют самое большое распространение, поля и цепочки воронок чаще всего вытянуты в направлении выхода гипсовых пачек, заключенных среди менее растворимых пород. Наиболее часты коррозионные, коррозионно-провальные, провальные и коррозионно-эрозионные воронки. Так коррозионные воронки, развиты при очень небольшой мощности гипсовой толщи, подстилаемой известняками. Для района очень характерны карстовые реки-большая из которых является правыми притоками р.Ирени (Тураевка, Ясыл, Чураковка). В правобережной части бассейна р.Ирени можно выделить два, вытянутых в меридиональном направлении карстовых участка, соответствующих выходам гипсово-ангидритовых и известняково-доломитовых пачек иренского горизонта. Первый – на площади развития нижних пачек горизонта – представлен карстовой брекчией, второй приурочен к демидовской пачке гипсов и ангидритов, характеризуется развитием глубоких конусообразных воронок с поперечником 30-60м и глубиной до 30м. Участок нижнего течения р.Ирени. На территории 60 км², зафиксировано 1156 воронок, а также, депрессии, карстово-эрозионные овраги, суходолы и 70 озер. Наиболее закарстованы склоны долины р.Ирени. Крупные воронки диаметры до 100 м и глубиной до 25 м, расположены на водоразделе южнее д. Новой Деревни. Среднеиренский участок. Карст относится к «покрытому». Выделено три карстовых поля. Павловское - зафиксировано 2044 воронки. Средняя плотность карстовых форм достигает 221 шт/км², Красноясыльское - зафиксировано 2537 воронки. Средняя плотность форм достигает 133 шт/км², Ключиковское - зафиксировано 374 воронки. Средняя плотность форм достигает 22 шт/км². В районе известно

64 пещеры, длиннейшими из которых являются Нижнемихайловская – 2 (1400 м), Оптимист - (130 м), Пономаревская - (300 м), Уинская Ледяная - (227 м), Уинская – 3 (220 м), Пономаревская - (105 м). Остальные пещеры протяженностью менее 100 м.

7). Щучьеозеро-Уфимский карстовый район. Г.В. Вахрушев называет его подрайоном карста западного склона Башкирского свода. В районе встречаются также соляные источники. Зарегистрированы блюдцеобразные воронки диаметром 5-8м, реже 15-20м, крупных провалов с диаметром более 60-80 м нет. Воронки нередко заполнены водой, средняя плотность воронок достигает 20 шт/км².

Карстовые районы Уральской карстовой страны

8). Колвинско-Вишерский район соляного и гипсового карста. Занимает южную часть Верхнепечорской впадины в бассейнах нижнего течения р. Колвы и её притока р. Вишерки. Карст относится к сульфатному типу. Преобладает подэлювиальный, подаллювиальный, подфлювиогляциальный, и закрытые типы карста, местами встречается голый карст. Карст проявляется в виде полей крупных карстовых воронок там, где на поверхность выходят лепская и кошелёвская свиты кунгурского яруса. Плотность воронок достигает 50-100 шт/км². Сильно закарстована долина р. Колвы ниже устья р. Берёзовой. Здесь встречаются поля воронок с водой или без воды, диаметр воронок достигает 40-50 м. У лесоучастка Чулы наблюдаются провальные воронки. Плотность воронок достигает 200 шт/км². В долине р. Вишерки развит соляной карст. Озеро Чусовское окружено обширной эрозионно-карстовой низиной. (40 км в длину и 2-7 км шириной), дно низины заболочено и осложнено большим количеством воронок о озер провального и коррозийно-просадочного происхождения.

9). Ксенофонтово-Ныробский район. Занимает бассейн среднего и верхнего течения р. Пильвы, левого притока р. Камы, междуречья Вижаихи и Бубыла и далее на востоке - участок, примыкающий к р. Колве. Карст – сульфатного типа. По наличию или отсутствию покровных отложений относится к голому,

подэлювиальному, подаллювиальному, местами к закрытому, под коренными некарстующимися или слабокарстующимися отложениями. Карстопроявления приурочены к выходам карбонатных и сульфатных пород кунгурского и артинского ярусов на Ксенофонтово-Колвинском вале. Рельеф района - в виде гряды, вытянутой с юго-востока на северо-запад. Вдоль её юго-западного края выделяется заболоченная полоса шириной 1.5-2 км, где развиты карстовые воронки и котловины (эта полоса соответствует выходам кунгурских гипсов). Отмечены также котловины - до 1 км, овальные, например в 6 км северо-восточнее Кубари, на левобережье Пильвы. Здесь также встречаются блюдцеобразные воронки до 80-100 м в поперечнике. Значительно закарстовано междуречье Колвы и Бубыла. Плотность воронок достигает 100-150 шт/км², при диаметре 8-15 м. Самым южным участком активного развития карста в районе является с. Бигичи, где плотность воронок достигает 110 шт/км². В районе известны четыре пещеры. Среди них – одна из длиннейших на Урале - Дивья. Протяженность ее 9720 м, расположена на правом берегу р.Колвы, в 10 км севернее г.Ныроба.

10). Соликамский район соляного карста. Простирается от нижнего течения р.Низьвы на юг, до междуречья Яйвы и Косьвы. На западе ограничен реками Колва и Вишера, на юге - долиной реки Кама, восточная граница совпадает со складчатым Уралом, на юге - с правобережьем р. Глухой Вильвы. Карстовые явления преимущественно развиваются в солях. Характерны депрессии, от десятков до сотен метров в диаметре, приуроченные к сводовым частям структур третьего порядка. Карстовые воронки не характерны и встречаются относительно редко, так отдельные формы зафиксированы в долинах рек Вишеры, Глухой Вильвы, Боровой. Современный и древний карст проявляется на поверхности в образовании мульд оседания, расширенных участков долин, нередко заполненных водой или заболоченных. Северная часть Соликамской впадины в четвертичном периоде испытала ряд вертикальных движений значительной амплитуды, в результате чего карст, в отличие от средней и южной частей, охватил не только поднятия, но и синклиналильные прогибы.

11). Сергинско-Долгушинский район. Расположен восточнее Полазнинско-Шалашинского и Сылвинско-Сергинского районов и соответствует западному крылу Предуральского краевого прогиба. Карст сульфатный и соляно-сульфатный под покровом терригенных отложений. Характерной особенностью района является – островное проявление карстовых форм над локальными поднятиями в артинских и кунгурских отложениях. Соответственно в северной части района можно выделить четыре участка:

Нижнекосвинский участок занимает часть бассейна нижнего течения р. Косьвы и соответствует южному борту Соликамской депрессии. Плотность воронок достигает 1 шт/км², на отдельных полях 10-15 шт/км², и в поперечнике до 75 м. Выделяют три карстовых участка (Заболотный - №18, 12 шт/км²; Рябковский №19 – 5 шт/км²; Дурнятский № 20 – 16 шт/км²).

Таборский участок охватывает бассейн нижнего течения р. Вильва, тектонически соответствует северной части Косьвинско-Чусовской седловины. Выщелачиваются сульфатные слои (мощность до 20 м) и линзы каменной соли (40-50 м). Плотность воронок достигает 40 шт/км². Выделяют четыре карстовых поля (Баяновское №21 – 70 шт/км²; Таборское №22 – 61 шт/км²; Мальковское №23 – 114 шт/км²; Кыжовское №24 – 8 шт/км²).

Голубятский участок расположен к югу от Таборского, занимает среднее течение р. Вильвы. Поля воронок отмечены к северу дд. Мутная, Голубята. Здесь плотность воронок достигает 50 шт/км². Воронки располагаются либо по одиночке, либо группами в трехкилометровой зоне к востоку от р. Вильвы. Зафиксировано много карстовых озер с водой сульфатного типа, минерализация в которых достигает 3,0 г/л.

Усольский участок занимает бассейн р. Усолки и прилегающие к нему с запада и севера междуречные пространства. Плотность воронок достигает 10-12 шт/км², но в целом по району - 1 шт/км². Выделяется два карстовых поля (Кушминское № 26 - шт/км²; Борисовское №27-21 шт/км²).

Южнее р. Чусовой до широты с. Келабеич характер карста не меняется.

Плотность воронок достигает 15 шт/км², с диаметром до 50 м. К югу происходит смена соликамских отложений на отложения поповской свиты иренского горизонта. Она развита в виде узкой полосы до 15 км восточнее суксунского сброса, разрез внизу – представлен ангидритами и каменной солью, вверху – карбонатами. Плотность воронок возрастает и достигает в среднем 10-15 шт/км², а на отдельных полях 50-70 шт/км².

12). Кишертско-Суксунский район гипсового и карбонатно-гипсового карста. Занимает в основном левобережную часть бассейна среднего течения р.Сылвы, которая на севере пересекает его в широтном направлении. Преобладает закрытый и подаллювиальный карст. Карстовые формы разнообразны: воронки, поноры, котловины, карстовые депрессии с поперечником более 1 км, а также карстовые речки и озера. В районе выделены следующие карстовые участки:

Сылвинско-Шаквинский участок в междуречье Сылвы и Шаквы. Здесь выделены два поля – Посадское (площадь 0,5 км² – включает более 100 форм) и Подпавлиновское (насчитывает около 600 воронок, карстовых озер и котловин).

Кишертский участок занимает -I, II, III террасы и пойму р.Сылвы, где зафиксировано более 150 воронок, а также территорию Усть-Кишерти – около 30 воронок, карстовые провальные озера (Молебное, Безымянное, Яма, Зуевское, Провал) и Низковскую депрессию, где отмечаются выходы карстовых источников.

Сединский участок занимает правобережье долины р.Сединки, Дреминскую и Бурцевскую депрессии. Преобладают озера и воронки.

Мазуевский участок – отмечаются карстовые родники и озера.

Дикоозерский участок представляет собой карстовую депрессию, дно которой осложнено восемью озерами.

Суксунско-Советинский участок включает в себя долину р.Советянки (более 150 воронок, карстовые источники), долину р.Ключи (карстовые источники) и поле у деревни Киселево (воронки, озера, котловины, болота).

Ключевской участок занимает долину р.Иргины (карстовые источники) и включает четыре поля воронок на правом берегу р. Иргины (воронки, котловины более 500 шт).

В районе установлено семь пещер, наибольшей из которых является пещера Варсановфьевой (Волчья Яма), расположена в 12 км к югу от с. Усть-Кишерть.

13). Тулумбасовко-Тисовский район. Приурочен к Тулумбасовскому валу. Протягивается от среднего широтного отрезка р.Култым (пр. пр. Шаквы) на юг через с.Захаравцы, ст.Тулумбасы по рекам Юркан, Бырма на Тис. Карстуются породы средней (мергели, известняки, доломиты) и нижней (ангидриты, гипсы) пачек комелевской свиты иренского горизонта. В результате выщелачивания, ведущего к проседаниям поверхности образуются карстовые депрессии: Юрканская, Осинцевская (нередко выделяется как отдельный район), Бирминская. Размеры депрессий достигают 5-7 км. Распространены поля и цепочки воронок, преимущественно блюдцеобразных. Средняя плотность воронок по району составляет 1-3 шт/км². На севере- плотность достигает 5-10 шт/км², в средней части у с. Пашково -30 шт/км², юго-восточнее с. Гари - 150 шт/км². Поля воронок с плотностью воронок до 50-70 шт/км² определены у н.п. Осенцово, Бырма, Юркан, Василькино, Тебеньково и др.

14). Бардымский район локального развития карста. Расположен к востоку от Кишертско-Суксунского. В пределах района выделяются Кордонский и Тулумбасовко-Тисовский районы, которые скорее являются его частями. Для района типичны карстовые депрессии, которые в большом количестве встречаются, как в долинах рек, так и на водоразделах. Их площади изменяются от сотен м² до десятков км². Наиболее распространены воронки от 3-4 до 40-70 м, в поперечнике. Карст имеет прерывистый характер – поля с плотностью форм достигающих 70-100 шт/км² чередуются с полями, где карст совершенно отсутствует. Интенсивно закарстованы склоны долины и прилегающих водоразделов р.Таз и д.Таз, правобережье и левобережье верхнего течения р.Барда и окрест-

ности сел Матвеево и Ломовка.

15). Кордонский район гипсового карста. Расположен в долине р.Молебки, близ д. Кордон. Карстуются гипсы и ангидриты. Западнее поселка карстовые воронки преимущественно конусообразные с поперечником до 50 м и глубиной до 15 м, образуют сплошную полосу.

16).Средневишерский район карбонатного карста. Занимает обширную территорию от северной границы края до междуречья Вишеры и Язьвы. Наиболее закарстованы известняки и доломиты девона, нижнего (визейский ярус) и среднего карбона. Основные карстовые формы – воронки, исчезающие реки (Вая –правый приток Вишеры), суходолы, пещеры, карстовые родники тяготеют преимущественно к долинам рек. Плотность карстовых форм неоднородна. По р.Няризь (пр. пр. Колвы), на карстующихся известняках плотность воронок на отдельных участках достигает 50-100 шт/км². В районе д.Талово плотность воронок достигает 20-30 шт/км². В приустьевой части р. Чищевы – 50-70 шт/км². На западном склоне г.Низьва плотность воронок 50-100 шт/км². Восточнее р. Мал. Валай – плотность едва достигает 5-10 шт/км². Западнее, в бассейнах рек Полуденная, Рассоха, Вост. Рассоха, Сев. Рассоха плотность воронок достигает 50-100 шт/км², при диаметре 15-25м. В междуречье Вишеры, Б. Колчим, Б. Щугор этот показатель также составляет порядка 50-100 шт/км². В междуречье Березовой и Щугор – 100-150 плотность воронок на отдельных участках достигает 50-100 шт/км². В районе г. Колчимский Камень – 15-30 шт/км². Севернее и западнее г. Золотой Камень до 120 шт/км². В районе насчитывается 69 пещер в карбонатных породах девона, карбона и перми. Наиболее крупные – Еранка (более 500 м), Язьвинская (300 м), Черная (190 м), Органная (120 м), Писаная-3 (100 м), Писаная-2 (95 м). Большинство пещер представляют собой выводящие каналы (или их фрагменты) подземных потоков. Входы в них располагаются чаще всего на склонах речных долин, а также в воронках.

17). Яйвинско-Кизеловский район карбонатного карста. Простирается с севера, от верхнего течения р.Язьвы и правобережного бассейна р.Вижаихи, на

юг, до междуречья Усьвы и Вильвы. Карстовые формы – воронки, суходолы, исчезающие водотоки, поноры и карстовые родники. Явления наиболее часто встречаются по долинам рек – Кади, Яйвы, Чикмана, Язьвы, Сев. Колчим и др. На левобережье р. Сев. Колчим – карстуются карбонатные породы нижнего силура, верхнего девона, нижнего и среднего карбона. На глубине 19 м скважинами вскрыты небольшие полости (0,3-30 м) ниже уровня реки. Конусообразные (42%), блюдцеобразные (36%), чашеобразные (10%) и сложные (12%) воронки имеют диаметр до 15 м (94,8%) и глубину 2,5 м. Воронки в породах силура, верхнего девона и турнейского яруса задернованы. В воронках акчимской свиты и верхнего карбона часто отмечаются обнажения известняков. На закарстованных толщах левобережья р. Сев. Колчим выделяется шесть карстовых полей. Толщи закарстованы неравномерно, большая часть воронок находится на водоразделах, в основном в зоне контакта карстующихся и терригенных пород и вдоль тектонических нарушений. Очень активен карст кизеловского участка, обусловленный техногенным воздействием. Распространенными формами являются воронки, котловины, карстовые овраги и пещеры. Количество воронок зафиксированных на Луньевско-Кизеловском участке и окрестностях Губахи превышает несколько сотен. Карстопроявления на участках южнее г. Кизела имеют глубинный характер, карстовые полости установлены до 140 м ниже современных русел рек. В бассейне р. Усьвы наиболее закарстованы химически чистые визейские известняки, затем верхнекаменноугольные, менее верхнетурнейские и живетские. Слабо закарстованы - известняки верхнего девона, среднего карбона и перми, обладающие глинистостью и кремнистостью. Карстовые формы располагаются меридиональными полосами, вытянутыми по простиранию пород или тектонических нарушений. На площади около 200 км² зафиксировано более 500 воронок. Большая часть их (86%) расположены в логах и долинах, меньшая на водоразделах. В районе известно 216 пещер. Наиболее крупные Кизеловская Вишерская (7600 м), Геологов–2 (3400 м), Российская (1450 м), Темная (1300 м), Мариинская (1000 м). Наибольшую глубину имеет

пещера Темная –144 м.

18). Пашийско-Чусовской район карбонатного карста. Является продолжением предыдущего. Наиболее закарстованы доломиты верхнего девона, химически чистые визейские известняки, затем известняки верхов среднего карбона, менее верхнекаменноугольные. Карстовые формы приурочены к эрозионным формам, зонам тектонических нарушений и контактов карбонатных пород с некарстующимися. Наиболее характерными карстовыми формами являются воронки, суходолы, исчезающие реки, мощные родники и пещеры. Суходолы прослеживаются ниже исчезновения рек Семеновки, Глухой, Сухого Поныша, Большой Исаковки, Сухой Бедьки, Суходолки, Свадебной, Шайтанки. На склонах долин и междуречий встречаются слепые карстовые и эрозионно-карстовые лога. Наиболее распространены воронки, которые встречаются по всему району. В устье р. Чизмы плотность воронок достигает 10-20 шт/км², на водоразделе Вижая и Вильвы до 8-10 шт/км², при диаметре 8-10м, севернее пос. Кумыш 50-70 шт/км², в окрестностях пос. Кын зафиксированы воронки диаметром 70-90м. Подземные формы представлены пещерами, каналами, кавернами. В районе насчитывается 95 пещер, значительными из которых являются Большая Пашийская (522 м), Чудесница (512 м), Голубое Озеро (240 м), Большая Понышская (188 м), Большая Куртымская (150 м), Глухая Ледяная (123 м), Назаровская (100 м).

19). Верхневишерский район карбонатного карста. Расположен в бассейнах верховьев р. Вишеры и её притоков Лыпы и Улса. Карстуются карбонатные породы среднего ордовика и силура. Наиболее распространены неглубокие блюдцеобразные, заполненные элювиально-делювиальным материалом и задернованные воронки. Реже конусообразные формы с выходами коренных пород и понорами на дне. В мраморах лудловского яруса плотность воронок достигает 12 шт/км². Всего по району плотность воронок колеблется от единиц до сотен шт/км². В долине Вишеры, западнее Чувальского камня в известняках и доломитах щугорской свиты плотность воронок достигает 12

шт/км². Суходолы имеются в бассейнах рек Таборная, Зыряновка, Ивановка, Чувалка, Пропащая, Верхняя Паниха, Нижняя и Верхняя Юбрышка, а также на побережье р.Вишеры- Сухая Лыпя и Гладкий Лог. Кольматированный карст установлен на водоразделе Велса и Вишеры, Лыпи и Вишеры, а также на северном окончании хр.Тулымский Камень. Наиболее интенсивный карст установлен на восточном хребте Ольховский Камень, на северо-западе и севере массива г.Ишерим, на южном перевале хр.Молебный Камень и западном склоне хр. Муравиный Камень. В районе установлено 5 пещер в массивах силурийских известняков. Самой большой пещерой является Большая Вилесовская (280 м).

20). Верхнекосьвинский район карбонатного карста. Расположен в верховьях р.Косьвы и её притоков. Закарстованы силурийские известняки и доломиты. Можно выделить четыре карстовых участка: на правом берегу р.Пожвы; на правом берегу р.Тылай; на правом берегу р.Кырьи в 1,6 км от устья; на левом берегу р.Кырьи выше пос. Растес, Плотность воронок невелика.

21). Верхнеусьвинский район. Является продолжением предыдущего. Карстуются силурийские и девонские карбонатные породы.

22). Язьвинский район. Расположен в бассейне верховьев Язьвы и по долинам и водоразделам рек: Ошмес, Цепел, Северная и Полуденная Язьва, на севере примыкает к Верхневишерскому. Карстуются преимущественно известняки и доломиты силура и ордовика. Диаметр воронок достигает 30-60 м, но чаще встречаются формы с диаметром 3-8 м, с понорами на дне воронок. В Ошмасской депрессии, с мощностью рыхлых отложений до 25 м встречаются блюдцеобразные карстовые формы, иногда заполненные водой. Максимальная плотность воронок – на склонах долины Цепела, после его слияния с Ошмасом воронок достигает 100 шт/км².Высокая пораженность 50-100 шт/км² наблюдается на склонах долины и по притокам верхнего и среднего течения Цепела и Язьвы. Единичные карстовые воронки, цепочки воронок встречаются почти по всей долине р. Язьвы.

Почти по всей провинции (по склону хр. Ольховский, западнее Ишерим, на южном перевале хр. Молебный, и западном склоне хр. Муравьиный) – зафиксированы цепочки карстовых воронок прослеживающихся на 3-5 км. Преобладают воронки диаметром 3-15 м, глубиной 1,5-0,3 м, реже 8-6 км. Сильно карстуются пачки мраморов и доломитов нижеишеримской подсвиты и толщи доломитов и мраморов мойвинской свиты среднего рифея.

Опасность карстовых процессов, особенно провалов выражена в их быстром, а порой в внезапном проявлении. Многолетние наблюдения карстоведов свидетельствуют об увеличении частоты провалов, в последнее время, особенно на застроенных территориях. Довольно часто образование карстовых форм происходит на автомобильных дорогах Кунгурского, Ординского, Чусовского, Добрянского административных районов. За период с 1955 по 1990 г. было зафиксировано 200 провалов. За последние 40 лет произошло 20 провалов на железных дорогах, размеры провалов достигали в поперечнике и по глубине 5-9 м [312].

С карстовыми процессами и явлениями связан также такой специфический и не характерный, для территории Пермского края, вид геологических процессов как карстовые землетрясения. Карстовые землетрясения – это землетрясения, образующиеся от подземных обвалов и провалов свода карстовых полостей и пещер. Они характеризуются небольшой силой и эпицентром 6-7 баллов, незначительной площадью распространения и приуроченностью к пещерным системам. На изучаемой территории были зафиксированы карстовые землетрясения следующих типов: 1) обвального типа в Яйвинско-Кизеловском карстовом районе (в 1911 г. – дд.Красная, Тихая, Милковская); 2) провального типа, отличаются небольшой глубиной очага, но могут нанести большой ущерб; делятся на типично провальные и корозионный генетический подтип. Первый, происходит при обрушении карстующихся и перекрывающих их некарстующих пород сводаподземной полости, (отмечен в 1922 г. севернее Уфы, на месте очага образовалась воронка глубиной 50 м и диаметром 40 м). Второй,

происходит при обрушении некарстующихся пород свода подземной полости. Этот тип был зарегистрирован в районе пос. Полазна 7 сентября 1956 г.); 3) карстово-камерного типа землетрясения силой до 5 баллов (были отмечены в период с октября по декабрь 1943 г. в Яйвинско-Кизеловском карстовом районе). Нередко карстовые землетрясения связаны с тектоническими факторами.

Суффозия. Представляет собой в основном механический вынос частиц грунта из зон концентрированного движения подземных вод с образование отрицательных форм рельефа: просадки, воронки, ложбинки, «цирки» и т.д. Проявление суффозии на территории Пермского края распространено достаточно широко. Наиболее часто суффозионные формы встречаются на присклоновых участках рек, ручьёв, балок и в бассейнах рек Обвы, Иньвы, Косы и на территориях развития лессовидных покровных суглинков флювиогляциального происхождения, отличающихся повышенной просадочностью, карбонатностью и высокими фильтрационными свойствами. На территории западной части Пермского края полевыми наблюдениями при гидрогеологических и геоэкологических съемках (Иконников, Ревин, Бессчетнов, Копылов и др. 1976-1982ф; Копылов и др., 2001ф) отмечались суффозионные воронки (плотность распространения их невелика), которые в основном приурочены к выходам подземных вод. Самыми распространенными поверхностными формами суффозии являются блюдцеобразные понижения, округлые или эллипсовидные. Размеры суффозионных форм в породах четвертичного возраста, как правило, невелики, в основном не больше 2-5 (до 10) м в диаметре, при глубине 0,5-1,5 м, иногда они вытянуты цепочкой, многие из них заполнены водой. В коренных породах аналогичные формы достигают размеров десятков и сотен метров. Иногда встречаются формы, напоминающие карстовые воронки провального типа. При наличии в составе пород растворимых компонентов в процессе суффозии возрастает доля его химической составляющей, обеспечивающее удаление определенной массы пород из массива. Суффозия – серьезная проблема для городских

территорий. На территории г. Перми Д.М. Димухаметовым (2000) выделены многочисленные зоны развития суффозионных воронок [77].

Заболачивание. Процессы заболачивания имеют очень широкое распространение на территории Пермского края. Общая площадь болотных массивов по области более 12 тыс. км². Бассейны малых рек Прикамья заболочены более чем на 30%. Особенно развиты болота в северо-западной равнинной части края, где вследствие особенностей климата и рельефа, а также распространения на слабопроницаемых флювиогляциальных отложениях они занимают огромные территории. Широкое распространение имеют болота, как верховые, так и низинные. Их насчитывается свыше 800, (самые крупные из них – Большое Камское – 810, Джурич-Нюр – 350, Базимское – 194 км²). Горная часть с пересеченным рельефом, хорошо дренированная реками, несмотря на большую, по сравнению с предгорьями, увлажненность заболочена сравнительно слабо. Хотя и здесь, вследствие распространения сезонной, а местами и многолетней мерзлоты, препятствующей, просачиванию атмосферных осадков и интенсивной циркуляции подземных вод – наблюдается заболачивание впадин на нагорных террасах, в седловинах перевалов и днищах межгорных впадин. Равнинные междуречья предгорных районов Северного Урала характеризуются заболачиванием лесных суходолов и превращением лесных массивов в лесные мезотрофные и олиготрофные болота. Причиной заболачивания является поднятие уровня грунтовых вод вследствие наполнения торфяниками чаши водоёмов, слабого испарения и плохого дренажа междуречий. Создание Камского и Воткинского водохранилищ способствовало повышению уровня грунтовых вод и значительному заболачиванию поверхностей низких надпойменных террас. Наиболее интенсивно этот процесс проявился на левобережьях между устьями р.Яйвы и р.Косьвы (Камское водохранилище). В меньших масштабах заболачивание произошло в устьях рек Иньвы, Чермоза, в пригороде городов Березники (Камское водохранилище), Краснокамска, на левом берегу против села Частые (Воткинское водохранилище) и т.д.

Процессы образования болот неразрывно связаны с торфообразованием. Площадь занятая торфяниками в Пермском крае составляет 4 % от площади области). В крае разведано 754 торфяных месторождения, из которых 92 разрабатывается. Месторождения торфа зарегистрированы в большинстве районов Пермского края. В распределении торфяных месторождений по краю отчетливо выделяется четыре торфяно-болотных района: 1).Верхнекамский (включая Коми-Пермяцкий округ); 2).Приуральский горный район; 3).Среднекамский: (центральный) район; 4). Южный лесостепной район.

1). Верхнекамский торфяно-болотный район охватывает районы бывшего Коми-Пермяцкого округа, Чердынский, Усольский, Соликамский районы, территорию, г. Березники, а также западную часть Красновишерского района. Геоморфологически расположен в основном на территории Прикамской низменности. Здесь сконцентрировано 258 месторождений с запасами, составляющими около 70% всех запасов торфа области (1528,9 млн. т). Общая площадь месторождений в пределах промышленных глубин торфяных залежей составляет 312,6 тыс. га. Причем основная часть запасов сосредоточена в 12-15 крупных месторождений с площадью до нескольких тыс. га (Большое Камское – 70,3тыс. га, Джурич-Нюр – 30,6 тыс. га, Бызимское – 18,4 тыс. га и т.д.). Торфяные залежи относятся к четырем типам: верховое, переходное, низинное и смешанное. По степени значимости они располагаются в следующей последовательности: верховый тип, переходный, низинный, смешанный.

2). Приуральский горный торфяно-болотный район занимает почти всю восточную часть края, расположенную на западных склонах Уральских гор, охватывая Красновишерский (частично), Горнозаводской, Чусовской, Лысвенский районы, а также территории городов Александровска, Кизела и Губахе. Торфяные ресурсы незначительны и составляют всего 1.5% от запасов области. Здесь выявлено 46 месторождений общей площадью в границах промышленной глубины торфяных залежей 6,7 га. Средний размер площади месторождений составляет всего 150 га. По степени значимости они располагаются в следую-

щей последовательности низинный, переходный, верховый типы. Смешанный тип практически отсутствует.

3). Среднекамский (центральный) торфяно-болотный район занимает центральную часть области от границ Коми-Пермяцкого округа на севере до степных районов на юге. Геоморфологически расположен в юго-западной части Прикамской низменности. Административно территория охватывает Верещагинский, Добрянский, Ильинский, Карагайский, Нытвенский, Очерский, Пермский, Сивинский, Краснокамский Пермский районы и округа. Всего учтено 212 месторождений общей площадью 31,9 тыс. га, средняя площадь месторождений 150 га. Общие запасы торфа составляют 139,8 млн т или 8,1% запасов торфа области. Наиболее значительные запасы торфа находятся в Краснокамском, Добрянском и Пермском районах. Более 75% всех запасов торфа составляют торфяные залежи низинного типа. Значительно реже встречаются залежи верхового и смешанного типа и крайне редко переходного.

4). Южный лесостепной торфяно-болотный район включает 16 административных единиц: Бардымский, Березовский, Большесосновский, Еловский, Кишертский, Куединский, Кунгурский, Октябрьский, Ординский, Осинский, Оханский, Суксунский, Уинский, Чайковский, Частинский, Чернушинский районы. Здесь разведано и учтено 238 торфяных месторождений общей площадью 10,0 тыс.га. Средняя площадь месторождений составляет 42 га. Общие запасы по всем месторождениям составляют 37,5 млн т. или 2,2% от общих запасов области. Большая часть месторождений находится на территории Березовского, Куединского, Кунгурского, Чернушинского районов. Чаще всего месторождения располагаются группами в долинах рек (Сылва, Тулва, Буй, Ирень). Торфяные залежи почти на всех месторождениях низинного и реже переходного типов.

Группа ЭГП связанных с эродирующим действием поверхностных вод

В этой группе ЭГП следует отметить речную (боковую), склоновую и овражную эрозию.

Речная (боковая) эрозия – это наиболее широко развитый вид ЭГП на берегах рек платформенной части Пермского Приуралья. Геолого-геоморфологическая деятельность русла всякой реки сводится к взаимодействию нескольких процессов, протекающих параллельно либо сменяющих друг друга: русловой эрозии, транспортировки продуктов разрушения и аккумуляции. Благодаря им река регулярно перемещают огромное количество твердого материала и производят деформацию земной поверхности, создавая сеть речных долин и аллювиальные террасы. Врезаясь в поверхность суши реки, усиливают контрасты рельефа, обуславливают увеличение крутизны склонов и тем самым способствуют активизации протекания всего спектра ЭГП, находящегося с ним в генетической связи. Развитие процесса речной эрозии приводит к возникновению русловых деформаций: вертикальных и горизонтальных [242]. Вертикальные или глубинная эрозия – связаны с деформациями продольного профиля реки и сопровождаются погружением его отметок. Это является результатом процессов автоматического выравнивания транспортирующей способности потока. Горизонтальные – обусловленные, в первую очередь боковой эрозией, проявляются в изменениях русла в плане. Именно это боковое (горизонтальное) смещение реки и производит основное рельефообразующее воздействие на их долины в настоящее время.

Геолого-геоморфологический фактор, оказывающий влияние на интенсивность русловых деформаций, проявляется через уклон русла и крупность поступающего в реки твердого материала. Уклон влияет на скорость движения потока, и, следовательно, на его кинетическую энергию. Если

величина последней достаточно велика по сравнению с сопротивлением залегающих в реке наносов, то русло будет подвержено постоянным подмывам, если нет, то оно будет отличаться большим или меньшим постоянством.

Морфологический облик русел рек и вид горизонтальных русловых деформаций, проявляющийся в формах самого русла, позволяет выделить на территории Пермского края следующие три разновидности русел: разветвленные (меандрирующие) – Шаква, разветвленные на рукава – Чусовая и не разветвленные, относительно прямолинейные – Кама. Для первых характерно интенсивное разрушение берегов и образование соответствующих наносов – песчаных отмелей. Импульсом для развития излучин у меандрирующих рек служат перекаты, побочни, которые, располагаясь в шахматном порядке, обуславливают извилистость динамической оси потока, в котором создаются скоростное своеобразное поле и циркуляционное движение. В период, когда излучина ещё пологая преобладает продольное ее смещение, вниз по течению, а накопление наносов преобладает только в нижнем её крыле, в зоне замедленного течения. В стадии крутой излучины преобладающим видом смещения становится поперечное, а вследствие активизации циркуляционных течений зона аккумуляции распространяется практически на весь выпуклый берег. В сужениях долин преимущественно распространены пологие излучины с преимущественно продольным смещением, поперечное смещение крутых свободных излучин характерно для расширенных участков долин. Подобная морфология и динамика излучин в известной мере определяются особенностями прохождения руслоформирующих расходов. Пример нижнее течение реки Шаквы, где при достижении рекой Уфимского плато, граница которого проходит примерно через д.Тарнабаево, речная долина резко сужается свободное меандрирование русла сначала ослабевает, а потом полностью исчезает. Преимущество извилистой формы русла в отношении переноса материала утрачивается, если между морфометрическими параметрами излучины достигается соотношение $L=1.575N$, где L - длина русла

по излучине, а N- шаг излучины (Маккавеев, 1955ф). В этом случае происходит спрямление излучины путем образования протока, пересекающего шпору, если руслоформирующие расходы проходят в условиях затопленной поймы. При этом развитии излучин порождается многорукавность. Например участок среднего течения р.Чусовой от г. Чусового до д.Плеса и среднее течение р.Иргины. Необходимым условием для развития с неразветвленным, прямолинейным руслом является наличие односторонней поймы и коренного ведущего берега. При наличии последнего стрежень потока половодья устойчиво располагается возле него и русло в целом очень медленно смещается параллельно самому себе по мере отступления коренного берега, вследствие, как размыва, так и разрушения его различными склоновыми процессами. По результатам измерений смещения русла на аэроснимках разных лет залетов выявлено, что размеры деформаций таких берегов на территории Пермского края невелики и в среднем составляют 5-20 см в год, лишь на участках таких крупных рек, как Кама, Колва смещение русла может достигать 70-90 см и более.

В зависимости от геоморфологических особенностей речных долин и характера руслоформирующих расходов эродируются преимущественно речные поймы с низкими аккумулятивными террасами и фрагменты высоких эрозионно-аккумулятивных террас. В меньшей степени в процессе переформирования участвуют коренные склоны. Долины большинства рек, в основном правых притоков Камы, претерпевают значительные морфологические изменения особенно в среднем и отчасти нижних течениях. Особенно энергично боковая эрозия развивается на реках Иньва, Велва, Егва, Нердва, Обва. Процесс боковой эрозии имеет давнюю историю развития и начиная с конца плейстоцена он создал здесь основные черты нижних и частично средних ярусов рельефа долин. Нет никаких оснований полагать, что активность данного процесса снизилась. Как показали ранее проведенные исследования (Назаров, Байдин и др., 1985ф, 1987ф, 1989ф) развитие процессов

боковой эрозии на территории имеет следующие закономерности: Скорость размыва берегов зависит, главным образом, от скорости водного потока эродирующего склон и характера пород его слагающих. Длина деформируемых рекой берегов, кроме этих двух факторов зависит, в первую очередь от режима прохождения руслоформирующих расходов.

Для характеристики устойчивости русла следует обратить внимание на показатель деформируемости берегов, предложенный Н.Н. Назаровым, В.Г. Байдиным и др. (1987ф). Показатель косвенно характеризует длину фронта эрозии – «Б». В его основе лежит оценка относительной величины (длины) берега, подвергающегося эрозии, по морфологическим и морфометрическим показателям русла и самой реки. Данный показатель вычисляется по следующей формуле: $B = (C_2 C_1)^2 / 4D^2$.

Для анализа процесса боковой эрозии может быть использовано лишь небольшое количество гидрологических и геоморфологических параметров, однозначно характеризующих эрозионную составляющую бокового смещения реки: это – отношение длины русла по излучинам к длине оси пояса меандрирования (C_2); отношение длины пояса меандрирования, или так называемых меандр первого порядка, к протяженности долины (C_1); средняя ширина днища долины (D). «Б» – т.о. представляет собой отношение длины участка берега, подтверждающего процесс боковой эрозии ко всей длине склона, или отношение количества контактов вершин излучин к той же величине. Для рек Пермского края данный показатель различается от 0,02 (рр. Кама, Чусовая, Вишера) до 2,88 (р.Егва). Минимальные значения «Б» соответствуют верхним течениям главной реки Камы, средним и верхним течениям основных притоков. Незначительность параметра объясняется либо отсутствием активного свободного меандрирования верхней части реки либо наличием положительных тектонических движений регионального масштаба. Высокие значения «Б» характерны для небольших рек и их бассейнов, расположенных в пределах Среднекамского прогиба и частично Юрюзано-

Сылвенской депрессии.

Немаловажным моментом в характеристике реки относительно подверженности её берегов процесса береговой эрозии, являются скорости отступления вогнутых берегов. Исследования, проведенные на основе дешифрирования аэрофотоснимков разных лет съемок показывают, что скорость бокового смещения речных русел достигает в год 2-3 метра и более. Максимальные и средние значения скоростей размыва сравнительно однородны от 0,4 до 2,2 м/год, с максимумом встречаемости значений 0,7-1,3 м/год. Кроме того скорости размыва берегов равнинных рек (уклон 0.2 %) близки по своим значениям даже при явной разнице их среднемаксимальных расходов, зафиксированных во время половодья. В тоже время показатель «Б» этих же рек, значительно отличается между собой. Врезанные прямолинейные русла, встречающиеся в районах ограниченного развития русловых деформаций, связаны с тектоническими линеаментами. Они отличаются высокой устойчивостью и в плане практически не изменяются. Отклонение динамической оси потока к тому или иному берегу определяется отдельными изгибами долины, выступами, обвалами, осыпями.

Склоновая эрозия от боковой эрозии отличается агентами денудации, которые участвуют в сносе рыхлого материала со склона. В данном случае главной разрушающей и транспортирующей силой являются гидрометеорологические факторы, речные же воды участвуют лишь в удалении с подножия склона материала, снесенного эрозией. Уступы рельефа (склоны) подверженные склоновой эрозией, в отличие от крутых, почти вертикальных берегов рек при боковой эрозии, более пологие и составляют 45-75°. Их меньшая крутизна объясняется медленным смещением грунта под действием сил гравитации и ручейкового смыва. Склон в этом случае отступает параллельно себе. Обычно, склоновая эрозия в условиях гумидного климата явление довольно редкое. Это подтверждает набор и характер ландшафтов, имеющий развитие на территории Пермского края. Склоны здесь, как правило,

выположены и задернованы. Процессы денудации не имеют возможности здесь широко развиваться, именно благодаря фактору бронирующего действия естественного растительного покрова. Исключение составляют лишь отдельные формы рельефа, имеющие, как правило, непосредственное отношение к процессам линейной эрозии. Это обычно борта оврагов и склоны долин крупных и средних рек. В оврагах процесс склоновой эрозии является составной частью всего комплекса процессов, протекающих в активную фазу развития оврага (солифлюкция, оползни, суффозия, выветривание и т.д.). В более чистом виде и в значительно больших масштабах, она проявляется в долинах рек, где необходимым и обязательным условием развития склоновой эрозии является участие речных вод в удалении продуктов денудации от подножья эрозионного склона. В противном случае, происходит обычный для склонов процесс их выполаживания. В таком случае процесс эрозии постепенно затухает, а склон полностью стабилизируется, покрываясь растительным покровом. Условия для развития процесса благоприятны лишь для тех склонов, которые опираются на затапливаемую в весеннее время пойму. Тогда, рыхлый, дезинтегрированный материал способен перемещаться от подножья уступа даже при наличии очень слабого течения – путем отмывания глинистой фракции. Перенос в сторону русла также может осуществляться и за счет обратных течений, от берега, создаваемых волнами, образовавшимися в половодье при быстром увеличении уровня в реке, или за счет ветрового воздействия. Данный вид эрозии принадлежит долинам тех рек, пойма которых в половодье затапливается, если не постоянно, то часто. Это реки Велва, Иньва (ниже устья Велвы), Егва и некоторые другие.

Большую роль играет также экспозиция склона. Эрозия протекает всегда или почти всегда, лишь на склонах обращенным к «теплым» румбам – южной, западной, юго-западной и юго-восточной экспозиций. Это объясняется разницей в поступлении солнечной радиации и перераспределением тепла и влаги на склонах противоположных экспозиций. На склонах северной, северо-

восточной экспозиций напротив, протекают процессы медленного течения грунта, при отсутствии растительности и дернины.

Наиболее значительные по протяженности и высоте эрозионного уступа участки наблюдаются на склонах – в нижнем течении р. Велвы (дд. Ваганова, Карасова), в нижнем течении р. Кувы (дд. Першина, Гириб), р. Иньвы (д. Дойкар). Длина эрозионных уступов достигает нескольких сотен метров, а высота более десяти метров. На остальной части Пермской области склоновая эрозия развита относительно слабо.

Овражная эрозия. Процесс овражной эрозии довольно широко распространен на территории Пермского края. Наиболее заовраженные участки в её пределах располагаются в юго-западной, наиболее освоенной в хозяйственном отношении, половине территории. Локальные участки активизации эрозионной деятельности вне её пределов приурочены, как правило, к территориям хозяйственного островного освоения – в окрестностях населенных пунктов, промышленных площадок и т.д. Важнейшей причиной ослабления эрозионной деятельности временных водотоков к северу и востоку следует считать резкое сокращение территорий, свободных от леса, но именно в их пределах и располагается максимум площадей водосборов отдельных оврагов и овражных систем, что является характерной чертой именно для гумидной ландшафтно-климатической зоны, к которой и относится и Пермское Прикамье. Для данной ландшафтно-климатической зоны совершенно не характерно изменение природных комплексов под действием естественных изменений метеорологических условий и рельефа, которые могли бы оказать влияние на сток и почвенно-растительный покров, а через них и на интенсивность эрозионных процессов. Незначительно и лишь на ограниченных участках, естественные факторы могут приводить к возникновению в земной поверхности трещин различного генезиса, разрывающих дерновый покров с обнажением грунтов и способствующих концентрации стока и линейной эрозии, что характерно для участков интенсивного развития гравитационных и некоторых других ЭГП; к размыву задерно-

ванных склонов речных долин и водохранилищ, ведущему к увеличению крутизны и дренированию обширных замкнутых западин на водоразделах; к развитию суффозии и карста. Такие овраги, как правило, достигнув своих предельных форм, через 3-5 лет стабилизируются. В современных физико-географических условиях процессы эрозии в средних широтах на девственных территориях практически отсутствуют. Растительность и сформировавшийся в последние тысячелетия голоцена почвенный покров как бы законсервировали древние формы рельефа и приостановили развитие эрозионно-аккумулятивных процессов, за исключением речных русел. В Пермском крае современное развитие оврагов может быть объяснено только хозяйственной деятельностью человека. По-видимому, главную роль при этом сыграло земледельческое освоение территории в прошлом, сопровождавшееся сплошным разрушением на обширных пространствах наиболее мощного в этой зоне противоэрозионного компонента природного комплекса – растительности. Благоприятные для оврагообразования геолого-геоморфологические и гидрометеорологические условия рассматриваемой территории проявились в развитии овражной сети именно в условиях уничтожения естественной растительности. При таком решении вопроса о причинах возникновения овражной сети можно говорить и об относительно молодом её возрасте. Роль растительного покрова заключается в переводе поверхностного стока в подземный и резком снижении неравномерности стока, уменьшении скоростей стекания воды, в скрепляющем действии корневой системы, в предохранении почвы от капельной эрозии и в уменьшении глубины промерзания почвы (Сильвестров, 1949ф; Лопатин, 1952ф; Шапцер, 1956ф).

Экономические аспекты изучения овражной эрозии основываются прежде всего на необходимости организации противоэрозионных мероприятий, составлении различных хозяйственных расчетов. Для этого была произведена оценка интенсивности развития процесса в пределах административных районов. Наиболее полную информацию о заовраженности территории Пермского

края содержит карта – схема густоты овражной густоты овражной расчлененности, которая характеризует суммарную протяженность оврагов на 1 км² площади (Байдин и др., 1978ф). На карте можно выделить четыре, различных по густоте овражной сети в пределах элементарных участков, типа территории:

1). *Безовражные*. Здесь не зафиксировано ни одной эрозионной формы. Этот вид территории занимает обширные пространства, занятые лесом в северной и восточной частях Пермского края, а также водоразделы рек Камы и Сылвы.

2). *Незначительно заовраженные*. Густота овражной сети на нем превышает 0,005 км/км². Наибольшее число участков с такой пораженностью находится к северу от широты г. Перми или на значительном удалении от главной водной артерии – р. Камы.

3). *Среднезаовраженные* – с густотой овражной расчлененности, от 0,005 до 0,01 км/км². Располагаются в долинах р. Камы и её основных притоков, расположенных южнее широты г. Перми.

4). *Сильнозаовраженные*. Густота овражной расчлененности превышает 0,01 км/км². Этот тип территории занимает склоны долины Камы, в основном правобережные, окрестности п. Гайны, д. Пальники, П. Керчевской, устье р. Кондас, п. Чермоз, п. Беляевка, с. Частые, с. Головниха, с. Ножовка, склоны р. Сылвы и прилегающие к ней смежные территории на участках от г. Кунгура до с. Серьги и от с. Тиса до с. Суксун, склоны долин р. Ирени и Кунгура, окрестности с. Очер. Общее количество оврагов всех размеров, зафиксированных в Пермской области по данным Н.Н. Назарова [311] составляет более 1800, суммарная протяженность – около 173 км.

Группа ЭГП связанных с переработкой берегов водохранилищ

Проблема переработки берегов искусственных водохранилищ является одной из важнейших в инженерной геологии. Это определяется колоссальной

протяженностью береговых линий крупных акваторий, где на значительных площадях происходит изменение геологической среды активизации ЭГП, изменение комплекса природных в том числе инженерно-геологических и геоэкологических условий. И.А. Печеркиным [342] разработана генетическая классификация процессов, проведен анализ ЭГП с количественной оценкой, определена их роль в условиях резкого изменения режима водных объектов, разработана схема типов берегов камских водохранилищ (с выделением абразионных, в том числе обвальнo-осыпных в рыхлых породах и в коренных отложениях, оползневых, закарстованных; аккумулятивных и биогенных берегов).

На берегах Камского и Воткинского водохранилищ отмечен следующий комплекс основных экзогенных процессов и явлений: абразия, эрозия, перенос и аккумуляция абразионного материала, оползни, заболачивание, всплывание торфяников и формирование биогенных берегов, подтопление, карст, суффозия, эоловые процессы. Характеристика многих из этих процессов уже давалась выше, необходимо лишь отметить некоторые их особенности в условиях побережий водохранилищ.

Основным фактором переработки берегов водохранилищ является абразия, вызываемая ветровыми и судовыми волнами. Под воздействием абразии береговой склон водохранилища разрушается, вырабатывается новый профиль равновесия. Абразионный процесс ведет к возникновению новых форм рельефа береговых склонов, склоны, имеющие выработанные пологие уклоны, близкие к профилю равновесия теряют устойчивость. Волновая деятельность и уменьшение прочностных свойств береговых уступов при резких колебаниях уровней водохранилищ не раз приводили к разрушению жилых и хозяйственных построек. Особенно большие масштабы берегоразрушений характерны для суглинистых уступов речных надпойменных террас. Наиболее угрожающее положение в течение всего периода существования водохранилищ существует в селах Слудка, Елово, Частые и других пунктах, где в отдельные годы обрушение склонов за весенне-летний период может достигать 4-5 м.

Создание водохранилищ способствовало повышению уровня грунтовых вод и значительному заболачиванию поверхностей низких надпойменных террас. Наиболее интенсивно этот процесс проявился на левобережьях между устьями р. Яйвы и р. Косьвы (Камское водохранилище). В меньших масштабах заболачивание произошло в устьях рек Иньвы, Чермоза, в пригороде городов Березники (Камское водохранилище), Краснокамска, на левом берегу против села Частые (Воткинское водохранилище).

Оползневая деятельность на берегах камских водохранилищ значительно активизировалась. Наиболее опасны в береговой зоне водохранилищ оползни на высоких коренных склонах. Находившиеся в стабильном состоянии древние оползни, с созданием водохранилищ, «ожили». Оползневыми процессами разрушены некоторые жилые и хозяйственные сооружения в Перми, Оханске, Усть-Гаревой; реальная угроза подвижки оползневых тел существует в этих же и других населенных пунктах (Городище, Казанка и др.).

Деятельность суффозии играет большую роль в формировании берегов, хотя и не поддается количественной оценке. Эти процессы наблюдаются при оползневых явлениях в толще переслаивающихся глинистых и песчаных отложений. Суффозионные воронки и провалы встречаются крайне редко. Несколько воронок диаметром около 2 м зафиксировано в районе с. Бабка (Воткинское водохранилище), суффозионный канал около 2 м, отмечен в береговом обрыве у д. Ошва. Шире суффозия развита на берегах нижней Камы (Сорочьи Горы - 3 крупных провала). Суффозионные формы рельефа наблюдаются вдоль бровки высокой камской террасы в северной части Смысловского бора, в районе сс. Булдырь, Рыбная Слобода, и др. За последние годы значительно возросла доля проявлений суффозионного процесса, связанного с быстрой сработкой водохранилищ, проведением откачек из открытых выемок (котлованы, карьеры), концентрацией дождевых и талых вод в пустотах под искусственными покрытиями в населенных пунктах.

Деятельность эоловых процессов хорошо прослеживается в области раз-

вития мелко- и среднезернистых отложений 2 надпойменной террасы. Проявляется в виде дефляции, переноса и аккумуляции. Выдувание происходит при скорости ветра 7-8 км и более, причем перенос осуществляется непосредственно в водоем или на близлежащие участки. Под действием господствующих ветров нередко образуются своеобразные полосы выдувания. Дефляция разрушающегося абразией обрыва наблюдается в районе с. Висим, у г. Краснокамска, в районе дд. Степаново, Усть-Речка и других местах. Следы переотложенного ветром песка нередко фиксируются в полосе 100-150 м, обильный перенос песка особенно хорошо заметен после сильных штормов. В год с погонного метра берега высотой 6-8 м, ориентированного в направлении преобладающих ветров, сдувается около 3-4 м³ песка, что составляет примерно 10% от общего объема породы, перерабатываемой волнами. Наиболее рельефно работа ветра выражается в образовании островов в форме дюн. Под водой рога дюны продолжают в виде кос, материал для постройки кос транспортируется не только ветроволновыми течениями, но и ветром.

Определенное берегоформирующее значение имеет ледяной покров. Мощность льда иногда достигает 1-1,5 м, но, тем не менее, лед практически не разрушает береговой клиф. Невелика и роль плавучего льда. Уровень льда при замерзании располагается гораздо ниже уступа прибрежной мели и не причиняет какого-либо существенного воздействия на берег. Движением плавучих льдов уничтожается плавучий лес, и выкорчевываются пни на мелководьях. Таяние льда и снега на прибрежных отмелях способствует усилению эрозионной деятельности временных потоков.

Наиболее существенное воздействие Камского и Воткинского водохранилищ на берега связаны с колебанием уровней подпертых водоносных горизонтов. Периодическое увлажнение и осушение береговых массивов ухудшает физико-технические свойства пород и способствует не только быстрому разрушению клифа, но и в совокупности с ЭГП снижает устойчивость прибрежной территории далеко за бровкой берегового склона. Ширина зоны воздействия опре-

деляется характером развития берега, его геодинамическим типом и изменяется от сотен метров до 3-5 км. За время существования камских водохранилищ в результате деструктивной деятельности геологических процессов уничтожены лесные и сельскохозяйственные угодья на площади 3416 га. Объем размытых и растворенных пород составил 294 млн. м³. В настоящее время, несмотря на стабилизацию процессов берегоразрушения, сохраняются высокие темпы переработки побережий, достигающие в легкоразмокаемых суглинистых породах величины 1,7-2,1 м/год [303]. Эволюция береговой зоны камских водохранилищ – это длительный незатухающий процесс, меняющий свой режим и развивающийся в пространстве и времени под влиянием природных и техногенных факторов.

Для обеспечения эффективности рационального использования и охраны прибрежной территории В.В. Михалевым [303] выполнено типологическое районирование Камского и Воткинского водохранилищ в масштабе 1:100000, оценена геодинамическая обстановка. Сылвинской ГПП (Ю.Г. Бурцев, В.Г. Байдин и др.) выполнено инженерно-геологическое районирование побережий по факторам переформирования и проведена типизация берегов по процессам переформирования, проводилось многолетнее изучение динамики переработки берегов водохранилищ. По данным Пермгеомониторинга (Аликин и др., 1999ф) отмечается, что, площади потерянных земель за три года (1996-1998 гг.) составили более 600 тыс.км² на берегах Камского и 620 тыс.км² на берегах Воткинского водохранилища. Максимальные темпы отступления берега – более 1,5 м/год зафиксированы на стационаре «Скородум» (Ильинский район и у г.Чермоза), до 1,0 м/год – с.Елово. Только в 1998 г. на берегах водохранилищ образовалось 15 новых оползней и более 50 испытали активизацию. В настоящее время ту или иную степень воздействия со стороны ЭГП испытывают побережья всех административных районов, имеющих выход к камским водохранилищам. Переработка берегов, овраго- и оползнеобразования захватили от 20-30 до 80-100 % их протяженности. Наибольший ущерб испытывают сельскохо-

зяйственные районы Прикамья – Оханский, Осинский, Частинский и Еловский и промышленные районы – Пермский (частично), Краснокамский, города Пермь и Березники.

По экспертной оценке суммарного ущерба от негативных изменений ГС (Кофф и др., 1997) [257] Пермский край входит в четвертую группу (территории экономических районов, характеризующихся тенденцией развития весьма опасных и трудно прогнозируемых процессов на интенсивно осваиваемых участках) со значительным среднесрочным социально-экономическим ущербом от последствий опасных процессов.

Глава 8. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ТИПИЗАЦИЯ

8.1. Современное инженерно-геологическое районирование

На территорию Пермского края существует несколько вариантов инженерно-геологического районирования. Принципы инженерно-геологического картирования и районирования наиболее полно разработаны И.В.Поповым (1961), который предложил выделять в качестве самостоятельных таксономических единиц инженерно-геологические регионы (по структурно-тектоническому принципу), области (по геоморфологическому принципу), районы (по литолого-генетическому принципу) и подрайоны разного порядка. Обзорное инженерно-геологическое районирование Урала и Приуралья проведено Ф.А. Асинкритовым [46] и Г.А. Голодковской [96], где в пределах Пермского края выделено два региона первого порядка – Русская платформа и Урало-Новоземельская горная страна, в которых выделено несколько регионов второго порядка. В 1990 г. составлена карта инженерно-геологического районирования Пермской области в масштабе 1:1 000 000 под редакцией И.А. Печеркина (Осовецкий, Печеркин и др., 1990ф), где выделено 6 регионов второго порядка: Северо-западный, Центральный, Предуральский регион, Южно-Тиманский, Западно-Уральский, Центрально-Уральский регионы.

Современное инженерно-геологическое районирование масштаба 1:500 000 выполнено при составлении карты инженерно-геологических условий Пермского края масштабе 1:500 000 (Копылов, Коноплев, 2005ф) [121, 217-219, 225]. На основе формационного подхода и современных геологических представлений территория Пермского края расположена в пределах двух инженерно-геологических регионов первого порядка – Восточно-Европейской (Русской) платформы, (включающей 3 региона второго порядка – Волго-Уральский, Тиманский и Предуральский) и инженерно-геологического региона первого по-

рядка Урало-Новоземельской горной страны, (включающей два региона второго порядка - Западно-Уральский и Центрально-Уральский) (рис. 8.1).

В пределах крупнейших тектонических структур, в мезо-кайнозойское время сформировались неоструктуры (морфоструктуры) различного иерархического уровня, характеризующиеся особенностями рельефа, состава и мощности рыхлых кайнозойских отложений, неотектоническими движениями, сейсмичностью, гидрогеологическими условиями и интенсивностью современных геологических процессов.

В связи с этим, природно-территориальные единицы, соответствующие крупнейшим тектоническим, неотектоническим и геоморфологическим структурам (морфоструктурам I порядка), рассматриваются, как инженерно-геологические регионы второго порядка.

I. Волго-Уральский инженерно-геологический регион второго порядка (соответствует северной части Волго-Уральской антеклизы) с распространением терригенной красноцветной и карбонатно-терригенной формаций верхней перми, в северо-западной части терригенной формации мезозоя, в юго-восточной части - галогенно-карбонатной формации нижней перми; с преобладанием в северной части флювиогляциальных песков и супесей, ледниковых моренных суглинков, полигенетических отложений, озерно-болотных отторфованных суглинков и торфов; в центральной и южной части – с преобладанием делювиальных суглинков и глин, элювиально-делювиальных супесей и суглинков.

II. Тиманский инженерно-геологический регион второго порядка (фрагмент южной части Тиманской антеклизы) с распространением карбонатно-терригенной и галогенно-карбонатной формаций перми, формации метаморфизованных карбонатно-терригенных пород среднего рифея; с маломощным чехлом флювиогляциальных, ледниковых и полигенетических отложений.

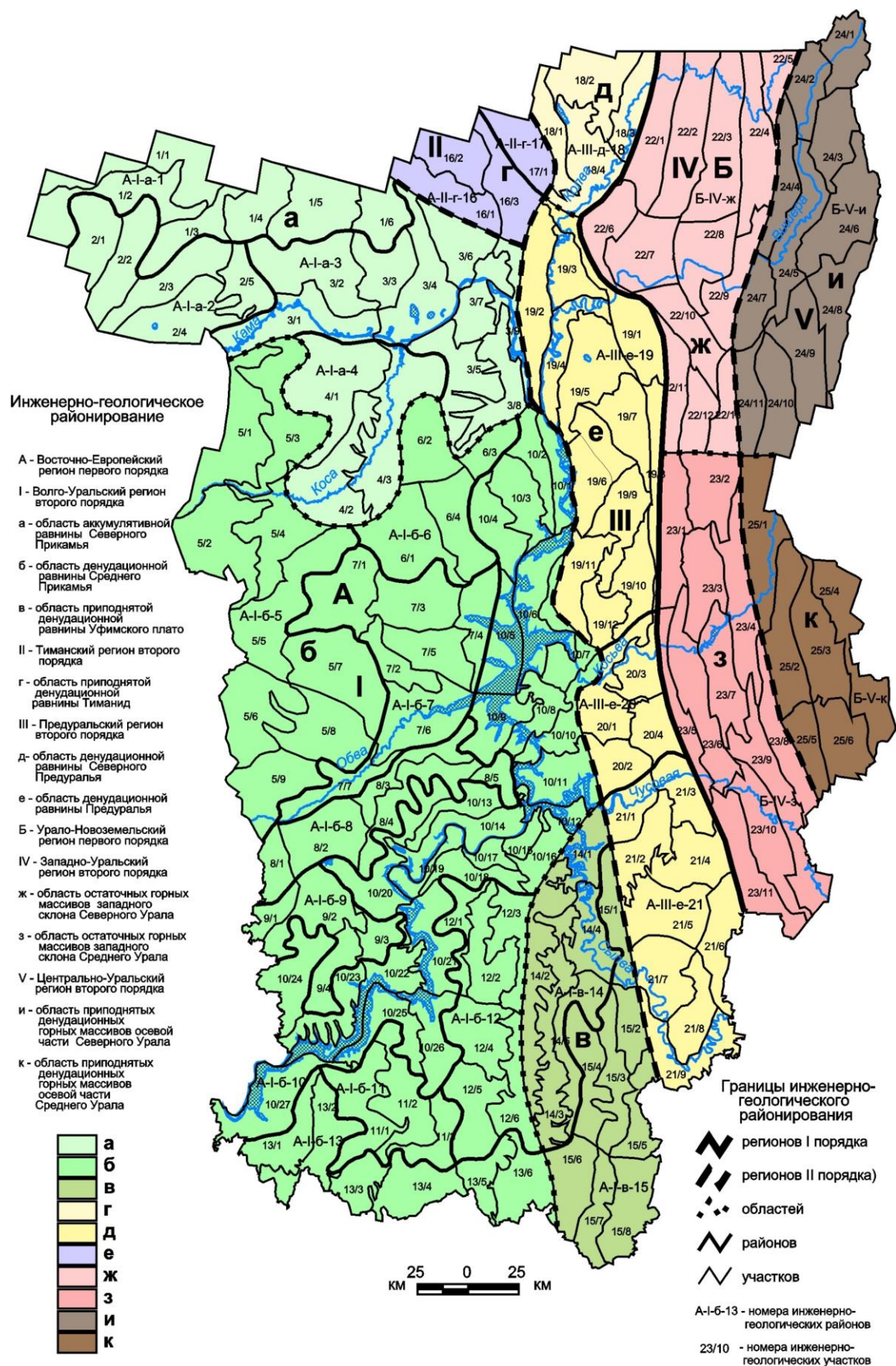


Рис. 8.1 Инженерно-геологическое районирование территории
 Пермского края [225]

III. Предуральский инженерно-геологический регион второго порядка

(соответствует Предуральскому краевому прогибу) с распространением карбонатно-терригенной и галогенно-карбонатной формаций перми; с преобладанием в северной части флювиогляциальных песков и супесей, ледниковых и полигенетических отложений, в центральной и южной части – с покровом песчаных и глинистых элювиально-делювиальных отложений.

IV. Западно-Уральский инженерно-геологический регион второго порядка (соответствует Западно-Уральской зоне складчатости) с распространением терригенно-карбонатных, терригенных, карбонатно-угленосных, карбонатных формаций палеозоя с покровом элювиально-делювиальных отложений.

V. Центрально-Уральский инженерно-геологический регион второго порядка (соответствует Центрально-Уральскому поднятию) с распространением карбонатных, терригенных, метаморфических и вулканогенных формаций палеозоя и протерозоя, с преобладанием в северной части - солифлюкационно-делювиальных глинистых, коллювиальных и элювиальных грубообломочных отложений, в южной части – с покровом элювиально-делювиальных отложений.

В пределах инженерно-геологических регионов второго порядка (морфоструктур I порядка) выделяются инженерно-геологические области, соответствующие крупным неотектоническим и геоморфологическим структурам (морфоструктурам II порядка), которые в свою очередь подразделяются на инженерно-геологические районы, соответствующие средним неотектоническим и геоморфологическим структурам (морфоструктурам III порядка). В соответствии со схемой геоморфолого-неотектонического районирования на морфоструктурной основе [165, 168], территория Пермского края подразделяется на 10 инженерно-геологических областей, которые в свою очередь подразделяются на 25 инженерно-геологических районов (рис.8.1). Выделенные инженерно-геологические районы, характеризуются распространением, как правило, одной, реже – двумя и более формаций коренной основы (с увеличением в пре-

делах горно-складчатой части) и нескольких генетических типов четвертичных отложений.

Восточно-Европейский регион первого порядка (А):

Волго-Уральский регион второго порядка (А-I):

Область аккумулятивной равнины Северного Прикамья (А-I-a):

Район умеренных сводовых поднятий Северных Увалов (А-a-I-1).

Район слабых дифференцированных поднятий Веслянской низины (А-I-a-2).

Район слабых дифференцированных поднятий Верхнекамской низменной равнины (А-I-a-3).

Район слабых дифференцированных поднятий Косинской низменной равнины (А-I-a-4).

Область денудационной равнины Среднего Прикамья (А-I-б):

Район умеренных сводовых поднятий Верхнекамской возвышенности (А-I-б-5).

Район умеренных сводовых поднятий Верхнекондаских Увалов (А-I-б-6).

Район слабых дифференцированных поднятий Иньвенско-Обвинской низменной равнины (А-I-б-7).

Район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Верецагинско-Васильевских Увалов (А-I-б-8).

Район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Оханских Увалов (А-I-б-9).

Район слабых дифференцированных поднятий Среднекамской низменной равнины (А-I-б-10).

Район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Осинской возвышенности (А-I-б-11).

Район умеренных и значительных дифференцированных поднятий Туловинской возвышенности (А-I-б-12).

Район слабых дифференцированных поднятий Буйской низменной равнины (А-I-б-13).

Область приподнятой денудационной равнины Уфимского плато (А-I-в):

Район слабых дифференцированных поднятий Иреньско-Сылвенской наклонной карстовой равнины (А-I-в-14).

Район умеренных дифференцированных поднятий Уфимское плоскогорья и Сылвенского кряжа (А-I-в-15).

Тиманский регион второго порядка (А-II):

Область денудационной равнины Тиманид (А-II-г):

Район слабых поднятий Кельтменской низины (А-II-г-16).

Район умеренных поднятий Тиманского кряжа (А-II-г-17).

Предуральский регион второго порядка (А-III):

Область денудационной равнины Северного Предуралья (А-III-д):

Район слабых и умеренных поднятий Колвинско-Вишерской возвышенной равнины (А-III-д -18).

Область денудационной равнины Предуралья (А-III-е):

Район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Соликамской равнины (А-III-е-19).

Район умеренных дифференцированных поднятий Колвинско-Чусовской возвышенности (А-III-е-20).

Район слабых и умеренных дифференцированных поднятий Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины (А-III-е-21).

Урало-Новоземельский регион первого порядка (Б):

Западно-Уральский регион второго порядка (Б-IV):

Область остаточных горных массивов западного склона Северного Урала (Б-IV-ж).

Область остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала (Б-IV-з).

Центрально-Уральский регион второго порядка (Б-V):

Область приподнятых денудационных горных массивов осевой части Северного Урала (Б-V-и).

Область приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала (Б-V-к).

8.2. Типизация и оценка степени инженерно-геологической сложности

В результате проведения типологического инженерно-геологического районирования территории Пермского края по литолого-генетическому принципу инженерно-геологические районы подразделены на крупные участки (участки первого порядка). Всего выделено 183 инженерно-геологических участка с площадями 223-1747, в среднем 907 км².

При выделении их учитывались (в порядке приоритета): формации и подформации пород коренной основы, геолого-генетические комплексы четвертичных отложений, комплексы почвогрунтов, орографические уровни рельефа. Основная геолого-геоморфологическая характеристика инженерно-геологических участков приведена в таблице 8.1.

Важнейшую роль при изучении инженерно-геологических условий играет комплексная оценка степени инженерно-геологической сложности территорий. На основе всего изученного материала проведено зонирование по основным факторам, определяющим инженерно-геологические условия Пермского Приуралья на региональном уровне: распространению основных экзогенных геологических процессов (карста, овражности, заболачивания и др.), эрозионной расчлененности рельефа, сейсмичности, неотектоническим показателям (плотности линеаменов и мегатрещин). Интегральная оценка всех этих показателей позволила определить (экспертно-балльным путем) степень инженерно-геологической сложности промышленного и хозяйственного освоения и категорию условий каждого участка. Выделено 4 типа участков (и 3 промежуточные категории):

Таблица 8.1

Геолого-геоморфологическая характеристика
инженерно-геологических участков

Инж. геол. рай- он	Инж. геол. уча- сток	Пло- щадь, км ²	Формации пород коренной основы	Геолого- генетический комплекс четвертичных отложений	Преобладающие орографические уровни, м
1	2	3	4	5	6
1	1/1	1107	Mz	pg III	150-200, 200-300
	1/2	1353	Mz	f II-III, g I-III	150-200, 200-300
	1/3	730	Mz	pg III, g I-III	200-300
	1/4	809	P _{2t}	f II-III, pg III	200-300
	1/5	1187	P _{2t}	pg III	200-300
	1/6	648	P _{2bl}	pg III, g I-III	150-200, 200-300
2	2/1	862	Mz	f II-III	150-200
	2/2	962	Mz	g I-III, a III	100-150, 150-200
	2/3	1030	Mz	f II-III, a III	100-150, 150-200
	2/4	1173	Mz	f II-III	150-200
	2/5	609	P _{2ur}	f II-III, a III	100-150, 150-200
3	3/1	1344	P _{2ur}	f II-III, a III	100-150
	3/2	1526	P _{2ur}	pg III, f II-III	100-150, 150-200
	3/3	812	P _{2bl}	g I-III, f II-III	100-150, 150-200
	3/4	1387	P _{2bl} , P _{1ss}	a III, a II	100-150
	3/5	1196	P _{2bl}	f II-III, pg III, g I-III, a III	100-150, 150-200
	3/6	825	P _{1ss}	pg III, a III	100-150
	3/7	759	P _{1ss}	f II-III, pg III	100-150, 150-200
	3/8	887	P _{1ss}	f II-III	100-150, 150-200
	3/9	542	P _{1sl}	f II-III, a III	100-150
4	4/1	1747	P _{2ur}	f II-III	100-150, 150-200
	4/2	1405	P _{2ur}	g I-III	100-150, 150-200
	4/3	1742	P _{2bl}	g I-III, f II-III, a III	100-150
5	5/1	1500	Mz	f II-III	200-300
	5/2	1504	Mz	g I-III, f II-III	200-300, 300-400
	5/3	1476	P _{2t}	f II-III	150-200, 200-300
	5/4	1132	P _{2ur}	f II-III, g I-III	150-200, 200-300
	5/5	1692	P _{3sd}	ed III-IV	150-200, 200-300
	5/6	1323	P _{3sd}	ed III-IV	150-200, 200-300
	5/7	1513	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300
	5/8	1258	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300
	5/9	1115	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6
6	6/1	1395	P _{2ur} , P _{2bl}	ed III-IV	150-200, 200-300
	6/2	963	P _{2ur} , P _{2bl}	f II-III, g I-III	150-200, 200-300
	6/3	991	P _{2ur} , P _{2bl}	pg III	150-200, 200-300
	6/4	436	P _{2bl} , P _{1ss}	f II-III	150-200, 200-300
7	7/1	1230	P _{2ur}	ed III-IV	100-150, 150-200
	7/2	508	P _{2ur}	ed III-IV	100-150, 150-200
	7/3	1090	P _{2bl}	ed III-IV	100-150, 150-200
	7/4	719	P _{2bl}	pg III	100-150, 150-200
	7/5	852	P _{2bl}	ed III-IV	100-150, 150-200
	7/6	1276	P _{2bl}	ed III-IV	100-150, 150-200
	7/7	699	P _{2ur}	ed III-IV	100-150, 150-200
8	8/1	439	P _{2ur}	ed III-IV	200-300
	8/2	1099	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300
	8/3	638	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300
	8/4	958	P _{2bl}	ed III-IV	150-200, 200-300
	8/5	320	P _{1ss} , P _{1sl}	ed III-IV, pg III	150-200, 200-300
9	9/1	324	P _{3sd}	ed III-IV	150-200, 200-300
	9/2	1022	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300
	9/3	590	P _{2ur}	ed III-IV	150-200, 200-300
	9/4	392	P _{2bl}	ed III-IV	150-200, 200-300
10	10/1	574	P _{1ss} , P _{1sl}	f II-III, a III	100-150
	10/2	559	P _{1ss}	f II-III	100-150, 150-200
	10/3	767	l _{2ss}	f II-III, g I-III, pg III	100-150, 150-200
	10/4	773	P _{2bl}	pg III	100-150, 150-200
	10/5	847	P _{2bl}	pg III, a II	100-150
	10/6	1160	P _{1ss}	a II, a III, sd III	100-150
	10/7	638	P _{1ss}	f II-III	100-150
	10/8	578	P _{1ss}	f II-III, pg III	100-150, 150-200
	10/9	765	P _{2ur} , P _{2bl}	f II-III, pg III, ed III-IV, a II	100-150, 150-200
	10/10	640	P _{1sl}	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	10/11	948	P _{1ir} , P _{1sl}	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	10/12	321	P _{1sl}	d III-IV, ed III-IV, a II	100-150, 150-200
	10/13	486	P _{1ss}	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200
	10/14	884	P _{1ss}	a II, a III	<100, 100-150
	10/15	223	P _{1ss}	d III-IV	100-150, 150-200
	10/16	496	P _{1ss} , P _{1sl}	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	10/17	244	P _{1ss}	a III, d III-IV	<100, 100-150
	10/18	519	P _{1ss}	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200
	10/19	326	P _{1ss}	d III-IV	<100, 100-150
	10/20	1180	P _{2bl}	d III-IV, ed III-IV, a III	<100, 100-150

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3	4	5	6
	10/21	1017	P ₂ bl, P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV, a III	<100, 100-150
	10/22	936	P ₂ bl	d III-IV, ed III-IV, a III	<100, 100-150, 150-200
	10/23	668	P ₂ ur	d III-IV, ed III-IV	<100, 100-150, 150-200
	10/24	924	P ₂ ur	d III-IV	100-150, 150-200
	10/25	799	P ₂ bl	a II, a III, ed III-IV	<100, 100-150, 150-200
	10/26	801	P ₂ bl, P ₁ ss	a II, a III, d III-IV	<100, 100-150, 150-200
	10/27	1194	P ₂ ur	d III-IV, a II, a III	<100, 100-150, 150-200
11	11/1	1105	P ₂ ur, P ₂ bl	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	11/2	1082	P ₂ bl	ed III-IV	150-200, 200-300
	11/3	562	P ₂ bl, P ₁ ss	ed III-IV, a III	100-150, 150-200, 200-300
12	12/1	515	P ₂ bl, P ₁ ss	ed III-IV	200-300
	12/2	903	P ₂ bl	ed III-IV, e III	200-300, 300-400
	12/3	731	P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	12/4	945	P ₂ bl	ed III-IV	200-300, 300-400
	12/5	988	P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV	200-300
	12/6	737	P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV	200-300
13	13/1	772	P ₂ ur	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200
	13/2	951	P ₂ ur, P ₂ bl	d III-IV, ed III-IV	<100, 100-150, 150-200
	13/3	531	P ₂ bl	d III-IV, ed III-IV	<100, 100-150
	13/4	912	P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV, a III	<100, 100-150, 150-200
	13/5	523	P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV	150-200
	13/6	870	P ₁ sl	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200
14	14/1	637	P ₁ sl	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	14/2	1310	P ₁ ss	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	14/3	1270	P ₁ sl	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	14/4	762	P ₁ ir	d III-IV, ed III-IV, a III	100-150, 150-200
	14/5	797	P ₁ ir	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200
15	15/1	635	P ₁ sl, P ₁ ir	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	15/2	502	P ₁ fl	e III	200-300, 300-400
	15/3	801	P ₁ ir, P ₁ fl	d III-IV, ed III-IV	200-300
	15/4	858	P ₁ ir	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	15/5	553	P ₁ fl	ed III-IV	200-300, 300-400
	15/6	856	P ₁ ir	d III-IV, ed III-IV	200-300
	15/7	594	P ₁ ir	ed III-IV	200-300
	15/8	999	P ₁ ir, P ₁ fl	d III-IV, ed III-IV	300-400

1	2	3	4	5	6
16	16/1	901	P ₂ bl, P ₁ ss	pg III, a III	100-150, 150-200
	16/2	741	P ₁ ss	f II-III, g I-III, pg III	100-150, 150-200, 200-300
	16/3	888	P ₂ bl, P ₁ ss, P ₁ kg	pg III, f II-III	150-200
17	17/1	770	P ₁ sl, P ₁ kg+ar, P ₁ a-s, C ₁	f II-III, pg III, e III	150-200, 200-300
18	18/1	577	P ₁ sl	pg III, f II-III, g I-III	150-200, 200-300
	18/2	1130	P ₁ sl	f II-III, pg III, a III	100-150, 150-200, 200-300
	18/3	678	P ₁ kg+ar	f II-III, pg III, d III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	18/4	1139	P ₁ kg+ar	pg III, g I-III, a III	100-150, 150-200, 200-300
19	19/1	1162	P ₁ kg+ar	f II-III, ed III-IV, a II, a III	100-150, 150-200, 200-300
	19/2	1155	P ₁ ss, P ₁ sl	f II-III, g I-III ed III- IV	100-150, 150-200, 200-300
	19/3	617	P ₁ sl	a II, a III	100-150
	19/4	750	P ₁ sl	a II, a III	100-150, 150-200, 200-300
	19/5	1252	P ₁ sl	f II-III, a III	100-150, 150-200
	19/6	1108	P ₂ bl, P ₁ ss	f II-III, lg II	100-150, 150-200
	19/7	835	P ₂ bl, P ₁ ss	f II-III, lg II	100-150, 150-200, 200-300
	19/8	581	P ₁ kg	pg III, lg II	100-150, 150-200, 200-300
	19/9	895	P ₂ bl, P ₁ ss	pg III	150-200, 200-300
	19/10	737	P ₂ bl, P ₁ ss	ed III-IV, pg III	100-150, 150-200, 200-300
	19/11	775	P ₁ ss	f II-III, pg III	100-150, 150-200, 200-300
	19/12	507	P ₁ ss	pg III, ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
20	20/1	977	P ₁ sl	ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	20/2	635	P ₁ sl	ed III-IV	200-300
	20/3	619	P ₁ kg+ar	ed III-IV	150-200, 200-300, 300-400
	20/4	608	P ₁ kg+ar	ed III-IV	150-200, 200-300, 300-400

1	2	3	4	5	6
21	21/1	577	P ₁ sl	d III-IV, a III	100-150, 150-200, 200-300
	21/2	779	P ₁ sl	ed III-IV	150-200, 200-300
	21/3	710	P ₁ ks	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	21/4	930	P ₁ kg+lk	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400
	21/5	1122	P ₁ ks	d III-IV, ed III-IV	100-150, 150-200, 200-300
	21/6	803	P ₁ kg+ar	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400
	21/7	961	P ₁ ks	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300
	21/8	692	P ₁ ks	ed III-IV	200-300
	21/9	904	P ₁ ks	d III-IV, ed III-IV	200-300
22	22/1	1134	P ₁ ar, C ₂₋₃	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400
	22/2	1418	P ₁ ar, P ₁ a-s, C ₂₋₃	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400
	22/3	1524	P ₁ ar, P ₁ a-s, C ₂₋₃	d III-IV, ed III-IV, a II, a III	200-300, 300-400
	22/4	1176	C ₂₋₃ , D ₂ -C ₁	ed III-IV, sd III	200-300, 300-400, 400-500
	22/5	429	D ₂ -C ₁ , S ₂ -D ₁	d III-IV, sd III, cd IV	200-300, 300-400, 400-500
	22/6	748	C ₂₋₃ , S ₂ -D ₁ , R ₃	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500
	22/7	1073	P ₁ ar, P ₁ a-s, C ₂₋₃ , D ₂	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300, 300-400
	22/8	1004	P ₁ ar, C ₂₋₃	d III-IV, ed III-IV	150-200, 200-300, 300-400
	22/9	846	C ₂₋₃ , D ₂ -C ₁ , D ₁₋₂	ed III-IV, sd III, cd IV	200-300, 300-400, 400-500
	22/10	817	D ₂ -C ₁ , V ₂ , V ₁ , R ₃	ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500
	22/11	657	P ₁ ar, C ₁	ed III-IV, pg III	150-200, 200-300, 300-400
	22/12	541	P ₁ ar, P ₁ a-s, C ₁	ed III-IV	150-200, 200-300, 300-400
	22/13	543	D ₂ -C ₁ , V ₂	ed III-IV	300-400, 400-500
23	23/1	962	P ₁ ar, P ₁ a-s	ed III-IV	150-200, 200-300
	23/2	903	D ₂ -C ₁ , D ₁₋₂	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500, 500-750
	23/3	855	C ₂₋₃ , D ₂ -C ₁ , V ₂	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500, 500-750
	23/4	1111	V ₂ , V ₁	ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500, 500-750
	23/5	632	P ₁ a-s, P ₁ lk	ed III-IV, a III	200-300, 300-400, 400-500
	23/6	1217	C ₁ , D ₂ -C ₁ , V ₂	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500

1	2	3	4	5	6
23	23/7	954	V ₂ , V ₁	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400
	23/8	757	V ₂ , V ₁	ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500
	23/9	1313	D ₂ -C ₁	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400
	23/10	1086	C ₂₋₃ , D ₂ -C ₁ , V ₂	ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500
	23/11	1027	P _{1ar}	d III-IV, ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500
24	24/1	657	O ₁ , R ₃	cd IV, sd III, e III	400-500, 500-750, >750
	24/2	660	O ₂₋₃ , O ₁₋₂ , S	sd III, d III-IV	300-400, 400-500, 500-750
	24/3	781	R ₃	cd IV, sd III, e III	500-750, >750
	24/4	721	D ₂ -C ₁ , S ₂ -D ₁	cd IV, sd III, e III, d III-IV	400-500, 500-750, >750
	24/5	1066	S ₂ -D ₁ , S	sd III, d III-IV	200-300, 300-400, 400-500
	24/6	1354	V ₁ , R ₃ ,	cd IV, sd III	300-400, 400-500, 500-750
	24/7	623	D ₂ -C ₁ , D ₁₋₂ , S	cd IV, sd III	400-500, 500-750, >750
	24/8	1033	R ₃	cd IV, sd III	400-500, 500-750, >750
	24/9	1132	V ₁	cd IV, sd III	500-750, >750
	24/10	930	V ₁ , R ₃	ed III-IV, cd IV, sd III	300-400, 400-500, 500-750
	24/11	637	V ₂ , V ₁	ed III-IV	300-400, 400-500, 500-750
25	25/1	1241	V ₂ , V ₁	ed III-IV	300-400, 400-500, 500-750
	25/2	1149	V ₁ , R ₃	cd IV, ed III-IV	300-400, 400-500, 500-750
	25/3	1131	V ₁	ed III-IV, e III	400-500, 500-750, >750
	25/4	1245	O ₂₋₃ , S	ed III-IV, sd III	400-500, 500-750
	25/5	542	V ₁ , R ₃	ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500
	25/6	846	V ₁ , R ₃	ed III-IV	200-300, 300-400, 400-500

1 – благоприятные (требуется обычная инженерная подготовка),

2 – условно благоприятные (требуется значительная инженерная подготовка),

3 – ограниченно благоприятные (требуется сложная инженерная подготовка),

4 – неблагоприятные (требуются специальные трудноосуществимые методы инженерной подготовки).

Участки с 1 и 1-2 категорией сложности развиты в основном в северо-западной и западной части Пермского края, занимая 20 % всей площади. Участки 2 категории сложности занимают большую часть территории Пермского края, занимая 60 % всей площади. Участки с 2-3 категорией сложности развиты фрагментарно в северо-восточной и центральной части, в районах камских водохранилищ, занимая 15 % всей площади. Участки с 3 и 3-4 категорией сложности развиты в промышленных районах Пермского края – Пермской, Соликамско-Березниковской, Кунгурской, Кизеловской, Чусовской промзон, занимают 5 % всей площади. Участки с 4 категорией сложности на территории Пермского края в данном масштабе работ не выделяются, но теоретически могут локально существовать [225].

Часть IV

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Глава 9

ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

9.1. Основные источники и виды воздействия на окружающую среду

Основные источники техногенного воздействия

Пермский край – крупнейший на Западном Урале индустриальный комплекс, один из наиболее развитых в экономическом отношении административных единиц РФ, имеющий высокий уровень урбанизации, мощный промышленный потенциал (топливный, химический, нефтехимический, металлургический, машиностроительный, горнодобывающий, деревообрабатывающий, целлюлозно-бумажный комплексы и др.), преимущественно экстенсивное и нестабильное сельское хозяйство, недостаточно развитую производственную и социальную инфраструктуру.

По административно-территориальному устройству Пермский край включает: Коми-Пермяцкий округ – административно-территориальная единица с особым статусом; 33 административных района, (в т.ч. 6 районов в Коми-Пермяцком округе); 51 городской населённый пункт, в том числе – 14 городов краевого значения (в том числе Пермь – административный центр Пермского края); 11 городов районного значения; 26 рабочих посёлков; ЗАТО Звёздный; 3576 сельских населённых пунктов. Всего по краю: 3669 административно-территориальных единиц. По муниципальному устройству Пермский край включает: 26 городских округов; 10 муниципальных округов; 10 муниципальных районов, в которых 87 сельских поселений. Численность населения по дан-

ным Росстата (2020 г.) составляет 2 599 260 чел.; плотность населения – 16, 22 чел./км²; городское население – 75,91 % [79].

Основными источниками воздействия на окружающую среду (ОС) являются промышленные предприятия. В различных отраслях экономики Пермского края находится в эксплуатации около 3 тыс. опасных производственных объектов. В Пермском крае насчитывается более 500 крупных и средних предприятий различных отраслей экономики; кроме того, существует 10,6 тыс. малых предприятий, несколько тыс. кооперативов и фермерских хозяйств, десятки тыс. индивидуальных предпринимателей. Наибольшая часть источников загрязнения ОС сосредоточена в четырех крупнейших промышленных узлах края – Пермско-Краснокамском, Березниковско-Соликамском, Лысьвинско-Чусовском, Кизеловско-Губахинском. Сельскохозяйственные объекты в большей мере сконцентрированы в южной, западной и юго-восточной части края. Северная и северо-западная часть края – районы нового освоения, преимущественно с лесопромышленной специализацией. На большей части края (в платформенной части), расположены районы нефтегазового освоения, а на востоке, в уральской горно-складчатой зоне – горнопромышленные районы.

Организациями, занимающимися проблемами охраны окружающей среды, выделяется различное количество промышленных источников воздействия. На контроле госсанэпидслужбы находится 3050 промышленных объектов, из них, к предприятиям 1 и 2 класса опасности отнесено 98 промышленных предприятий. Отмечается ежегодное увеличение отчитывающихся перед Управлением по охране окружающей среды края предприятий. По материалам сборников «Состояние и охрана окружающей среды Пермского края» (за последние 25 лет (1995-2020 гг.) составлялись карты техногенной нагрузки по административным территориям Пермского края – по основным модульным показателям загрязнения окружающей среды. Зонирование районирование территории Пермского края по техногенной нагрузке в разные годы приведено на рис. 9.1.

Таблица 9.1

Воздействие на окружающую среду в Пермском крае

Год	Валовый выброс ЗВ в атмосферу от стационарных источников, тыс.т	Сброс сточных вод, млн. м ³		Накопленный объем промышленных и бытовых отходов, млн. т
		всего	в т.ч. без очистки	
1995	579,0	2281,6	147,0	580,8
1996	672,1	2236,0	128,0	601,7
1997	608,9	2150,0	113,2	662,1
1998	584,6	1994,0	91,6	505,9
1999	576,2	2112,0	96,7	523,3
2000	560,8	1681,1	89,4	540,9
2001	600,0	1975,1	97,4	576,6
2002	646,1	1857,0	89,1	596,4
2003	462,9	1991,2	82,6	604,4
2004	476,1	2567,6	77,4	618,0
2005	431,9	2625,6	316,6	643,6
2006	437,4	2584,9	302,0	671,4
2007	412,3	2773,1	302,0	699,9
2008	384,0	2722,5	49,2	716,2
2009	346,2	2463,0	33,2	739,5
2010	324,6	2372,4	13,4	767,3
2011	375,2	2276,1	96,9	762,0
2012	343,7	1874,1	111,2	782,4
2013	368,0	2072,9	113,4	749,9
2014	312,5	2079,8	397,8	778,3
2015	298,6	1889,6	382,9	817,7
2016	308,9	1547,1	357,8	817,4
2017	310,8	1544,9	317,1	816,8
2018	292,8	1421,5	211,8	841,4
2019	293,1	1229,5	209,5	827,4

Примечание: составлено по данным Сборников по состоянию окружающей среды Пермского края за 1995-2019 гг.; некоторые данные в разных сборниках могут не совпадать ввиду различных методик подсчета и уточнения более поздних данных (некоторые данные не были представлены предприятиями)

Общий выброс ЗВ в атмосферу с учетом автотранспорта в Пермском крае составил в 2018 г. – 658,1 (в т.ч. выброс от автотранспорта – 292,8). Основные ЗВ: метан – 38%; оксида углерода – 27%; смеси углеводородов – 10 %; диоксида азота – 9%; сернистого ангидрида – 3 %; оксида азота – 2%; прочих – 11%.

Предприятиями края выбрасывается в атмосферу более 400 видов ЗВ, из них 66 выбрасываются с превышением установленных нормативов ПДВ. Ос-

новная доля загрязнения атмосферного воздуха приходится на предприятия транспортной отрасли, 98% общей массы выбросов которой приходится на трубопроводный транспорт. На втором месте по массе выбросов ЗВ находится топливная промышленность (предприятия добычи и переработки нефти); далее следуют черная и цветная металлургия, непроемственные отрасли (предприятия ЖКХ, внешнего благоустройства, теплоснабжения и др.), электроэнергетика, химическая и нефтехимическая отрасли, лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность. Среди ЗВ лидирует метан, выбрасываемый предприятиями трубопроводного транспорта; на втором месте – оксиды углерода; далее смесь предельных углеводородов, летучие органические соединения, основным источником, которых являются нефтедобывающие и нефтеперерабатывающие предприятия; диоксиды азота и серы, образующиеся в процессе сжигания различных видов топлива (Сборники по состоянию ОС, 1995-2020 гг.) [79]. Высокие концентрации окиси углерода, диоксида серы и др. ЗВ приводит к образованию «кислотных» дождей и гибели растительного покрова. По качеству атмосферного воздуха наиболее неблагоприятными в крае являются города – Пермь, Березники, Чусовой, Соликамск, Александровск, Лысьва.

Антропогенное воздействие на водные объекты

В Пермском крае уже несколько десятилетий продолжается загрязнение рек и водоемов. Тенденции водопотребления и водоотведения на территории края за последние 20 лет меняются незначительно, имеют волнообразный характер (в т.ч. – сброс загрязненных сточных вод); увеличивается число водопользователей. Наибольший сброс сточных вод наблюдался в 2005-2007 гг., с 2014-2016 гг. показатели водопользования приобретают тенденции к снижению. В 2017 г. наблюдается некоторое увеличение по забору и сбросу.

В общем объеме водопотребления и сброса сточных вод 97% приходится на промышленные предприятия, из них основной объем ЗВ дает жилищно-коммунальное хозяйство – 71%. Доля химической и нефтехимической промышленности – 10%; лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-

бумажной промышленности – 9%; металлургии – 6%; электроэнергетики – 3%. Всего в водоемы Пермского края сбрасывается ЗВ – 53 наименований. Основную массу сброса ЗВ (95%) составляет сухой остаток – 807 тыс.т, соединений металлов – 258 тыс. т. Из компонентов сухого остатка основными являются: хлориды (41%), натрий (16%), сульфаты (9%), ХПК (9%), кальций (7%), калий (6%), нитраты (1%), магний (1%), азот общий (1%), танин (1%), прочих – 8%. С загрязненными стоками в водоемы попадают опасные для здоровья населения биологически и химически активные вещества, формальдегиды, нефтепродукты, микроэлементы и др. Загрязненными являются все крупные водные артерии региона, а также все малые водотоки в пределах городов и крупных населенных пунктов.

Наиболее неблагоприятными районами в крае по качеству питьевой воды являются: по микробиологическим показателям – Кишертский, Ильинский, Куединский, Чернушинский районы и г. Кунгур; по санитарно-химическим показателям – гг. Чайковский, Лысьва, Кизел, Краснокамск, Губаха, Гремячинск, Александровск (Состояние и охрана..., 2006-2020) [79].

Нарушение земельных ресурсов – один из наиболее значимых видов техногенных воздействий, приводящий зачастую к полному уничтожению на этих площадях биоты. В Пермском крае производственную деятельность, связанную с нарушением почвенного покрова, осуществляет около 300 предприятий и организаций различных отраслей экономики. В настоящее время всеми видами промышленности нарушено земель общей площадью 8,5 тыс. га, из них около трети земель имеет ряд добывающих предприятий: промышленность строительных материалов – 711, угледобыча – 560, нефтедобыча – 462. Большие площади нарушенных земель приходится на сельское хозяйство – 2174 га, из них около 2000 га приходится на торфоразработки. По другим отраслям нарушенных земель приходится: цветная металлургия – 988, нефтехимия – 506, энергетика – 12, прочие отрасли – 2714 га. На значительной части нарушенных земель осуществляется их рекультивация, при этом проблемными в плане ре-

культивации являются около 40% всех выявленных площадей нарушенных земель (возможно – значительно больше).

Отходы производства и потребления

В Пермском крае в результате хозяйственной деятельности предприятий образуется более 1000 видов отходов и потребления. Особую опасность вызывают высокотоксичные отходы. В 2019 г. [79] в крае было образовано отходов: 1 класса опасности – 272,6 (+поступило из других организаций 261,2 т), 2 класса – 3155,9 т (+поступило из других организаций 2035,5 т), 3 класса – 136241,8 (+поступило из других организаций 40330,6 т), 4 класса – 1441002,9 (+поступило из других организаций 2152249,7 т), 5 класса опасности – 44806886,4 (+поступило из других организаций 721346,0 т). В целом, накоплен огромный объем промышленных и бытовых отходов, к оторый за 20 лет постоянно увеличивается от 580,8 млн. т. в 1995 г. до 817,4 млн. т. в 2016 г. (табл. 9.1).

9.2. Анализ основных факторов техногенеза и районирование территории по степени техногенного воздействия на окружающую среду

Общая характеристика основных факторов техногенеза и районирование по степени техногенного воздействия на природную среду

Распределение отходов производства и потребления по территории края характеризуется модулем техногенной нагрузки (количество отходов в тонн в год, приходящиеся на 1 км² площади), который отображен на карте районирования по техногенной нагрузке (рис. 9.2).

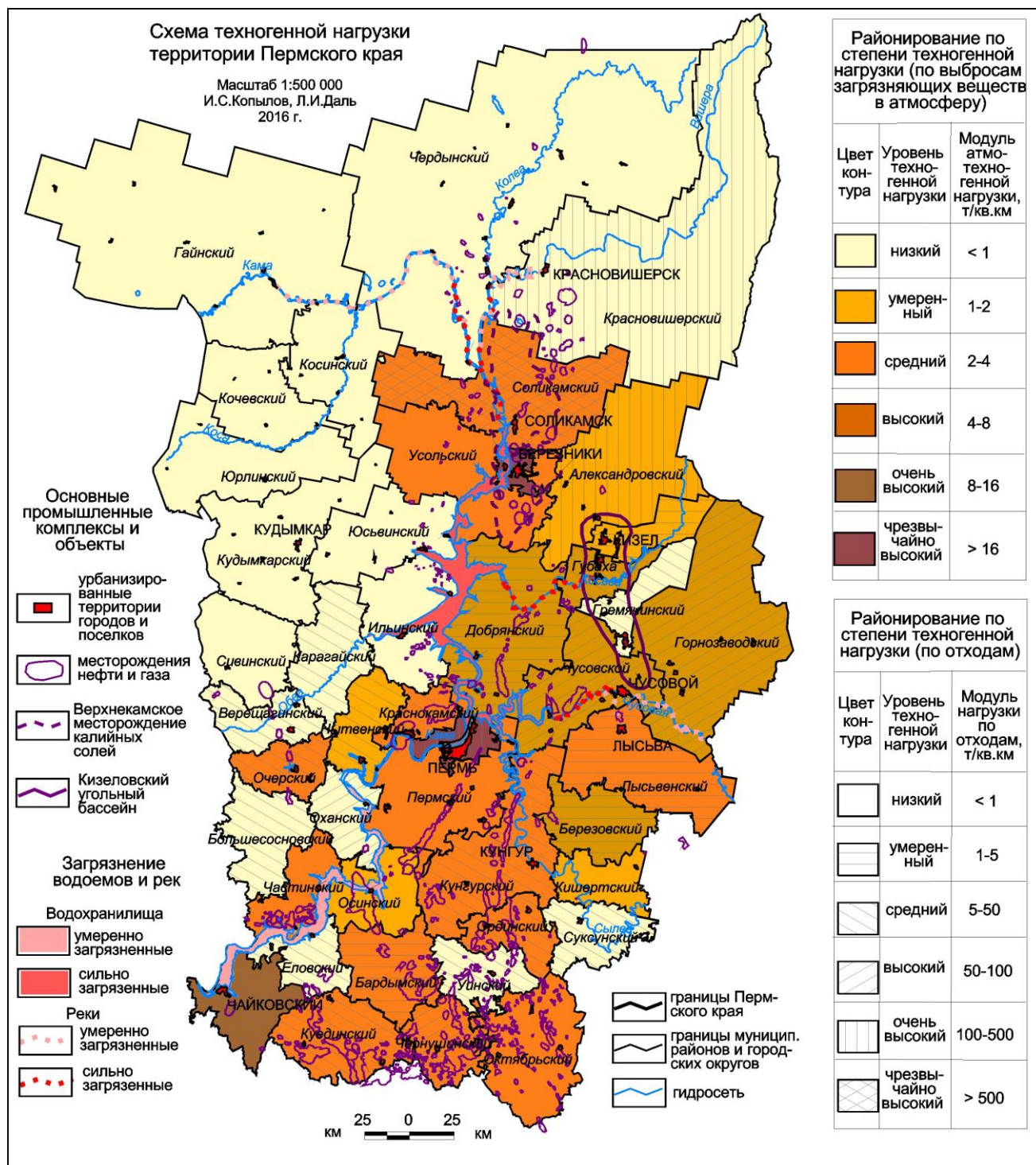


Рис. 9.2. Районирование Пермского края по техногенной нагрузке

Наибольшим модулем техногенной нагрузки (по количеству отходов за год. на 1 км²) характеризуются промышленные районы: г. Березники – 944164, Соликамский район – 44043, Краснокамский район – 25103, г. Александровск – 6715, Чусовской район – 5960, г. Пермь – 5198, Кунгурский район – 730, Горно-

заводской район – 729, Гремячинский район – 719, Чайковский район – 592, Добрянский район – 347 т/ км². Промышленные и бытовые отходы в крае размещенные, как на полигонах, площадках промышленных предприятий, животноводческих комплексов, территориях населенных пунктов, несанкционированных свалках – являются потенциальными источниками загрязнения природных сред, особенно оказывают влияние на качество воды открытых водоемов.

Таким образом, по очень высокой техногенной нагрузке и ее негативному воздействию на ОС в Пермском крае выделены наиболее неблагополучные районы, соответствующие крупнейшим промышленным узлам и зонам края – Пермско-Краснокамскому, Березниковско-Соликамскому, Лысьвинско-Чусовскому, Кизеловско-Губахинскому, Чайковскому, Кунгурскому. Комплексный анализ экологических условий на основе региональных геоэкологических исследований, геоэкологического картографирования и медицинской статистики по заболеваемости населения позволяет отнести эти территории к зонам экологического бедствия [7, 71-73, 84, 184, 200, 214, 236] Относительно благоприятными в экологическом отношении и по техногенному воздействию на ОС (за исключением локальных участков) являются северные и западные районы края – Чердынский, Ильинский, Сивинский муниципальные районы, а также все районы Коми-Пермяцкого округа.

На территории Пермского края действует два мощных фактора техногенного воздействия – недропользование при освоении георесурсов и электроэнергетический. Комплексное их воздействие на окружающую среду по своим масштабам выходит за пределы отдельных административных или промышленно-экономических районов и может иметь значение для экологии других субъектов РФ.

Недропользование и освоение георесурсов

Ни один вид промышленной деятельности человека не оказывает столь разрушительного воздействия на окружающую среду, особенно геологическую (ландшафт, почвенный покров, недра, атмосферный воздух, водную среду), как

добыча полезных ископаемых. Наибольшая концентрация эпицентров землетрясений, как правило, приурочена к местам расположения подземных выработок угля, солей, а также нефтяных промыслов.

Наибольшей техногенной нагрузкой отличаются отрасли, связанные с недропользованием – добыча калийных солей, нефти, угля, алмазов, золота, полиметаллов, сырья для строительных материалов [18, 103, 245, 286, 313, 314, 363, 364, 428, 431]. Накопленные отходы недропользования уже превышают 700 млн т.

Районирование территории Пермского края по степени техногенной нагрузки обусловлено геологическим строением и наличием природных ресурсов: месторождений полезных ископаемых (нефти и газа, калийных и магниевых солей, каменного угля, алмазов, золота, хромитовых руд, известняков, гипса, глин, песчано-гравийных материалов, подземных минеральных вод), водными и лесными ресурсами; географическим положением, историей освоения и экономическим развитием. Районирование территории по степени техногенного воздействия на геологическую среду и площади основного влияния горнодобывающей промышленности (нефтедобывающей, соледобывающей и угледобывающей) отображено на рис. 9.1-Б.

В Березниковско-Соликамском районе на Верхнекамском месторождении калийных солей (ВКМКС) при производстве калийных удобрений твердые отходы складировались в солеотвалы, а жидкие – в шламохранилища. Основная масса этих отходов приходится на калийное производство – на объектах ПАО «Уралкалий» накоплено 585,1 млн. т., под их размещение задействовано более 12,3 тыс. га. Растворение солей из солеотвалов, инфильтрация загрязненных растворов из шламохранилищ приводит к засолонению грунтов и водоносных горизонтов (в некоторых случаях сформировались очаги и области загрязнения подземных вод хлоридами с интенсивностью загрязнения более 100 ПДК). Отмечается проявление техногенного карста. Данный природно-антропогенный

процесс малоизучен, специфика этой разновидности карста – его развитие в зоне непосредственного воздействия технической деятельности. Происходят процессы отседания земной поверхности над отработанными рудниками, скорость развития деформации изменяется от 10-12 до 252 мм в год. Максимальная величина отседания за весь период наблюдений на Соликамском руднике (СКРУ-1) составила 4034 мм, на Березниковском (БКРУ-2) – 2638 мм. В последнее время на территории ВКМКС отмечается резкое усиление геодинамической активности недр, связанной с накапливающей техногенной нагрузкой, интенсивность последних землетрясений достигла в эпицентре 4-5 баллов [4]. В начале 1995 г. в результате горнодинамических явлений на руднике СКРУ-2 ОАО «Сильвинит», произошло сдвигание налегающих горных пород на площади 300 тыс. м², в результате образовалась мульда сдвига на земной поверхности глубиной до 4 м. Одним из примеров катастрофического проявления природно-антропогенных процессов является провал на шахтном поле БКРУ-3 в июле 1986 г., который сопровождался взрывом метана и выбросом породы. Образовался провал с первоначальными размерами в плане 40х80 м, сейчас его размеры составляют более 200х150 м. В результате поступления пресных и слабоминерализованных вод в рудник происходило растворение солей и образование соляного техногенного карста. Объем выщелоченного купола составил более 630000 м³. В последние годы произошли самые серьезные ЧС природно-техногенного характера, связанных с разработкой ВКМКС, где произошли крупные провалы земной поверхности, приведшие к катастрофическим последствиям – затоплению БКРУ-1 в 2006 г., закрытию железнодорожной станции г. Березники в 2010г. вследствие крупного провала. Эта проблема является социально-экологической, затронула большое количество людей, многие из которых были переселены в другие районы. Опасные провально-просадочные явления продолжают развиваться и наблюдаясь в геодинамических активных зонах, о чем будет подробно рассмотрено ниже. Комплексные мониторинговые исследования ГС на территории ВКМКС на федеральном уровне осуществлял Верх-

некамский центр ГМГС, в настоящее время – ГИ УрО РАН.

В Кизеловско-Губахинском районе в Кизеловском угольном бассейне (КУБ), эксплуатация которого осуществляется около 200 лет (с 1797), наиболее существенное воздействие на ГС оказывают отходы угледобычи и углеобогащения, складываемые в отвалы и шахтные воды, сбрасываемые в гидрографическую сеть. Общая площадь нарушенных земель более 80 шахтами КУБ достигает 600 га. Отмечаются различные виды техногенных и природно-техногенных процессов: горные удары, землетрясения, изменения гидрогеологических условий, активизация карста, изменение рельефа, загрязнения подземных и поверхностных вод, почв и грунтов. Длительная эксплуатация бассейна привела к формированию нескольких депрессионных воронок в надугольном карбонатном водоносном комплексе с понижением уровня подземных вод от 50 до 150 м за счет шахтного водоотлива. При ликвидации и затоплении горных выработок, занимающих площадь в десятки квадратных километров, возникают условия для широкого и масштабного загрязнения уровня подземных вод. На территории шахтных полей КУБ в результате их затопления образуются техногенные водоносные горизонты шахтных вод, толщина которых может достигать 25-30 м, область распространения - до 20 км² [78, 79, 95].

В результате гидрохимических исследований [12] выявлены приоритетные загрязняющие компоненты в подземных, поверхностных и шахтных водах на территории ликвидированных угольных шахт, это впервые очередь – железо, сульфаты, марганец, алюминий, литий, свинец, никель, кадмий.

Нефтегазовый фактор

Пермский край является крупным нефтегазоносным регионом, где в пределах Волго-Уральской нефтеносной области, в настоящее время открыто более 220 месторождений нефти и газа, из которых около 120 разрабатывается, многие из них эксплуатируются свыше 40 лет, некоторые уже выработаны. Ин-

тенсивно проводятся поиски новых месторождений, на территории края пробурено более 4 тыс. глубоких и более 18 тыс. структурных скважин, пройдены десятки тысяч километров геофизических профилей. Источником ЧС техногенного характера являются магистральные нефтепроводы. На территории Пермского края эксплуатируется 9346 км трубопроводов различного назначения, из них 18 магистральных газопроводов общей протяженностью 7750 км; 56 нефтепроводов, в том числе 8 магистральных протяженностью 1273 км; 332,7 км – продуктопроводы. Несмотря на то, что эти объекты практически полностью оснащены системами предотвращения аварий, происходят аварийные ситуации с экологическими последствиями.

На нефтяных месторождениях края обращает внимание следующие виды изменения природной среды: перепланировка рельефа, вырубка лесов, нарушение почвенного и растительного покрова, изменение условий поверхностного стока и инфильтрации в связи со строительством буровых площадок, прокладкой коммуникаций, сооружения отстойников для буровых растворов и промстоков. Воздействие на геологическую среду проявляется в следующем: загрязнение пресных подземных вод нефтепродуктами за счет утечек нефти из амбаров, нефтепроводов при авариях, промыслового оборудования при нарушении технологического регламента (более 80% аварий на нефтепромысловых объектах края связан с износом оборудования); загрязнение подземных вод хлоридами при прорывах глубинных рассолов через дефектные скважины и гидродинамических разрывах; разубоживание глубинных рассолов закачиваемыми пресными водами; радионуклидное загрязнение недр (пород и рассолов) в результате подземных ядерных взрывов (ПЯВ), проведенных для интенсификации нефтедобычи [78, 317, 385, 426]. Особенностью техногенеза нефтедобывающего профиля является значительная глубина (до 2-3 км) охвата геологической среды техногенными нагрузками и широкие масштабы негативного воздействия на природные среды. В районах нефтяных месторождений, в пределах 20 административных районов, выявлено более 70 очагов загрязнения геологи-

ческой среды интенсивностью загрязнения подземных вод от 10 до 100 и более ПДК; большинство из них имеет локальную площадь загрязнения с очагами менее 10 км², 6 – от 10 до 100 км², 2 – более 100 км². Сложный характер загрязнения проявляется при расположении нефтяных месторождений в прибрежной зоне крупных водохранилищ. Наблюдается активизация глубинного карстообразования при разведке и разработке газовых и нефтяных месторождений. Наиболее значимая экологическая проблема нефтегазоносных районов Прикамья, как отмечают в своих работах многие исследователи (В.Н. Быков [28], С.А. Бузмаков [25], В.И. Галкин и др. [41], С.М. Костарев [252-254], Л.О. Лейбович и др. [280]) – это ликвидация техногенных гидродинамических систем в верхней части геологического разреза, проявление которых в зоне пресных подземных вод (основной объект контроля) наблюдается на Полазнинском, Ярино-Каменноложском, Павловском, Кокуйском, Осинском, Таныпском и др. месторождениях, а также ликвидация многочисленных локальных очагов загрязнения почвогрунтов нефтепродуктами.

Электроэнергетический фактор

Электроэнергетика края представлена, кроме ведомственных предприятий, 3 гидравлическими и 13 тепловыми станциями. В крае насчитывается 206 линий электропередач (ЛЭП) 110-220-500 кв. и линий электроснабжения, протяженностью – 43,641 км. Важная особенность отрасли – сочетание теплоэлектростанций и теплоэлектроцентралей, что придает ей комплексный характер. Размещение станций соответствует степени концентрации производственного потенциала. На территории края имеется три гидроэлектростанции с тремя водохранилищами: Камская ГЭС и Воткинская ГЭС - на р. Каме, Широковская ГЭС - на р. Косье. Выделяются Пермский, Березниковский, Губахинский горсоветы и Чайковский район с высокой энергонасыщенностью, располагающий двумя и более крупными по мощности станциями каждый. На территории Пермско-Краснокамского промышленного узла расположены Камская ГЭС-8; 5 теплоэлектроцентралей. В непосредственной близости от г. Добрянка построе-

но и действует 4 энергоблока Пермской ГРЭС. Березниковско-Соликамский промузел снабжается электроэнергетикой, вырабатываемой четырьмя ТЭЦ. В Кизеловско-Губахинском промузле находятся Широковская ГЭС-7, Яйвинская ГРЭС-16 и Кизеловская ГРЭС-3. Выше Чайковского построена Воткинская ГЭС и ТЭЦ-18. Все тепловые энергетические объекты за последнее десятилетие с жидких и твердых видов топлива постепенно переводятся на природный газ, но в некоторых случаях продолжают использовать уголь и мазут. Тепловые электростанции являются крупнейшими источниками загрязнения атмосферного воздуха, природных вод, образования отходов. Основные загрязняющие вещества – сернистый ангидрид, окислы азота, оксиды углерода и другие соединения, содержащие тяжелые металлы (германий, цирконий, хром, ванадий), накапливающиеся в почвах и грунтах. На долю предприятий энергетического комплекса приходится второй по величине объем выбросов и сбросов.

Чрезвычайные ситуации (ЧС)

Крупные аварии, катастрофы и различные ЧС техногенного, природного и биолого-социального характера обостряют экологическую ситуацию в регионе. В результате их гибнут люди, причиняется большой материальный ущерб окружающей среде и экономике. Пермский край входит в число территорий России, в пределах которых происходит наибольшее число ЧС, на единицу площади. Тенденции по количеству ЧС в последние годы не меняются, ежегодно происходит 50 и более аварийных ситуаций, связанных с загрязнением природной среды, которые повлекли причинение ущерба окружающей среде и природным ресурсам. Необходимо отметить, что в последние годы официальная статистика по ЧС в сборниках по состоянию ОС Пермского края публикуется не в полном объеме, поэтому данные по ним не отражают действительности.

Наибольшее число аварий происходит в нефтедобывающей промышленности (35-45%). Большинство объектов трубопроводного транспорта строилось в 60-70-х гг., что полностью подтверждает прогноз нарастания количества и

масштабов событий на этом виде транспорта из-за их значительной протяженности и естественного износа. Большинство объектов трубопроводного транспорта строилось в 60-70-х гг., что полностью подтверждает прогноз нарастания количества и масштабов событий на этом виде транспорта из-за их значительной протяженности и естественного износа. Основными причинами аварий являются порыв нефтепроводов и газопроводов, вследствие коррозии и халатности персонала, а также разливы нефтепродуктов из нефтевозов, которые воздействуют в первую очередь на почвы, а также – в водные объекты и атмосферный воздух. Второе место по аварийности занимает жилищно-коммунальное хозяйство, аварии связаны со сбросом сточных вод на водные объекты и на рельеф местности. Значительное число аварий связано с транспортом, в основном с автомобильным и судоходным [28]. Основная опасность и риск возникновения и развития техно-природных ЧС связана с опасными природными и техноприродными процессами (ОПТП).

Предупреждение ЧС, ликвидация их последствий, снижение масштабов потерь и ущерба, наносимых техно-природными ЧС, являются приоритетными задачами ОГВ Пермского края, которые должны быть обеспечены современной геоэкологической информацией, методологией оценки и прогноза нового состояния экосферы на региональном и локальном уровне.

Глава 10

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Радиоэкологические условия в Пермском крае обусловлены естественными и техногенными источниками радиоактивного излучения. Площадные радиометрические работы в крае проводятся организациями (в основном нефтяного профиля) с 1955 г. в связи с развертыванием массовых поисков урана, с 1962 г. – с целью поисков нефтяных и газовых месторождений: пешеходная и автомобильная гамма-съемка, аэрогаммаспектрометрическая съемка, гамма-каротаж скважин сейсмического, разведочного и структурно-поискового бурения, промер керна и радиогидрогеологическое опробование. По этим материалам Пермским ГТУ (ПНИПУ) (Галкин и др., 1997ф) проведено обобщение данных и выполнено радиологическое районирование.

10.1. Характеристика естественной радиоактивности природной среды

Характеристика естественного гамма-поля

Распределение гамма-поля в природе связано со следующими основными факторами: гамма-излучением естественных радионуклидов, космическим фоном и гамма-излучением искусственно созданных радионуклидов. Естественные радионуклиды имеют повсеместное распространение в природе. Содержатся они практически во всех горных породах, водах и атмосфере; однако концентрация их, как правило, очень мала.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД), связанная с излучением естественных радионуклидов, а также космическим фоном обычно не превышает 10-15 мкР/час и является естественным радиационным фоном. В

разных районах фон колеблется в зависимости от состава горных пород, состояния атмосферы и, как правило, не представляет опасности для человека.

Гамма-поле по МЭД гамма-излучения, связанной с излучением естественных радионуклидов, в целом по краю (по данным гамма-съемки) носит довольно мозаичный характер и изменяется в пределах 1-5 с преобладанием 3-4 мкР/час. По механическому составу более глинистые почвы обладают повышенным кларком урана и являются более радиоактивными. Радиоактивность рыхлых отложений напрямую зависит от влияния коренных пород, и чем больше толщина рыхлых отложений, тем меньше это влияние сказывается. В основном радиоактивность рыхлого чехла четвертичного возраста составляет 5-7 мкР/час. Радиоактивность осадочных коренных пород зависит от многих факторов, в том числе от литологического и петрографического состава пород: алевролиты и аргиллиты – 15-26, песчаники – 13-25, известняки и доломиты – 8-22 мкР/час. Радиоактивность пород фундамента зависит от присутствия кремнезема: граниты обладают наибольшей радиоактивностью до 40 мкР/час, породы основного состава - 10-20, породы ультраосновного состава – 5-12 мкР/час. По данным обследования ПГНИУ (Осовецкий и др., 1990ф) в 52 городах и населенных пунктах, гамма-фон изменяется в небольших пределах, в основном за счет состава горных пород, составляя в среднем 7-13 мкР/час и не представляет опасности для человека. Несколько повышен он в п.Кукуштан до 23 мкР/час и в некоторых зданиях г.Перми до 25 мкР/час. В г. Кизел, в городском саду под слоем почвы, обнаружено аномально высокое значение гамма-излучения – 64 мкР/час, вероятно техногенного характера.

Результаты гамма-каротаж скважин

По гамма-каротажу гидрогеологических скважин выявлено 54 точки, в отложениях которых установлены радиоактивные аномалии. Гамма-активность отложений пермского возраста (37 точек) в среднем составляет 15-48 и лишь в 1 случае до 82 мкР/час. Гамма-активность отложений карбона изменяется в

основном от 15 до 34, в отдельных точках - 64-101 мкР/час. По гамма-каротажу (промыслово-геофизических) работ в глубоких и структурных скважинах, также установлена приуроченность повышенных (50-100 мкР/час) и аномальных значений (более 100 мкР/час) к отложениям карбона и перми. В каменноугольных отложениях выявлен 51 радиоактивный объект, большинство из них (36), расположены на юге Пермского края. Группа из 8 объектов расположена западнее г. Чусового и 7 объектов на севере области (Березники, Соликамск, Чердынь). Наиболее характерные значения 50-93 мкР/час. Ряд объектов объединен в радиоактивные площади (Галкин и др., 1997ф): Томиловская (138-232), Баклановская (90-230), Казаковская (53-265), Ярино-Каменоложская (171), Восточно-Соликамская (143), Чусовская (190), Козубаевская (135), Ножовская (122), Мутнинская (115) мкР/час. В пермских отложениях выявлен 41 радиоактивный объект, большинство из них – 24 объекта, территориально расположена на юго-юго-западе края. Наиболее характерные значения 50-84 мкР/час. Выделяется 7 радиоактивных площадей: Ножовская (50-486), Савинская (297), Кочевская (251), Юмская (140), СП 5/68 (115-120), Троельжанская (119), Пелымская (110) мкР/час.

Полигенное урановое оруденение

По данным ГГП «Зеленогорскгеология» (Чувиллин и др., 1996ф) на территории Пермского края. было выявлено 5 площадей с полигенным урановым оруденением. Большая часть информации при этом получена по тем же материалам гамма-каротажа на глубинах 381-2232 м в нижнекаменноугольных и нижнепермских отложениях (описаны выше), поэтому некоторые аномалии совпадают. Выделены следующие радиоактивные аномалии: 1).Томиловская (площадь 700 км², радиоактивность 138-232 мкР/час), 2).Чусовская (1800 км², 102-170 мкР/час), 3).Баклановская (300 км², 135-230 мкР/час), 4).Еловская (1100 км², 115-138 мкР/час), 5).Максимовская (800 км², 88-220 мкР/час).

Характеристика радиоактивности подземных вод

Подземные воды зоны активного водообмена (по данным гидрогеологических съемок) характеризуются весьма пестрым содержанием растворенного урана в воде. В 1468 пробах оно составляет $0,02 - 1,0 \cdot 10^{-3}$ мг/л; в 192 пробах – $1,0 \cdot 10^{-4} - 10 \cdot 10^{-3}$ мг/л; в 4 пробах – $10 - 100 \cdot 10^{-3}$ мг/л, а в 5 пробах содержание аномально повышено $130 - 220 \cdot 10^{-3}$ мг/л. Наименьшее содержание растворенного урана имеют подземные воды отложений татарского яруса $0,02 - 0,8 \cdot 10^{-3}$ мг/л. В водах затрудненного водообмена (по данным поискового бурения на нефть и газ) содержание урана в 35 % проб составляет $0,08 \cdot 10^{-3}$ мг/л. В остальных пробах содержание урана от 0,1 до $5,3 \cdot 10^{-3}$ и более мг/л.

10.2. Оценка техногенного радиоактивного воздействия на природную среду

К основным факторам радиоактивного загрязнения в Пермского края можно отнести: накопление естественных радионуклидов (ЕРН) на длительно эксплуатирующемся оборудовании объектов энергетики (особенно связанные с нефтедобычей), подземные ядерные взрывы (ПЯВ), загрязнения техногенными радионуклидами (Восточный Чернобыльский радиоактивный след), аварии на радиационно-опасных объектах и другие техногенные загрязнения.

Нефтегазоразведочные и промысловые работы

В настоящее время многими исследователями (В.Г. Галкин, 1997ф; А.Г. Талалай и др. [384]; Д.Г. Тараборин [385], Е.Г. Язиков [424] и др.) доказано, что с производственной деятельностью нефтеперерабатывающих и нефтегазодобывающих предприятий связано радиоактивное загрязнение окружающей среды. Так, работами ГПП «Кольцовгеология» (г.Есентуки) и НПП «Торон» (г.Екатеринбург) проведенными в Ставропольском крае, было установлено, что при нефтедобыче происходит осаждение радиоактивных солей на стенках водонефтепроводов, емкостей и другого технологического

оборудования. Сброс дебалансовых вод на поля, испарения и фильтрации способствует образованию площадных радиоактивных загрязнений с МЭД гамма-активности 10-10000 мкР/час. Очистка труб, емкостей и другого технологического оборудования от радиоактивных солей при его замене или ремонте приводит к загрязнению поверхности земли жидкими и твердыми радиоактивными отходами с МЭД гамма-активности до 2000-3000 мкР/час). Радиоактивное загрязнение нефтепромыслов Ставропольского края заставляет серьезно отнестись к возможности аналогичных загрязнений и в Пермском регионе (Галкин и др., 1997ф). Выше было отмечено о высоких содержаниях урана в пластовых водах, большинство проб (24) приурочено к Батырбайскому нефтяному месторождению, отдельные пробы – к Краснокамскому месторождению и Елkinской площади. Выявлено 7 проб с повышенным содержанием и 2 пробы с аномальным содержанием по радию (Батырбайское месторождение, Павловская и Кольцовская площади). Накопление ЕРН уже имеет место на 6 нефтепромыслах. Радиологическое районирование территории Пермского края подтверждает хорошую корреляцию радиоактивных аномалий с контурами нефтяных структур, выявленных при разведочном бурении. В 1999 г. центром «Радон» проведена работа по обследованию радиационной обстановки на объектах нефтедобычи и первичной подготовки нефти на 22 месторождениях края. Было сделано заключение о нормативной радиационной обстановке. В 1999 г. на объектах ТЭК – Гежском и Осинском нефтяных месторождениях ЦГСЭН и ЦГМГС проведены исследования родников, источников централизованного водоснабжения и пластовых вод (35 проб, 94 анализа). Эти результаты показывают, что удельная активность питьевых вод месторождений не превышает норматива по общей альфа активности в 0,1 Бк/л и по общей бета активности в 1 Бк/л; однако, отмечается устойчивое нарастание альфа активности счетных образцов, свидетельствующее об их загрязнении ЕРН [278].

Разработка калийных солей и каменного угля (по результатам обследования калийных и угольных шахт)

Исходя из данных гамма-каротажа, установлено, что горные породы, залегающие на больших глубинах, могут иметь повышенную радиацию. Резко возрастает радиоактивность в калийных и магниевых солях: сильвинит – до 72 мкР/час, карналлит – до 12 мкР/час; в результате их добычи, транспортировки, складирования и переработки происходит загрязненность площади. В результате обследования калийных и угольных шахт в гг. Соликамск, Березники, Губаха, Кизел на содержание радона и продуктов его распада в воздухе были получены следующие результаты: а) невентилируемые и слабо вентилируемые тупиковые забои угольных шахт $1,0 - 2,2 \cdot 10^{-11}$ кюри/л; б) невентилируемые и слабо вентилируемые выработки калийных шахт $3,0 \cdot 10^{-13} - 2,0 \cdot 10^{-12}$ кюри/л; в) вентилируемые тупиковые выработки калийных шахт $8,1 \cdot 10^{-14} - 2,0 \cdot 10^{-13}$ кюри/л. МЭД гамма-излучения в угольных шахтах 8-13 мкР/час, в калийных шахтах - 0-40 мкР/час; на калийных отвалах до 20 мкР/час, на угольных отвалах 11– 17 мкР/час. Радон над отвальными породами не обнаружен. Единственный участок, который можно рассматривать, как угрожающий здоровью людей – отвал Березниковского титано-магниевого комбината. Здесь максимальное значение МЭД составляют 150 мкР/час (данные лаборатории геологии при ТОО «ПАНГЕО», 1997). Положение усугубляется тем, что северный уступ свалки омывается постоянно действующим водотоком (истоки р.Затолич, протекающей по северо-западной окраине г.Березники), имеющим гидравлическую связь с основным руслом р.Кама.

Проведение подземных ядерных взрывов и радиационная обстановка

В Пермском крае с 1969 по 1988 гг. было произведено 10 подземных ядерных взрывов (ПЯВ) общей мощностью 75 килотонн. Из них: 2 на Осиновском нефтяном месторождении, на глубине 1200 м; 5 – на Гежском нефтяном месторождении, на глубине 2300 м; 3 – в Чердынском районе.

Взрывы изменили естественную геологическую структуру, стимулировали активизацию глубинных разломов и усугубили аномальную миграцию радона по зонам трещиноватости в земной коре.

На Осиновском нефтяном месторождении в 1969г. были проведены 2 ПЯВ в водонасыщенной продуктивной части разреза карбонатных отложений. Через 7 лет, т.е. к 1977 г., когда в 49 м от боевой скважины была пробурена прокольная скважина № 1004, после солянокислотной обработки пластов здесь началась интенсивная миграция радионуклидов за пределы полостей ПЯВ. Стал отмечаться выход радиоактивной продукции, с объемной активностью по цезию $^{137} - 1,6 \cdot 10^{-5}$ кю/л, по стронцию $^{90} - 1,1 \cdot 10^{-6}$ кю/л, по тритию $- 1,4 \cdot 10^{-4}$ кю/л. МЭД гамма-активности у устья скважины №1004 превышает 60 мкР/час. По данным ПГНИУ в 1993 г. радиоактивное заражение распространилось на 7 км к северу от месторождения и на 5,5 км – к югу. При этом, количество добывающих скважин с загрязненной продукцией превысило 200 единиц, а количество нагнетательных – 38. По данным Института динамики геосфер РАН [54], фронт продвижения радионуклидов распространился на расстояние до 7-10 км от точек заложения ядерных зарядов. Миграция радионуклидов с подземными флюидами характеризуется осциллирующим импульсным режимом, что связано с особенностями разработки промысла и геодинамической активностью его недр. По данным радиационного контроля в последние годы наметилась опасная тенденция к распространению радионуклидного загрязнения на больших площадях.

На Гежском нефтяном месторождении в 1981-1987 гг. было проведено 5 ПЯВ в рифогенных карбонатных отложениях. По ряду причин эксплуатация месторождения велась со значительными отклонениями от намеченной по проекту схемы. Это привело к обводнению полостей ПЯВ и радиоактивному загрязнению добываемой продукции. Геофизические данные свидетельствуют о формировании единой зоны дробления горных пород, охватывающей пространство всех пяти ПЯВ. Над этой областью на поверхности фиксируются

эманации с повышенной концентрацией УВ [54]. Установлено, что нефтегазовая смесь не загрязняется радионуклидами в твердой фазе, однако, присутствующий тритий, являясь аналогом водорода, загрязняет нефть, газ и пластовую воду [78].

В Чердынском районе в окрестностях оз.Чусовского в августе 1971 г. был проведен экскавационный приповерхностный ядерный взрыв, решавший задачи переброски вод р.Печоры в р.Волгу. В результате проведения ПЯВ с наземным выбросом, образовалась воронка, имеющая в плане размеры 300×900 м и навал грунта в радиусе 300 м от кромки берега «рукотворного» озера. Уровни МЭД гамма-активности составили 20-200 мкР/час, в отдельных местах – 800-2500 мкР/час (восточная часть гребня). Плотности потока бета-частиц, на высоте 10 см от поверхности земли, достигает 250 бета-частиц/мин. Общая площадь загрязнения составила около 1 км². Последствиями ПЯВ в окрестностях стали локальные очаги загрязнения продуктами ядерного распада, как почвы, так и растительности, имеющие широтное направление. В 1998 г. (август-сентябрь) район Чусовского озера был обследован комплексной экспедицией в составе представителей Госатомнадзора, Главного управления по делам ГО и ЧС края, ЦГСЭН, АЦ «Радон», ПГУ. Результаты показали: максимальные уровни радиации находятся в пределах от 60 до 300 мрР/час (на расстоянии 300-350 м от воронки они в пределах нормы 7-11 мрР/час). Анализ плутониевой фракции проб почвы с берега озера (альфа-спектрометрический анализ) показал, что концентрация плутония-239 и плутония-240 в этих пробах превышает фоновое значение в 7-8 раз, на основании чего указанную территорию можно отнести к зоне экологического бедствия [78]. На территории Пермского края расположено два ведомственных хранилища радиоактивных отходов – в Соликамском и Осинском районах. В 1989 г. в НГДУ «Осинскнефть» объединения «ЛУКойл-Пермнефть» было построено хранилище загрязненного грунта с полезной емкостью 5000 м³, в настоящее время оно исчерпало свой ресурс (захоронено уже 5700 м³ грунта с объемным весом 1,4 г/см³).

В Пермском крае (под надзором отдела инспекций Волжского межрегионального территориального управления по надзору за ядерной и радиационной безопасностью Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору) находится 71 радиационно-опасных объекта, входящих в состав 33 предприятий, состояние обеспечения радиационной безопасности на них оценивается, как удовлетворительное. В настоящее время (2019г.) в Пермском крае по программе радиационного мониторинга ведутся наблюдения на 15 метеостанциях края за фоновой мощностью эквивалентной дозы гамма-излучения, как наиболее опасным излучением. Его среднегодовое значение в 2019 г. составляет по Пермскому краю (максимальное значение – 19мкР/час – п.Бисер и г.Чернушка) и г.Перми 10мкР/час [79].

Глава 11

АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ, ЛАНДШАФТНО-ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ И ЛАНДШАФТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Комплексную оценку экологического состояния территории наилучшим образом обеспечивает ландшафтный подход, где природная среда рассматривается как совокупность сложных территориальных комплексов, каждый из которых характеризуется сочетанием ряда компонентов: геологического строения, рельефа, климата, почв, растительных сообществ, поверхностных и подземных вод. Каждому ландшафту присуща та или иная степень устойчивости к антропогенным (техногенным) воздействиям: способность к сохранению сложившейся естественным путем структуры ландшафта, к самоочищению от техногенных загрязнений и т.п. Природные первичные и измененные (природно-техногенные) ландшафты в совокупности с техногенными и геологическими комплексами и объектами являются сложными материальными системами. Сложность задачи экологической оценки ландшафтов обусловлена многообразием признаков (критериев) этой оценки и невозможностью найти для них какую-либо общую единицу измерения (В.А. Алексеенко [2]; А.Г. Исаченко [101]).

При выборе наиболее эффективных методов геохимических поисков и выявлении геохимических аномалий необходимо выделять участки «блоки биосферы», в пределах которых миграционная способность одних и тех же элементов была бы одинаковой. Опыт многочисленных исследований показал, что ландшафтный метод является наиболее удобным уровнем для такого разделения, он включает два основных типа таких систем: элементарный и геохимический ландшафты [2, 3].

По определению основателя учения о геохимии ландшафта Б.Б. Перельмана [339, 340], элементарный ландшафт «в своем типичном прояв-

лении должен представлять один определенный тип рельефа, сложенный одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определенным растительным сообществом. Все эти условия создают определенную разность почвы и свидетельствуют об одинаковом на протяжении элементарного ландшафта развитии взаимодействия между горными породами и организмами».

11.1. Формирования почвенных ландшафтов

Территория Западного Урала и Приуралья расположена в лесной зоне (зоне тайги), основным типом растительности являются леса, покрывающие склоны и водораздельные пространства, которые занимают более 70% всей площади. Растительный покров принято подразделять на три подзоны: среднюю, южную тайгу, хвойно-широколиственные леса, а также районы Кунгурской лесостепи и горной тайги. Большая часть площади на севере и в средней полосе покрыта хвойными породами – елью и пихтой; сосновые леса распространены на северо-западе на песчано-глинистых ледниковых отложениях и песчаных террасах крупных рек. В северо-восточной и восточной части наряду с темнохвойными породами встречаются светлохвойные – лиственница, реликтами крайне редко сохранился кедр. Большую долю среди лесов составляют мелколиственные березово-осиновые леса, имеющие вторичное происхождение (выросшие на месте пожарищ и вырубке темнохвойных лесов). В заболоченных долинах рек часто развиты, так называемые согровые леса (еловые, елово-ольховые, тальниковые, сосновые криволесья), с характерным угнетенным состоянием древесной растительности. Местами, большие пространства занимают горелые участки леса с многоэтажными завалами, создавая специфический тип ландшафта. В подзоне южной тайги встречается липа, в подтаежной зоне она распространена широко, на юге появляется клен, вяз, дуб.

Характерно большое разнообразие почв. Распределение типов и видов

почв имеет две особенности – зональность почв на дренированных водоразделах и широкую изменчивость в пределах одной и той же зоны в связи с различиями геологического строения, характером рельефа, условиями увлажнения и степенью сельскохозяйственного освоения [312]. Современное почвообразование в регионе характеризуется развитием двух основных процессов – подзолистого и дернового. Поэтому здесь преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы.

На севере территории, в бассейнах левобережных притоков Камы распространены подзолистые почвы, которые формируются под хвойными лесами среднетаежной подзоны с мохово-кустарничковым наземным покровом, на ледниковых и флювиогляциальных отложениях при избыточном увлажнении. В этих условиях формируются типичные подзолы, сильно- и среднеподзолистые почвы в сочетании с торфяно-болотными. Для них характерна кислая реакция среды, малое количество гумуса и питательных веществ. Южнее широтного отрезка Верхней Камы при смене физико-географической обстановки типичные подзолы начинают замещаться дерново-подзолистыми почвами. В южнотаежной подзоне с разнотравными хвойными и смешанными лесами формируются дерново-подзолистые почвы с более высоким естественным плодородием. В зависимости от соотношения процессов почвообразования они представлены дерново-слабо-средне и сильноподзолистыми типами, иногда с признаками глееватости в нижних горизонтах с содержанием гумуса в почвах 3-7%. В южной части территории распространен комплекс темноцветных почв Кунгурской лесостепи, представленный серыми лесными почвами и оподзоленными черноземами, сформированных на карбонатных и гипсовых породах, обогащенных кальцием, с содержанием гумуса 7,5-12%.

Другие типы почв являются азональными и связаны в большей степени с местными условиями. Небольшие площади занимают почвы дерново-карбонатного типа, приуроченные к выходам карбонатных пород на наиболее повышенных элементах рельефа и крутых склонах, распространенные почти во

всех районах области, кроме севера. В долинах рек развиты дерново-луговые, аллювиальные и болотно-подзолистые почвы; в условиях повышенного увлажнения и слабого дренажа формируются дерново-глеевые почвы, а при избыточном увлажнении торфяно-болотные почвы, местами торфяники. Региону свойственны болотные почвы трех видов: верховые, переходные и низинные; характерно их мозаичное распространение (на севере области занимают большие площади) и различная мощность.

В горных районах преобладающим типом почвообразования является горно-таежный тип и связанные с ним широко развитые суглинистые и глинистые дерново-подзолистые, горные подзолистые, горнолесные бурые, местами маломощные щебенистые почвы, которые более развиты на водоразделах и склонах. В гольцовом поясе развиты горно-луговые, горно-тундровые тундровые и органогенно-щебенистые почвы.

По механическому составу почвы также имеют большое разнообразие, но преобладают глины и суглинки. В целом отмечается, что большая часть (до 80%) почвообразующих пород области характеризуются тяжелым механическим составом; в составе распаханых почв области тяжелые суглинки составляют 45,1%; средние суглинки – 15,1%; легкие суглинки – 4,2%; супесчаные и песчаные почвы – 8,2% [319]. Всего на рассматриваемой территории выделены 25 типов почв.

Почва является открытой подсистемой в сложных природных системах геохимических ландшафтов, способной накапливать загрязняющие компоненты. Наиболее уязвимым является первый от поверхности, гумусовый горизонт. Повышенное содержание токсичных элементов в почвообразующих породах, выбросы промышленных предприятий и транспорта, бытовое загрязнение, применение различных удобрений и средств химической защиты растений, производство различного рода ядерных испытаний, чрезвычайные ситуации и аварии – все эти и другие факторы оказывают значительное воздействие на химический состав почв. Постоянное поступление микрокомпонентов, как при-

родное, так и техногенное, способно привести к накоплению в почвах элементов в концентрациях, опасных для микроорганизмов и растений; последние – могут служить продуктами питания и поэтому быть опасными для здоровья человека. Состав и количество удерживаемых почвой элементов зависит от содержания и состава гумуса, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности биологического поглощения. Наиболее низкое содержание микроэлементов обнаруживается в песках и супесях, несколько выше – в покровных суглинках и самое высокое – в глинах. Донные отложения, являясь конечным звеном ландшафтно-геохимических сопряжений, интегрируют геохимические особенности водосборной площади, что позволяет по их химическому составу выделить техногенные потоки и оценить степень техногенной нагрузки на водосток и на всю водосборную систему рассматриваемого региона.

11.2. Природные ландшафты и их типизация

Изучение ландшафтов Урала и Приуралья было начато в конце XIX века работами Г.И. Танфильева, В.П. Семенова-Тянь-Шанского, И.М. Крашенинникова и других исследователей. В настоящее время существует несколько вариантов физико-географического (ландшафтного районирования) территории Пермского Урала и Приуралья (чаще в составе более крупных регионов). Схема ландшафтного районирования по ландшафтной карте СССР (под редакцией А.Г. Исаченко, 1988) масштаба 4 000 000 [274] построена на основе двухрядного принципа, где выделены зональные (физико-географические зоны и подзоны по климатическим и растительным признакам) и азональные (физико-географические страны и области по характеру орографического строения) таксоны. В результате взаимоналожения образованы производные таксоны – провинции, подпровинции. Завершаются зональный и азональный ряды районированием ландшафтом (природно-территориальный комплекс – ПТК,

далее неделимый по зональным и а зональным признакам со специфическим набором урочищ).

Среди ландшафтных комплексов различаются индивидуальные и типологические членения, образующие параллельные ряды и рассматривающиеся в качестве генетических природных формирований. Индивидуальные ландшафтные комплексы рассматриваются в качестве объектов районирования, типологические – объектов картирования. При районировании сохраняется территориальная целостность и внутреннее единство геокомплексов, при типологии устанавливаются типичные черты на сходство их структуры.

Наиболее полная систематизация географических комплексов территории выполнена Б.А. Чазовым (1958, 1960, 1966), которым составлена карта ландшафтных комплексов и типов местностей в масштабе 1:600 000 [411, 412]. Впоследствии, на ее основе была составлена карта природных ландшафтов в масштабе 1:500 000, где представлены индивидуальные и типологические членения. В пределах Русской равнинной таежной зоны выделены 2 ландшафтные провинции, 3 ландшафтные подзоны, 9 ландшафтных округов, 29 ландшафтных районов. В пределах Уральской горной таежной зоны выделены 2 ландшафтные подпровинции, 4 ландшафтных округа, 10 ландшафтных района. Под воздействием хозяйственной деятельности человека районные и местные геокомплексы или их отдельные компоненты претерпевают различные изменения и преобразования, превращаясь в природно-антропогенные, техногенные ландшафты. Однако принадлежность их к определенному геокомплексу остается неизменной.

Типологическое членение ландшафтов требует значительного увеличения доли индуктивного метода, что возможно только на основе очень глубокого знания ландшафтной обстановки на самых низких таксономических ступенях ПТК. Типологическая классификация (структура) ландшафтов Пермской области (на схеме масштаба 1:4 000 000) разработана Н.Н. Назаровым в 1996 г. [310]. В качестве высшей таксономической ступени классификации выбран тип

ландшафта, основным критерием выделения которого явились различия тепла и влаги в гидротермическом режиме ландшафтов, который наиболее «рельефно» проявляется по изменению характера растительности. Этот же геоботанический фактор послужил критерием выделения подтипа ландшафта. На следующих, более низких таксономических ступенях классификации с учетом гипсометрического фактора выделены классы и подклассы ландшафтов, отражающие закономерности ярусного строения ПТК. На нижних ступенях классификации в качестве определяющего критерия выступает фундамент ландшафта (петрографический состав, структурные особенности, морфология рельефа), который позволяет дифференцировать территорию на вид ландшафтов. Высшие таксономические единицы классификации ландшафтов представлены 3 типами: бореальные гумидные (таежные), бореально-суббореальные гумидные (подтаежные), суббореальные семигумидные (лесостепные), 2 подтипами (среднетаежные и южно-таежные), 2 классами (равнинные, горные) и 4 подклассами (низменные, возвышенные, низкогорные и предгорные, среднегорные). На основе петрографического состава, структурных особенностей, морфологии рельефа выделены 16 видов ландшафтов. В результате сочетания перечисленных факторов и критериев в Пермском регионе закартировано 39 ландшафтов. Самой мелкой и простой ПТК является географическая фация, которая составляет более сложные единицы: звенья, подурочища, урочища, местности и ландшафты. Картирование ландшафтов с детальностью выделения урочищ – задача следующих этапов исследований.

11.3. Ландшафтно-техногенные комплексы и состояние современных ландшафтов

В результате хозяйственной деятельности человека происходит исчезновение естественных природных комплексов или их отдельных компонентов, возникают антропогенные ландшафты, которые сохраняют отдельные черты

коренных ландшафтов и часто включают фрагменты естественных экосистем. Они динамичны, имеют сложную взаимосвязанную структуру, в которой взаимная связь вызывает изменение всех компонентов, в том числе и не испытывающих непосредственного хозяйственного воздействия.

На Урале и Приуралье современные ландшафтные комплексы подразделяются на условно природные ландшафты и ландшафтно-техногенные комплексы, последние в свою очередь можно подразделить на природно-антропогенные и антропогенные ландшафты.

Природные ландшафты представлены гольцовыми, болотными и естественно-лесными комплексами и сохранились лишь на севере и востоке Приуралья. На остальной территории они остались небольшими островками и полосами. Коренные природные ландшафты функционируют без значительного вмешательства человека и испытывают в основном косвенное антропогенное воздействие, связанное с глобальными и региональными изменениями. Гольцовые природные комплексы представлены горно-тундровыми ландшафтами, ландшафтами холодных пустынь; болотные – низинными моховыми и мохово-травянистыми болотами на западе и верховыми моховыми на востоке. Сохранившиеся естественные леса на севере относятся к северной и средней темнохвойной тайге; на востоке – к средней и низкогорной моховой и мохово-травянистой тайге; на остальной части территории – к южной и широколиственной тайге. Площади естественных лесов ежегодно значительно сокращаются.

Природно-антропогенные ландшафты представлены мелколиственными и хвойно-мелколиственными лесами вторичного происхождения, свежими вырубками, лугами. Большие площади свежих вырубков наблюдаются в основном на севере и востоке области, на остальной территории выделяются отдельными небольшими пятнами. Вторичные леса покрывают площади старых вырубков и гарей, имеют разную стадию развития и со временем уступят место первичным лесам. Они занимают подавляющую часть территории на севере и

востоке и половину на западе и юге. Площади их увеличиваются ежегодно, что приводит к значительному снижению природного потенциала экосистем, активизации геодинамических процессов. Луговой тип ландшафта (пойменные, горные и лесные луга) относится к слабо измененным природным комплексам, развит на всей территории, но площади их развития, как правило, узкие и небольшие и не выделяются на мелкомасштабных картах.

Антропогенные ландшафты представлены сельскохозяйственными и техногенными комплексами. Сельскохозяйственные комплексы являются трансформированными антропогенными модификациями природных ландшафтов и характеризуются заменой естественной растительности на сельскохозяйственные культуры, к ним относятся пашни. При этом почвенный покров претерпевает значительные изменения. Сельхозугодия развиты большей частью в западной, южной и центральной части территории. Техногенные комплексы представлены селитебными, промышленными, водохозяйственными ландшафтами; многие компоненты природных ландшафтов заменяются антропогенными объектами. Селитебные ландшафты (поселения сельского и городского типа) являются одним из основных очагов модификации природы, развиты в основном в западной, центральной и южной части и горнопромышленным районам на востоке территории. Промышленные ландшафты пространственно приурочены к селитебным зонам, а также выделяются, как линейные промышленные объекты (железные, шоссейные и грунтовые дороги; линии электропередач; нефте- и газопроводы). Водохозяйственные объекты (водохранилища и пруды) занимают большие площади на территории, привели к уничтожению лесных массивов, переработке берегов с активизацией экзогенных геологических процессов.

Комплексная оценка характера изменения природных ландшафтов в результате хозяйственного воздействия на природную среду выполнена С.Е. Баканиным и др. (1994ф), просчитаны показатели, учитывающие площадное и видовое разнообразие современных ландшафтов. При этом обращалось

внимание на биологическую продуктивность, эрозионное расчленение, водообеспеченность, микроклимат и др. Степень антропогенного воздействия на природные ландшафты выражена в баллах (от 0 до 5 и выше) в зависимости от типа природопользования. Ненагруженные и слабонагруженные территории с высокой степенью устойчивости (0-2 балла) наблюдаются на севере и востоке территории, где основной тип природопользования – лесохозяйственный. В западной, южной и центральной части преобладающий тип природопользования – сельскохозяйственный и степень антропогенной нагрузки умеренная и значительная (2-4 балла). Районы с интенсивной и высокой степенью нагрузки (4-5 и более баллов) занимают небольшие площади и связаны с промышленным типом природопользования. Максимальная степень антропогенной нагрузки на все компоненты природы (5 баллов и выше), а, следовательно, и самая низкая степень устойчивости наблюдается в районах добычи полезных ископаемых (Верхнекамское месторождение калийных солей, Кизеловский угольный бассейн), в старых и новых промышленных районах (районы городов Перми, Краснокамска, Березников, Соликамска, Чусового, Лысьвы, Кизела, Губахи, Гремячинска, Кунгура, Чайковского, Красновишерска). Выделяются 3 крупные техногенных промышленных зоны, где степень антропогенной нагрузки значительна: Березниковско-Соликамская, Александровско-Губахинско-Лысьвенская и Пермская. Промышленные комплексы этих зон включают в себя многие виды хозяйственной деятельности, техногенное воздействие в них носят сложный характер, охватывая все компоненты природы. Они имеют наступательный прогрессирующий характер, что обусловлено строительством новых предприятий и слабым комплексом защитных мероприятий.

11.4. Ландшафтно-геохимическое районирование и типизация ландшафтно-геологических систем

11.4.1. Принципы ландшафтно-геохимического районирования и типизации

В основу ландшафтно-геохимического районирования положены следующие критерии: 1) территориальные различия современных условий водной и биогенной миграции элементов, определяющих миграционную способность поступающих в ландшафты химических веществ; 2) комплексы основных ландшафтно-геохимических процессов, в результате которых в коре выветривания, в рыхлых отложениях, на дне озер, в почвах накопились те или иные органические и минеральные соединения; 3) литогеохимические особенности территории (М.А. Глазовская [47, 48]). В соответствии с названными критериями выделяются следующие таксономические единицы ландшафтно-геохимического районирования: ландшафтно-геохимические пояса, области, зоны и провинции. Все ландшафты суши в соответствии с учением Б.Б. Польшова – А.И. Перельмана делятся по условиям миграции химических элементов на элювиальные (субаэральные – автономные) и подчиненные (гетерономные) элементарные ландшафты. К автономным ландшафтам относятся поверхности водоразделов с глубоким залеганием грунтовых вод; вещество и энергия поступают в ландшафты из атмосферы. В понижениях рельефа образуются подчиненные – супераквальные (надводные - гидроморфные) и субаквальные (подводные – донные) ландшафты, в которые с водоразделов сносятся продукты почвообразования и выветривания. Также выделяются трансэлювиальные (верхние части склонов), элювиально-аккумулятивные (нижние части склонов и сухие лога) и аккумулятивно-элювиальные (местные депрессии с глубоким залеганием грунтовых вод) элементарные ландшафты [276]. Территория Пермского края по М.А. Глазовской [48] находится в пределах Верхнекамской ландшафтно-

геохимической области, в пределах которой А.М Кропачевым (1997) выделены 3 ландшафтно-геохимических района: 1) элювиально-трансэлювиальный район в горных и предгорных частях Урала, который характеризуется высокой энергией рельефа, крутыми склонами и узкими водоразделами, интенсивным проявлением механической и физико-химической миграцией атомов; 2) элювиально-субэлювиальный район с двумя подрайонами. Первый приурочен к Верхнекамской водно-ледниковой равнине и характеризуется низкой энергией рельефа, пологими склонами и высокой обводненностью с ведущей физико-химической миграцией атомов. Второй - располагается на денудационной поверхности восточной окраины Русской платформы и Предуральского прогиба, с проявлением механической и физико-химической миграцией атомов; 3) субэлювиально-трансэлювиальный район на приподнятом пенеппене Уфимского плато, характеризуется сглаженными водоразделами и множеством карстовых воронок и логов, с преобладанием физико-химической миграцией в карстовых полостях [266, 267].

Ландшафтно-геологическая типизация имеет в основном геолого-геоморфологическую направленность, что диктуется необходимостью картографирования геологической среды – литогенной основы ландшафта. В основу типизации ландшафтов положена схема ландшафтного районирования по ландшафтной карте СССР масштаба 4 000 000 [274]. Соблюдая общие ландшафтные принципы, аббревиатуру и символы подразделений, мы уточнили границы ландшафтов по картам ландшафтного районирования масштаба 1:500 000 (Б.А. Чазов, С.Е. Баканин, Н.Н. Назаров) и выделили современные природные и техногенные ландшафты (по ландшафтно-индикационному дешифрированию). Среди ландшафтных зон в пределах платформенных равнин наиболее крупными являются: бореальная таежная зона (В), в которую входят среднетаежная подзона (B_2), южнетаежная подзона (B_3), подтаежная подзона (B_4); суббореальная северная гумидная зона (Г) с лесостепной подзоной (G_2). Среди высокоярусных (горных) ландшафтов (Ж) бореальной зоны выделены

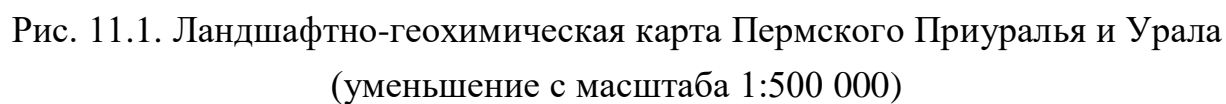
низкогорные средне- и южнотаежные ландшафты ($Ж_1$) и среднегорные средне-таежные ландшафты ($Ж_2$). Также выделены интрозональные аллювиальные и болотные ландшафты (3) и гидроморфные комплексы, включающие болота и торфяники, речные поймы, террасы и дельты. Основные ландшафтные зоны и подзоны отражены ландшафтно-геохимической карте (рис.11.1).

Основными элементами ландшафтно-геохимической карты являются геоморфологические (генетические) ландшафты. Выделено 8 основных генетических типов ландшафтов:

- аккумулятивный (комплекс болотных отложений в речных долинах),
- эрозионно-аккумулятивный (комплекс речных террас),
- денудационно-эрозионный (комплекс склонов современной гидросети и водоразделов),
- эрозионно-денудационный – 2 (нижняя и средняя поверхность водоразделов Предуралья),
- денудационный (верхняя поверхность водоразделов),
- структурно-денудационный – 2 (низкого и среднего орографических уровней Урала).

11.4.2. Основные ландшафтно-геохимические комплексы

Западный Урал и Приуралье входят в группу лесных (таежных) ландшафтов, характеризующихся определенными климатическими условиями, типом растительности, почв, условиями гипергенной миграции химических элементов. Таежные ландшафты характеризуются пермацидным (промывным) режимом, где преобладают атмосферные осадки над испарением и преимущественным развитием пользуются подзолообразовательные процессы.



Промывной режим способствует выносу химических элементов над процессом накопления. Значительную роль играют вторичные аккумуляторные ореолы, приуроченные к пониженным частям рельефа. Поверхностные воды, в основном, слабоминерализованные, существенно гидрокарбонатного состава. По особенностям водной миграции таежные ландшафты относятся к классу кислых и кислых глеевых. Среднетаежным ландшафтам свойственно более медленное разложение органических остатков, меньшая интенсивность биологического круговорота элементов. Процессы химического выветривания в зоне средней тайги затруднены, развито заболачивание с подзолисто-глеевыми и торфяно-болотистыми почвами. Миграция элементов направлена в сторону выщелачивания подвижных форм и частичного накапливания их в подчиненных гидроморфных ландшафтах – в торфах, сапропелях. Поверхностные воды в среднетаежной зоне обычно ультрапресные, в зоне южной тайги – пресные, слабокислые.

В пределах горной части Урала и в предгорьях развиты ***таежные ландшафты горных массивов, низкогорья, цокольных и денудационных равнин*** на породах складчатых комплексов. Этот тип ландшафта характеризуется сильным эрозионным расчленением рельефа. Это «открытые» ландшафты, сформированные на различных типах скальных грунтов. Преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы. По данным М.А. Глазовской и др. [47, 275], элювиальные горизонты данных почв, как правило, обеднены барием, кобальтом, стронцием, никелем и др. Большой пестротой литологического состава и ландшафтно-геохимических условий отличаются таежные ландшафты межгорных эрозионно-структурных депрессий Урала. В верхних частях склонов миграция элементов осуществляется в кислой окислительной среде при близком залегании коренных пород; в нижних частях склонов и в днищах межгорных котловин, затянутых аллохтонными делювиальными наносами, существует довольно однородный химический и минеральный состав, который практически не связан с подстилающими коренными породами. Наиболее обеднены микроэlemen-

тами четвертичные отложения, перекрывающие коренные породы и коры выветривания. Пониженное содержание микроэлементов наблюдаются и в современном аллювии, что в целом свидетельствует об ослаблении контрастности геохимической дифференциации литогенной основы в поверхностных отложениях. Рыхлые отложения обеднены марганцем, барием, ванадием и др. Несмотря на генетическую однородность минерального состава рыхлых отложений в пределах депрессий, отмечается дифференцированность геохимического поля, происходит миграция, перераспределение микроэлементов в толщах осадков и в какой-то мере проявляется металлогеническая специализация коренных пород. Поверхностные и грунтовые воды межгорных депрессий обладают невысокой минерализацией, характеризуются сульфатно-гидрокарбонатным, кальциево-магниевым составом. Они отличаются между собой соотношениями катионов магния и натрия: в поверхностных водах преобладает магний, в грунтовых водах – натрий. Содержание микроэлементов (по сухому остатку) в грунтовых водах выше, чем в поверхностных водах (для меди – в 2 раза). Исключение составляет серебро, концентрация которого в поверхностных водах выше, что обусловлено особенностями местного биологического круговорота [47].

Таежные ландшафты пластово-аккумулятивных и аккумулятивных равнин, сформированных на рыхлых, в основном неоген-четвертичных отложениях, характеризуются замедленным водообменом, избыточной увлажненностью, что способствует широкому развитию гидроморфных ландшафтов. Высокая степень заболоченности является показателем восстановительных условий миграции элементов. В ландшафтах аккумулятивных равнин широко развиты оглеенные болотные почвы. В торфах и сапропелях концентрируются гидроокислы железа, марганца и ряд подвижных компонентов: стронций, барий, цинк, титан и др. Поверхностные воды в большинстве случаев относятся к классу ультрапресных, часто со слабокислой реакцией, содержат органические кислоты.

Лесостепные ландшафты развиты в климатической зоне, переходной от влажной (таежной) к сухой (степной), где количество атмосферных осадков близко к испарению. По степени промытости ландшафты относятся к области пермацидно-импермацидного режима, где наблюдается сочетание хвойных и лиственных лесов с луговыми участками. Преобладающие почвы - серые лесные и оподзоленные черноземы. В пределах гидроморфных ландшафтов могут развиваться солоды, глеево-луговые, реже торфяно-глеевые. Неустойчивый режим увлажнения обуславливает чередование процессов выщелачивания и вторичного засоления. Поверхностные воды часто минерализованные. В щелочной среде отмечаются довольно благоприятные условия миграции анионогенных элементов – молибдена, селена, хрома и др. При испарении в формировании аккумулятивных солевых ореолов участвуют бор, фтор, уран, молибден, литий, стронций (Глазырина и др., 1998ф).

На территории Уральского региона отчетливо выделяется пять крупных ландшафтных комплексов (Вострокнутов, и др., 2001ф):

Таежный ландшафт денудационно-аккумулятивной равнины, в пределах стабилизированного блока Восточно-Европейской платформы, с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами на автохтонных и слабоперемещенных маломощных отложениях, а также на аллохтонных отложениях незначительной мощности, преимущественно представленных супесчаниками, и на севере валунно-галечниковыми с незначительным развитием суглинистых отложений. Таежный ландшафт формируется в условиях умеренно континентального климата, где в почвообразовании ярко выражен подзолистый процесс; развита заболоченность. Воды щелочные (pH=6.8-9.0), пресные, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные.

Содержания висмута, кобальта во всех средах существенно выше кларка этих элементов в почвах, содержание меди, цинка, хрома, серебра, выше кларка – в почвах, а стронция, бария, титана, марганца, галлия, циркония – напротив, ниже. Радиальная дифференциация элементов в почвенном профиле отмечена

для кобальта, свинца, ртути и в меньшей степени для марганца и серебра, и направлена в сторону накопления этих элементов в верхней части разреза в 1,3-1,5 раза. Содержание этих элементов в донных отложениях несколько ниже таковых в гумусовом горизонте, за исключением кобальта. Можно говорить о тенденции снижения содержаний хрома, ванадия, меди, олова в донных отложениях, и напротив – о значительном увеличении содержания стронция, и незначительном – никеля, молибдена, скандия, иттрия, циркония в донных отложениях.

Подтаежный ландшафт денудационно-аккумулятивной равнины и структурно-денудационного плато, в пределах которого распространены хвойно-широколиственные леса преимущественно на серых лесных почвах, а также подзолистых, дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почвах, развитых преимущественно на слабоперемещенных отложениях и аллохтонных, представленных супесчаниками. Подтаежный ландшафт формируется в условиях мало отличных от условий таежного ландшафта, с незначительным преобладанием запасов фитомассы и несколько более высокой активностью почвенной фауны и микроорганизмов, однако недостаточность оснований для усреднения продуктов гумификации приводит к процессу оподзоливания. Воды щелочные ($pH=7.4-8.8$) пресные гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные.

Содержания кобальта в почвах и донных отложениях выше кларка, а стронция, бария, титана, марганца, никеля, олова, молибдена, ртути, скандия, иттрия, циркония, ниобия – существенно ниже. Радиальная дифференциация выражена для марганца, ванадия, никеля, кобальта, меди, цинка, ртути, циркония, которые накапливаются в гумусовом горизонте примерно в 1,3 раза, тогда как для остальных элементов – стронций, барий, хром, серебро, свинец, олово, молибден, галлий, скандий, иттрий – радиальная дифференциация не наблюдается. Содержания элементов в донных отложениях несколько ниже их содержания в гумусовом горизонте почв, проявляя некоторую тенденцию к накоплению для стронция (в 5 раз), скандия в 1,4 раза, титана и ниобия в 1,2 раза.

Лесостепные и степные ландшафты структурно-денудационного плато с черноземами оподзоленными, выщелоченными и серыми лесными почвами, в пределах поднятого блока, на автохтонных отложениях, с выходами коренных пород в бортах рек. Лесостепной и степной ландшафт формируется в условиях типично континентального климата, с меньшим коэффициентом увлажнения и возрастающей теплообеспеченностью относительно подтаежного ландшафта. Состав воды щелочной ($\text{pH}=8,1-8,5$), воды пресные, но наиболее минерализованные, чем в других ландшафтах, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные.

Содержание хрома и кобальта во всех средах существенно выше кларка в почвах, а стронция, бария, титана, цинка, свинца, олова, ртути, иттрия, циркония, ниобия – ниже. Радиальная дифференциация элементов в почвенном профиле, как и в подтаежных ландшафтах, практически не выявляется, хотя свинец и молибден (в 1,5 раза), кобальт (в 1,3 раза) и в меньшей степени ртуть, иттрий, никель, серебро, цирконий и ниобий показывают тенденцию к накоплению в гумусовом горизонте почв. Донные отложения по сравнению с гумусовым горизонтом обеднены свинцом, медью, ртутью, оловом, ванадием, и напротив – обогащены стронцием (в 5 раз), иттрием и цирконием в 2 раза, скандием и титаном соответственно в 1,4 раза и 1,3 раза.

Горно-таежный и подтаежный ландшафты низкорасчлененных гор и предгорной равнины в пределах поднятого блока, соответствующего цокольной денудационной предгорной равнине, расположенной с востока и запада от блока интенсивных поднятий, который соответствует низким расчлененным горам и мелкосопочнику. Ландшафт характеризуется горными дерново-подзолистыми и горными подзолистыми почвами, развитыми на автохтонных образованиях, среди которых встречаются выходы коренных пород. Горный таежный ландшафт, как и таежный ландшафт, формируется в условиях умеренно континентального климата на пологих хребтах, увалах, массивах, разделенных продольными депрессиями, где в почвообразовании ярко выражен подзолистый

процесс. Воды изменяются от кислых до щелочных ($\text{pH}=5,8-8,9$) пресные гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные.

Содержания кобальта и цинка незначительно выше кларка во всех средах, а стронция, бария, титана, марганца, никеля, свинца, олова, иттрия, циркония, ниобия – ниже. Радиальная дифференциация элементов в почвенном профиле выявлена для марганца, серебра, свинца, молибдена, ртути и направлена в сторону накопления этих элементов в верхней части разреза в 1,3-1,9 раза. Единственный элемент, который выносится из гумусового горизонта – это никель, для остальных химических элементов радиальная дифференциация не наблюдается. Содержание стронция в донных отложениях, как и в предыдущих ландшафтах, остается повышенным относительно гумусового горизонта в 5 раз, так же выявлено превышение и для никеля, кобальта, иттрия, молибдена, циркония, скандия. Можно говорить о близких значениях содержаний бария, титана, цинка в донных отложениях и в верхней части почвенного профиля.

Горный луговой ландшафт средневысотных расчлененных гор, соответствует внутренней части блока интенсивных поднятий, в пределах которого наибольшее распространение получили горно-луговые почвы и незначительно развиты горные подзолистые, развитые на маломощных автохтонных образованиях. Горный луговой ландшафт, как и горный таежный ландшафт, формируется в условиях умеренно континентального климата на возвышающихся вершинах среди пологих хребтов, где в почвообразовании выражен процесс оподзоливания и оглеения. Воды слабокислые ($\text{pH}=5,4-7,8$) пресные гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные. Содержание ванадия, кобальта, меди во всех средах незначительно превышает кларк в почвах. Из всех рассмотренных ландшафтно-геохимических комплексов горные луга отличаются наибольшим набором элементов, содержание которых в почвах меньше кларка. Радиальная дифференциация элементов в почвенном профиле практически не выражена. Коэффициент местной миграции указывает на заметное накопление элементов в донных отложениях относительно почв.

Особенности рассмотренных ландшафтов, сформировавшихся в пределах двух близких между собой физико-географических стран, предопределенные процессами почвообразования, различиями в рельефе, а также климатическими условиями, нашли отражение в геохимической характеристике. А именно, наличие среднегорий и среднее расчленение рельефа обусловило развитие на северо-востоке описываемой территории горно-луговых скелетных почв с укороченным почвенным профилем, а также общее, но незначительно более высокое гипсометрическое положение Урала относительно рельефа платформенной части предопределило развитие в этой области почв горного облика с присущими им особенностями. В целом на территории преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, с незначительным развитием на карбонатных породах дерново-карбонатных почв, а в зоне лесостепных и степных ландшафтов – серых лесных почв и черноземов.

К общим геохимическим характеристикам всех ландшафтных комплексов относится пониженное (против кларка) содержания во всех средах стронция (в 8 раз для почв и в 1,5 раза для донных отложений), бария (в 5 - 2,5 раза), титана (в 1,5 - 2 раза), свинца (в 1,5 - 4 раза), олова (в 1,5 - 4 раза), иттрия (в 1,5 - 4 раза), циркония (в 2 - 6 раз), ниобия (в 1,25 - 2 раза) и повышенное содержание кобальта (в 1,3 - 2,5 раза), с вариациями содержаний в каждом из ландшафтов. Зональные особенности на уровне тенденций прослеживаются по другой группе элементов: титан, марганец, молибден, иттрий, галлий, кобальт, никель. Коэффициент радиальной дифференциации для титана, марганца, кобальта, галлия и ртути закономерно увеличивается от лесостепного и степного ландшафта через подтаежный ландшафт к таежному ландшафтному комплексу, тогда как для молибдена и иттрия в том же направлении уменьшается. Высотная зональность хорошо прослеживается по коэффициенту радиальной дифференциации никеля и кобальта, который закономерно увеличивается от горного лугового к горному таежному и таежному ландшафтам. Для остальных элементов коэффициент радиальной дифференциации показывает сходство ландшафтных ком-

плексов горной тайги и тодтайги, и четкое различие этих двух комплексов от горных лугов. Для последних характерно накопление большинства элементов в иллювиальном горизонте почв, особенно никеля, титана, хрома, ванадия, кобальта, меди и бария, что возможно связано с почвообразующими породами преимущественно ультраосновного и основного состава (массивы платиноносного пояса Урала и вулканогенные образования). Содержание хрома и кобальта в верхней части почвенного профиля имеет отчетливую закономерность к уменьшению с увеличением высотности, т.е. максимальное содержание в таежном ландшафте, а минимальное в горном луговом, такая же тенденция может наблюдаться и для никеля, меди, цинка.

Элементы, на миграцию которых влияют ландшафтные условия – хром, ванадий, никель, титан, медь, цинк, молибден, марганец, ртуть – являются индикаторами рудных месторождений, а также встречаются при промышленном производстве, входя в состав суммарного показателя загрязнения.

Анализ природных процессов, имеющих место на территории и формирующих ландшафт, дает возможность определить степень проявляемости вторичных геохимических ореолов рассеяния.

Горные таежные подтаежные ландшафты, горные луговые, а также лесостепные и степные ландшафты блоков неотектонических поднятий на автохтонных отложениях являются открытыми районами и благоприятны для хорошего проявления вторичных литохимических ореолов, литохимических и гидрохимических потоков рассеяния.

Таежные и подтаежные ландшафты денудационно-аккумулятивной равнины характеризуются хорошо проявленными литохимическими и гидрогеохимическими потоками рассеяния, различно проявленными вторичными литохимическими ореолами, что связано с особенностями четвертичных отложений. Северо-западной части территории, подвергшейся оледенению в четвертичное время и ныне перекрытой моренными и флювиогляциальными отложениями общей мощностью в первые десятки метров, присущи непроявленные вторич-

ные литохимические ореолы. Западная часть, структурно принадлежащая древней платформе, а в неотектоническом плане связанная с зонами локальных опусканий, перекрытая покровными полигенетическими суглинками, мощностью от метров до первых десятков метров, представляет собой район слабого проявления вторичных литохимических ореолов.

Коэффициент местной миграции, показывающий взаимодействие сред и связанный с особенностями рельефа, закономерно уменьшается от горного лугового к горному таежному и подтаежному через лесостепной и степной к таежному и подтаежному ландшафтам. Низкая дифференциация содержаний элементов по профилю практически во всех ландшафтах за исключением горного лугового, а также накопление элементов преимущественно в гумусовом горизонте, в случае формирования вторичных ореолов по открытому типу, свидетельствует о возможности выделения в качестве представительного горизонта гумусовый (т.е. первый от поверхности). Соотношение размеров гипергенных полей, формирующихся в почвах и донных отложениях, согласуется со значением местной миграции. В случае $K_m < 1$ максимальная площадь фиксируется в почвах, а при $K_m > 1$ – в донных отложениях.

Используемые при характеристике ландшафтов коэффициенты и оценки фона, учитываются при анализе уровня техногенного загрязнения. Фон выступает как показатель естественного состояния различных природных систем и относительно него происходит оценка состояния окружающей среды. Для этого был использован показатель потенциальной природной (экологической) опасности – ПЭО, рассчитываемый как сумма кларков концентрации (нормированных на кларк Боуэна, со значениями более 1) элементов I-III классов опасности минус число элементов, участвующих в расчете без одного, таким образом, являющийся аналогом суммарного показателя химического загрязнения (Z_c), выявляющего степень химического загрязнения почв.

Во всех ландшафтных комплексах величина ПЭО отвечает удовлетворительному экологическому состоянию [265]. Взаимосвязь величин ПЭО отдель-

ных горизонтов почв и донных отложений и особенностей радиальной дифференциации и местной миграции элементов в пределах каждого ландшафтного комплекса показала, что для таежного, подтаежного, лесостепного и степного ландшафтов $ПЭО_A > ПЭО_B > ПЭО_D$, для горного таежного и подтаежного ландшафта $ПЭО_A = ПЭО_B < ПЭО_D$, для горного лугового $ПЭО_A < ПЭО_B < ПЭО_D$.

Один и тот же объем техногенной нагрузки в разных ландшафтах вызывает неодинаковые изменения экологической обстановки, увеличивая их с возрастанием природного фона отдельных элементов и ПЭО. Кроме этого, при оценке экологического состояния используется относительный показатель ответной реакции на загрязнение. Районирование территории по потенциалу самоочищения почв от минеральных загрязняющих веществ, основанное на выделенных классах ландшафтов и данных Е.М. Никифоровой и Е.П. Сорокиной [276] показало развитие практически на всей территории почв с очень высоким потенциалом самоочищения (Вострокнутов, Демидов, Гапонцев и др., 2001ф).

Геохимическое поле территории области осложнено различного рода геохимическими барьерами (механические, формирующиеся у подножий склонов; глеевые, щелочные, кислородные, возникающие при изменении физико-химических окислительно-восстановительных условий среды; биогеохимические, обусловленные сменой растительности и другими факторами) на которых накапливаются аномальные концентрации элементов. В целом естественные ландшафты Пермского края претерпели большие изменения. В ландшафтах, подверженных техногенезу миграция химических элементов отличается от природной. Здесь подавлена роль биогенной миграции, механическая миграция приобретает большие масштабы, в связи с большими объемами работ по перемещению грунтов. В техногенных ландшафтах, также, как и в природных, широкое распространение имеют геохимические барьеры: в районах плотин образуются механические, инфильтрационные; в районе насыпей – щелочные; при осушении – кислородные; в зоне вторичного подтопления – глеевые (Степанов и др., 1994ф; Копылов и др., 2001ф).

Эколого-геохимический анализ ландшафтного строения Пермского Приуралья показывает, что естественные ландшафты области претерпели большие изменения, которые нашли отражение на геоэкологической карте (Копылов и др., 2001ф). Также имеются существенные различия по степени опасности загрязнения территории в связи с разной устойчивостью ландшафтов к техногенному воздействию. В целом, опасность остаточного накопления продуктов техногенеза органического происхождения возрастает с юга на север, где условия разложения химических веществ в почвах и выноса их из ландшафта крайне неблагоприятны. Наибольшая опасность длительного загрязнения продуктами техногенеза при пониженной устойчивости к техногенному воздействию создается на северо-западе территории, где распространены оторфованные и болотные почвы, имеющие высокую способность к поглощению токсичных веществ и продуктов их трансформации. В пределах ландшафтных зон экологическая опасность увеличивается от горных районов и возвышенных равнин к низменностям, от субаэральных ландшафтов к супераквальным, от песчаных почв к суглинистым и глинистым. Общая географо-геохимическая закономерность [276], связанная с различными значениями природного потенциала самоочищения почв, может усиливаться или ослабляться в зависимости от состава источников загрязнения и длительности воздействия.

В таблице 11.1 приведена геолого-геоморфологическая характеристика геоморфологических (генетических) ландшафтов Пермского Приуралья и Урала и оценка их геодинамической и геохимической устойчивости.

Таблица 11.1

Характеристика основных геоморфологических ландшафтов
Пермского Приуралья и Урала

Генетический тип ландшафта	Геоморфологическая характеристика		Характеристика отложений			Оценка устойчивости		
			коренных пород	рыхлых				
	Геоморфологический элемент рельефа	Уровни, рельефа м	состав	состав	мощность, м	геодинамическая	геохимическая	
Аккумулятивный	Речные долины (комплекс болотных отложений)	< 120 – 160		торф, оторфованные суглинки	1-2 (до 7)	низкая	низкая	
Эрозионно-аккумулятивный	Речные долины (комплекс речных террас)	<120 – 180		суглинки, глины, пески, гравий	3 – 5 (до 20)	низкая и средняя	низкая и средняя	
Денудационно-эрозионный	Склоны современной гидросети и водоразделов	140 – 200	Глины с прослоями известняков, песчаников	глины и суглинки с дресвой	2 – 3 (до 10)	низкая и средняя	средняя	
Эрозионно-Денудационный	Водораздельные поверхности и их склоны	нижняя	150 – 200	Глины, алевролиты, известняки, мергели	глины и суглинки с дресвой, щебнем и глыбами	1 – 5 (до 20)	средняя	средняя
Эрозионно-Денудационный		средняя	200 – 300	Глины, алевролиты, песчаники, мергели	глины и суглинки с дресвой, щебнем и глыбами	(до 25)	средняя и высокая	средняя
Денудационный		верхняя	>300 (до 500)	Глины, пески, галечники, алевролиты, песчаники, известняки	валуны, галечник, гравий, щебень, пески, суглинки	0,5 – 3 (до 50)	средняя	средняя
Структурно-Денудационный	Водоразделы гор, склоны и эрозионные депрессии	низкий уровень	500-750	Песчаники, известняки, алевролиты, габбро-диабазы	щебенисто-глыбовый материал, валуны, галечник, гравий, пески, суглинки	0-3 (до 10)	средняя	средняя
Структурно-Денудационный		средний уровень	> 750	Кварцито-песчаники, мрамора, габбро-диабазы, гранито-гнейсы			средняя	средняя

11.4.3. Ландшафтно-геохимическое районирование

Для Западного Урала и Приуралья на основе принципов ландшафтно-геохимического районирования, изложенных выше и основы геоморфолого-неотектонического районирования, разработано следующее ландшафтно-геохимическое районирование регионально-зонального уровня детальности (масштаб 1:200 000-1:500 000) (рис. 11.2). В табл. 11.2 приведена геохимическая характеристика ландшафтно-геохимических областей

Восточно-Русская ландшафтно-геохимическая провинция

I. Элювиально-субэлювиальная область аккумулятивной равнины Северного Прикамья (с районами - Северных Увалов, Веслянской низины, Верхнекамской низменной равнины, Косинской низменной равнины).

II. Элювиально-субэлювиальная область денудационной равнины Прикамья (с районами - Верхнекамской возвышенности, Верхнекондаских Увалов, Иньвенско-Обвинской низменной равнины, Верещагинско-Васильевских Увалов, Оханских Увалов, Среднекамской низменной равнины, Осинской возвышенности, Тулвинской возвышенности, Буйской низменной равнины).

III. Элювиально-субэлювиальная область Тиманид (с районами - Кельтменской низины и Тиманского кряжа).

IV. Элювиально-субэлювиальная область денудационной равнины Северного Предуралья (район Колвинско-Вишерской возвышенной равнины).

V. Элювиально-субэлювиальная область денудационной равнины Предуралья (с районами Соликамской равнины, Косьвинско-Чусовской возвышенности, Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины).

VI. Субэлювиально-трансэлювиальная область приподнятой денудационной равнины Уфимского плато (с районами Иреньско-Сылвенской наклонной карстовой равнины, Уфимского плоскогорья и Сылвенского кряжа).

Уральская геохимическая провинция

VII. Элювиально-трансэлювиальная область остаточных горных массивов западного склона Северного Урала.

VIII. Элювиально-трансэлювиальная область приподнятых денудационных горных массивов осевой части Северного Урала.

IX. Элювиально-трансэлювиальная область остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала.

X. Элювиально-трансэлювиальная область приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала.

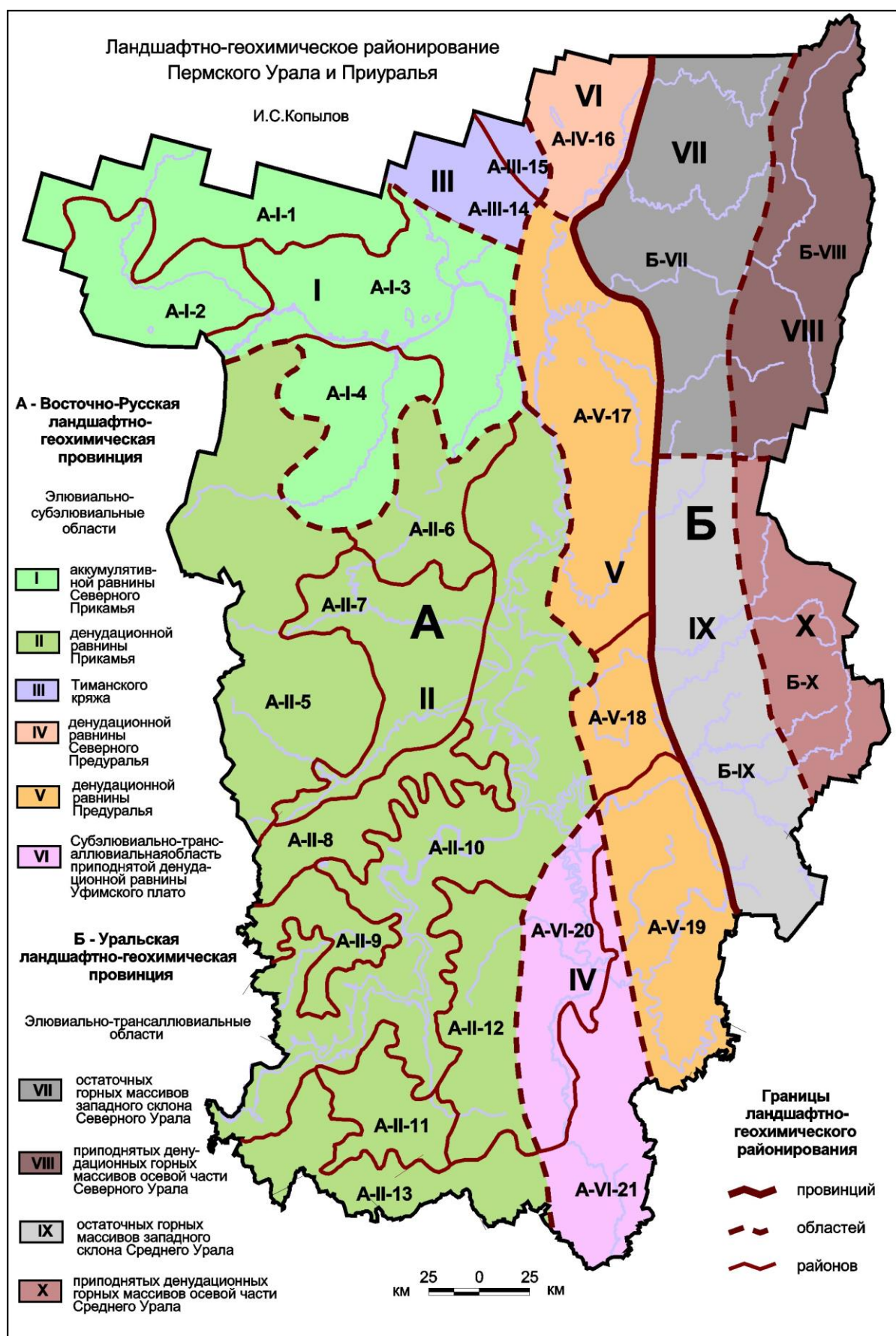


Рис. 11.2. Ландшафтно-геохимическое районирование
Пермского Приуралья и Урала

Таблица 11.2

Характеристика ландшафтно-геохимических областей
по микроэлементам в почвах верхнего горизонта [189]

Ландшафтно-геохимические таксоны	Элемент	Содержание элемента п*10 ⁻⁴ %			
		min	max	среднее	Me
Восточно -Русская ландшафтно-геохимическая провинция					
I. Элювиально- субэлювиальная область аккумулятивной равнины Северного Прикамья	Hg	0	9.8	3	2.6
	Li	0	40	15.3	0
	Sr	0	500	49	30
	Ba	0	400	151	100
	Ti	150	4000	2013	2000
	Mn	80	2000	796.7	800
	Cr	10	300	99.6	100
	V	3	150	59.4	60
	Ni	3	50	20.2	20
	Co	1	15	6.5	6
	Cu	3	150	32.4	30
	Ag	0.05	0.4	0.08	0.08
	Zn	10	300	91.8	80
	Pb	8	30	16.5	15
	Be	0	2	1.35	0
	Sn	1	4	1.98	2
	Mo	0.5	1.5	0.98	1
	Ga	1	20	11.2	10
	P	1000	3000	1117.6	1000
	Sc	1	8	3.5	3
	Y	3	20	7.7	6
	La	0	30	6.5	0
	Zr	30	200	82.7	80
	B	10	40	21.8	20
	Nb	3	10	6.3	6
Ge	0	2	0.14	0	
W	0	3	0.06	0	
Bi	0	1	0.9	1	
II. Элювиально- субэлювиальная область денудационной равнины Прикамья	Hg	0	14.1	4.5	4.1
	Li	0	50	27.5	30
	Sr	0	600	44.2	30
	Ba	0	1000	180.2	200
	Ti	150	5000	2568.8	3000
	Mn	100	6000	999.3	800
	Cr	6	400	133	150
	V	3	300	112.2	100
	Ni	5	150	36.8	30
	Co	1	30	15.4	15
	Cu	8	1000	63.3	60

Продолжение таблицы 11.2

Ландшафтно-геохимические таксоны	Элемент	Содержание элемента $\times 10^{-4}\%$			
		min	max	среднее	Me
II.	Ag	0	0.3	0.09	0.08
	Zn	0	500	107.7	100
	Pb	5	400	25.7	30
	Be	0	3	0.38	0
	Sn	1	30	3.2	3
	Mo	0	3	0.81	0.8
	Ga	2	30	14.4	15
	P	0	5000	1336.6	1000
	Sc	1	15	4.8	5
	Y	0	50	11.3	10
	La	0	60	11.6	0
	Zr	30	400	110.4	100
	B	10	60	24.1	20
	Nb	3	20	7.1	6
	Ge	0	2	0.32	0
	Yb	0	5	1.2	1
V. Элювиально- субэлювиальная область денудационной равнины Предуралья	Hg	0.5	38.3	5.6	5
	Li	0	60	27.1	30
	Sr	0	200	40.6	30
	Ba	0	2000	199.4	200
	Ti	500	5000	2526.6	3000
	Mn	100	6000	864.4	600
	Cr	10	1000	120.5	100
	V	5	400	111.5	100
	Ni	3	100	28.9	30
	Co	1	30	12	10
	Cu	5	1000	58.8	50
	Ag	0.05	0.3	0.08	0.06
	Zn	0	500	137.6	100
	Pb	8	1000	31	20
	Be	0	3	0.3	0
	Sn	1	15	3.1	3
	Mo	0.5	30	1.7	1
	Ga	3	30	16.6	20
	P	1000	3000	1288.1	1000
	Sc	1	10	4.6	5
	Y	3	40	9.2	8
	La	0	40	10.3	0
	Zr	30	500	102	80
	B	15	150	31.4	30
	Nb	3	10	6.1	6
	Ge	0	1	0.2	0
	Yb	0	4	0.89	1
	Bi	0	2	0.97	1

Ландшафтно-геохимические таксоны	Элемент	Содержание элемента $\times 10^{-4}\%$			
		min	max	среднее	Me
VI. Субэлювиально- трансэлювиальная область приподнятой денудационной равнины Уфимского плато	Hg	0	12.4	4.1	3.6
	Li	0	100	30.3	30
	Sr	0	1500	58.9	40
	Ba	0	300	184.9	200
	Ti	500	4000	2505.4	3000
	Mn	400	3000	1058	1000
	Cr	30	300	129.4	100
	V	50	200	129	100
	Ni	20	100	57	50
	Co	8	40	21	20
	Cu	20	200	61.2	60
	Ag	0	1	0.09	0.06
	Zn	40	1000	105.3	100
	Pb	10	50	27	30
	Be	0	3	0.6	0
	Sn	2	6	3.4	3
	Mo	0.5	5	1.2	1
	Ga	8	30	17.8	20
	P	1000	30000	1785	1000
	Sc	2	10	5	5
	Y	3	30	12.1	10
	La	0	30	12.6	0
	Zr	30	200	96.7	80
	B	15	100	33.5	30
	Nb	0	20	6.6	6
	Ge	0	10	0.77	1
	Yb	0	2	1.2	1
	Bi	0	6	0.96	1
	W	0	6	0.19	0
	Ce	0	100	1.07	0
Уральская геохимическая провинция					
VII. Элювиально- трансэлювиальная область остаточных горных массивов западного склона Северного Урала	Hg	2.8	13.9	6.6	5.9
	Li	0	30	24.7	30
	Sr	0	40	27.6	30
	Ba	100	300	200	200
	Ti	2000	4000	3294.1	3000
	Mn	300	3000	1252.9	1000
	Cr	10	200	91.8	100
	V	30	150	97.6	100
	Ni	4	30	19.9	20
	Co	2	20	10.9	10
	Cu	10	100	38.2	30
	Ag	0.05	0.5	0.11	0.08
	Zn	40	500	255.9	300
	Pb	20	40	30.6	30

Ландшафтно-геохимические таксоны	Элемент	Содержание элемента п*10 ⁻⁴ %			
		min	max	среднее	Me
VII.	Be	0	3	0.59	0
	Sn	2	10	4.5	3
	Mo	0.6	2	1.05	1
	Ga	5	20	17.4	20
	P	1000	3000	1823.5	2000
	Sc	3	15	5.59	5
	Y	3	50	13.2	10
	La	0	50	26.5	30
	Zr	50	300	140	150
	B	20	50	31.8	30
	Nb	5	10	8.4	8
	Yb	0	4	1.1	1
	Bi	1	2	1.3	1
VIII. Элювиально- трансэлювиальная область приподнятых денудационных горных массивов осевой части Северного Урала	Hg	3.4	10.2	6.69	6.45
	Li	0	40	20	30
	Sr	0	30	15	15
	Ba	100	300	180	200
	Ti	1000	3000	2150	2000
	Mn	300	1500	810	700
	Cr	20	100	62	65
	V	15	150	71.5	60
	Ni	5	30	15.5	15
	Co	1	15	6.6	5.5
	Cu	10	150	34	20
	Ag	0.06	0.2	0.094	0.08
	Zn	30	100	60	60
	Pb	20	50	34	30
	Be	0	2	1.1	1
	Sn	2	4	2.9	3
	Mo	0.8	1	0.86	0.8
	Ga	5	20	14.6	17.5
	P	1000	3000	2000	2000
	Sc	2	5	3.2	3
	Y	3	10	6.4	6
	La	0	40	25	30
	Zr	100	300	130	100
	B	20	50	32	30
	Nb	6	10	9	10
	Yb	0	2	0.7	1
	Bi	1	2	1.5	1.5
IX.	Hg	0	67.2	7.37	6.15
	Li	0	50	26.2	30
	Sr	30	400	45.2	30
	Ba	0	10000	287.9	200

Ландшафтно-геохимические таксоны	Элемент	Содержание элемента $\text{н} \cdot 10^{-4} \%$			
		min	max	среднее	Me
IX. Элювиально- трансаллювиальная область остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала	Ti	300	8000	3172.7	3000
	Mn	150	6000	1124.6	700
	Cr	10	200	83.7	80
	V	20	200	100.8	100
	Ni	3	100	19.1	15
	Co	2	50	11.3	10
	Cu	10	300	48.7	40
	Ag	0	0.3	0.07	0.06
	Zn	10	1000	259.7	300
	Pb	10	1500	45	30
	Be	0	3	0.48	0
	Sn	1	60	4.6	3
	Mo	0.5	2	1.06	1
	Ga	3	30	17.6	20
	P	0	3000	1227.3	1000
	Sc	2	15	5.6	5
	Y	3	100	16	15
	La	0	50	21.7	30
	Zr	20	600	171.7	150
	B	6	80	28	30
	Nb	0	20	7.3	8
	Yb	0	8	1.5	1
	Bi	1	2	1	1
	W	0	30	0.3	0
	Ge	0	1	0.14	0
X. Элювиально- трансаллювиальная область приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала	Hg	1.8	18.3	8.2	7.4
	Li	0	50	19.5	30
	Sr	0	100	33.2	30
	Ba	100	500	234.1	200
	Ti	800	5000	3137.8	3000
	Mn	100	6000	1131.7	800
	Cr	10	10000	194.1	80
	V	10	300	95.4	100
	Ni	3	500	21.1	15
	Co	2	60	9.9	10
	Cu	10	150	48.2	40
	Ag	0	0.6	0.096	0.08
	Zn	30	500	147.1	100
	Pb	15	200	47.1	40
	Be	0	5	0.85	0.5
	Sn	1	15	4.2	4
	Mo	0.5	3	1	1
	Ga	3	30	18	20
	P	1000	10000	1634.1	1000
	Sc	3	15	6	6

Ландшафтно-геохимические таксоны	Элемент	Содержание элемента $\text{н} \cdot 10^{-4} \%$			
		min	max	среднее	Me
Х.	Y	5	150	17.8	15
	La	0	60	19.1	30
	Zr	50	400	149.5	150
	B	10	60	27.7	30
	Nb	3	40	7.7	6
	Yb	0	10	1.6	1
	Bi	0	3	1.12	1
	Ce	0	100	4.9	0
	Ge	0	2	0.32	0
	W	0	3	0.15	0
Общее по территории Западного Урала и Приуралья (Пермский край)	Hg	0	67,2	5,2	4,6
	Li	0	100	26,4	30
	Sr	0	1500	43,6	30
	Ba	0	10000	198,6	200
	Ti	150	8000	2647,8	3000
	Mn	80	6000	1002,1	800
	Cr	6	10000	127,5	100
	V	3	400	109,2	100
	Ni	3	500	33,3	30
	Co	1	60	14	15
	Cu	3	1000	57,4	50
	Ag	0	1	0,08	0,08
	Zn	0	1000	134	100
	Pb	5	1500	30,2	30
	Be	0	5	0,44	0
	Sn	1	60	3,4	3
	Mo	0	30	1	0,8
	Ga	1	30	15,6	15
	P	0	30000	1382,7	1000
	Sc	1	15	4,9	5
	Y	0	150	11,9	10
	La	0	60	13,3	0
	Zr	20	600	117	100
	B	8	150	26,7	30
	Nb	0	40	7	6
	Yb	0	10	1,2	1
	Bi	0	6	0,999	1
	Ce	0	100	0,45	0
	Ge	0	10	0,34	0
	W	0	30	0,28	0

11.4.4. Ландшафтно-геологическое районирование и структура ландшафтно-геохимических и геодинамических систем

Методическими основами районирования и типизации ландшафтно-геологических (геохимических и геодинамических) систем являются принципы

системного анализа, ряд положений о геосистемах, разработанных В.Б. Сочавой [369], где для систематизации подразделений природной среды применяется принцип двухрядной классификации геосистем: геохор – единиц регионального ряда и геомер – типологических выделов. Выделяются таксономические единицы районирования: геохоры разных порядков – ландшафтно-геохимические и геодинамические пояса, провинции, области (мегагеохоры), районы (макрогеохоры).

Как отмечено выше (раздел 11.4.1) ландшафтно-геологическая (геодинамическая и геохимическая) типизация имеет в основном геолого-геоморфологическую направленность, что диктуется необходимостью картографирования природно-геологической среды – литогенной основы ландшафта.

Для Пермского Приуралья и Урала на основе принципов ландшафтно-геохимического районирования [47], геоморфолого-неотектонического районирования и общих геохимических и геодинамических закономерностей [139, 158, 212] разработано следующее ландшафтно-геологическое (геохимическое и геодинамическое) районирование регионально-зонального уровня детальности масштаба 1:200 000-1:500 000 (рис. 11.3). Иерархия и границы таксонов до уровня макрогеохор соответствуют разработке на рис. 11.2. Таксоны более низких уровней определяются рядом ландшафтно-геологических факторов, основным методом является ландшафтно-геодинамический анализ.

А. Восточно-Русская геохора I порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая провинция).

А-а. Верхнекамская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).

А-I. Мегагеохора аккумулятивной равнины Северного Прикамья (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая область) занимает северо-западную часть Пермского края. Выделяются макрогеохоры (ландшафтно-геохимические и геодинамические районы): Северных Увалов (А-I-1) умеренных сводовых

А-П. Мегагеохора денудационной равнины Среднего Прикамья занимает западную часть Пермского края. Выделяются макрогеохоры: Верхнекамской возвышенности (А-П-5) и Верхнекондаских Увалов (А-П-6) умеренных сводовых поднятий; Иньвенско-Обвинской низменной равнины (А-П-7), Верещагинско-Васильевских Увалов (А-П-8), Оханских Увалов (А-П-9), Среднекамской низменной равнины (А-П-10), Осинской возвышенности (А-П-11) слабых и умеренных дифференцированных поднятий; Тулвинской возвышенности (А-П-12) умеренных и значительных дифференцированных поднятий; Буйской низменной равнины (А-П-13). Мегагеохора сложена средне-верхнепермскими терригенными отложениями, перекрытых полигенетическими, ледниковыми, флювиогляциальными образованиями в северной части и элювиально-делювиальными образованиями в центральной и южной частях. Преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Выделяются литогеохимические АЗ (Иньвинская, Чермозская, Обвинская, Добрянская, Очерская, Среднекамская, Тулвинская, Буйская) с площадным и локальным распространением: Zr, Ga, Cu, P, Mn, Pb, Be, Ni, Ti, Ba, Cr, с локальным и точечным: V, Zn, Cd, Ni, Sn, Mo.

А-в. Тиманская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).

А-Ш. Мегагеохора Тиманского кряжа занимает фрагмент в северной части Пермского края. Выделяются макрогеохоры: Кельтменской низины (А-Ш-14) слабых поднятий и Тиманского кряжа (А-Ш-15) умеренных поднятий. Мегагеохора сложена шешминскими и соликамскими терригенными и карбонатными отложениями (на западе) и нижнепермскими, каменноугольными, рифейскими отложениями (на востоке), перекрытыми полигенетическими и флювиогляциальными образованиями. Преобладают сильноподзолистые почвы. Выделяется Березовская литогеохимическая АЗ с площадным распространением: Zr, Ga, Cr, Pb, Mn, Be, Cu, Ti, Cd, с локальным: Zn, Ni, Co.

А-г. Печерская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).

А-IV. Мегагеохора денудационной равнины Северного Предуралья занимает фрагмент в северной части региона. Выделяется макрогеохора Колвинско-Вишерской возвышенной равнины (А-IV-16) слабых и умеренных поднятий. Мегагеохора сложена нижнепермскими терригенно-карбонатными отложениями, перекрытыми полигенетическими, гляциальными и флювиогляциальными четвертичными образованиями. Преобладают средне- и сильноподзолистые почвы. Большую часть занимает Березовская литогеохимическая АЗ с площадным распространением: Zr, Ga, Cr, Pb, Mn, Be, Cu, Ti, Cd, с локальным: Zn, Ni, Co.

А-д. Предуральская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).

А-V. Мегагеохора денудационной равнины Предуралья располагается в восточной части Пермского края в Предуральском краевом прогибе. Выделяются макрогеохоры: Соликамской равнины (V-17) слабых и умеренных дифференцированных поднятий, Косьвинско-Чусовской возвышенности (А-V-18) умеренных дифференцированных поднятий и Лысьвенско-Толумбасской возвышенной равнины (А-V-19) слабых и умеренных дифференцированных поднятий. Мегагеохора сложена нижнепермскими терригенно-карбонатными и сульфатными отложениями. В северной части преобладают полигенетические, флювиогляциальные и аллювиальные образования со средне- и сильноподзолистыми почвами. В центральной и южной частях преобладают элювиально-делювиальные образования с дерново-подзолистыми почвами. Выделяются крупные литогеохимические АЗ (Северокамская, Яйвинская, Косьвинская, Среднечусовская, Шаквинская, Верхнесылвинская) с площадным и локальным распространением: Zr, Ga, Cr, Pb, Mn, Be, Cu, Ti, Cd, с локальным и точечным: P, Zn, Ni, Co, V, Ba, Sr.

А-е. Уфимская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).

А-VI. Мегагеохора субэлювиально-трансэлювиальной приподнятой денудационной равнины Уфимского плато, располагается в юго-восточной части Пермского края. Выделяются макрогеохоры: Иреньско-Сылвенской наклонной карстовой равнины (А-VI-20) слабых дифференцированных поднятий и Уфимского плоскогорья и Сылвенского кряжа (А-VI-21) умеренных дифференцированных поднятий. Мегагеохора сложена нижнепермскими терригенно-карбонатными и сульфатными отложениями, перекрытыми элювиально-делювиальными четвертичными образованиями. Преобладают дерново-подзолистые, черноземные оподзоленные почвы. Большую часть занимают Иреньская и Шаквинская литогеохимические АЗ с площадным распространением: Р, Ni, Cu, Ga, V, Pb, Zn, с локальным: Mo, Mn, Sr.

Б. Уральская геохора I порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая провинция).

Б-а. Северо-Уральская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).

Б-VII. Мегагеохора остаточных горных массивов западного склона Северного Урала значительных и сильных дифференцированных поднятий, располагается в северо-восточной части Пермского края. Мегагеохора сложена нижнепермскими, каменноугольными и девонскими терригенно-карбонатными отложениями, перекрытыми элювиально-делювиальными образованиями. Преобладают среднеподзолистые и горно-подзолистые почвы. Выделяются Березовская, Верхневишерская, Яйвинская литогеохимические АЗ с площадным распространением: Zr, Ga, Cr, Pb, Mn, Be, Cu, Ti, Cd, с локальным: Zn, Ni, Co, P, Ba.

Б-VIII. Мегагеохора приподнятых денудационных горных массивов осевой части Северного Урала сильных сводовых и сводово-глыбовых поднятий. Мегагеохора сложена девонскими, силурийскими, ордовикскими, вендскими, ри-

фейскими терригенно-карбонатными, метаморфическими, вулканогенными образованиями, перекрытыми элювиально-делювиальными, элювиальными, коллювиальными четвертичными образованиями. Преобладают среднеподзолистые и горно-подзолистые почвы. Большую часть занимает Верхневишерская литогеохимическая АЗ с площадным распространением: Zr, Ga, Pb, Zn, Mn, Cr, Be, Cu, Ti, Cd с локальным распространением Ni, Co.

Б-б. *Средне-Уральская геохора II порядка (ландшафтно-геохимическая и геодинамическая подпровинция).*

Б-IX. *Мегагеохора остаточных горных массивов западного склона Среднего Урала* значительных дифференцированных поднятий, располагается в восточной части Пермского края. Мегагеохора сложена нижнепермскими, каменноугольными, девонскими, вендскими терригенно-карбонатными и метаморфизованными отложениями, перекрытыми элювиально-делювиальными четвертичными образованиями. Преобладают подзолистые и горно-дерново-подзолистые почвы. Выделяются части крупных литогеохимических АЗ (Яйвинская, Косьвинская, Среднечусовская, Верхнесылвинская, Усвинская) с площадным и локальным распространением: Zr, Ga, Cr, Pb, Mn, Be, Cu, Ti, с локальным и точечным: P, Zn, Cd, Ni, Co, V, Ba, Sr, Sn.

Б-Х. *Мегагеохора приподнятых денудационных горных массивов осевой части Среднего Урала* сильных дифференцированных и сводовых поднятий, располагается в восточной части Пермского края. Мегагеохора сложена силурийскими, ордовикскими, вендскими, рифейскими терригенно-карбонатными, метаморфическими, вулканогенными образованиями, перекрытыми делювиальными, элювиально-делювиальными четвертичными образованиями. Преобладают горно-дерново-подзолистые почвы. Большую часть занимают Усвинская и Койвинская литогеохимические АЗ, с площадным распространением: Ga, Cr, Pb, Mn, Cu, Ti, Zr с локальным и точечным: P, Zn, Be, Cd, Ni, Co, V, Ba, Sr, Sn.

Таксоны более низких уровней определяются рядом ландшафтно-геологических факторов, основным методом является ландшафтно-геодинамический анализ.

Ландшафтно-геодинамический анализ – комплексный метод (геологических, геоморфологических, ландшафтных, дистанционных методов), проводимый в соответствии с принципами геоиндикационного и ландшафтно-индикационного дешифрирования с целью выделения и картирования ландшафтных аномалий (кольцевых структур, морфоструктур, морфоаномалий) – индикаторов погребенных локальных геологических структур, для выявления закономерностей их пространственного и глубинного размещения и связей с углеводородами и другими полезными ископаемыми.

В Пермском Приуралье и Урале при проведении нефтегазопромысловых работ ландшафтно-геодинамическим анализом [127, 215] установлено более 4,5 тыс. локальных ландшафтных аномалий (ЛА), отобразивших на космических снимках (КС) седиментационные структуры и локальные тектонические поднятия. В большинстве локальные ЛА имеют овальную форму, северо-западную, северо-восточную или субмеридиональную ориентировку по длинной оси. Размеры ЛА, выделенных по дешифрированию среднемасштабных КС, составляют 5-20 км длиной и 2-8 км шириной. По крупномасштабным КС размеры ЛА составляют соответственно 1,5-4 км длиной и 1-2 км шириной. Изучены закономерности размещения ЛА, которые группируются в цепи или более крупные кольцевые структуры. Сделано подробное описание по ландшафтно-тектоническим регионам [158]. Проведено ранжирование ЛА по перспективам нефтегазоносности.

Глава 12

ЭКОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Проблема изучения экологического состояния поверхностных вод является одной из важнейших в Пермском регионе. Поверхностные воды тесным образом связаны с подземными, участвуют в их питании, в основном в паводковый период, когда их качество особенно ухудшается. Современное хозяйственное водоснабжение населения Пермского края базируется на использовании поверхностных и подземных вод, при этом доля поверхностных вод составляет 56% от общего количества используемых для водоснабжения вод. Водоснабжение г.Перми (96%), гг. Добрянка, Гремячинск, Чусовой, Кизел, Кунгур, Нытва, Краснокамск, Чайковский и многих более мелких населенных пунктов базируются на использовании поверхностных вод.

В настоящее время по гидрохимии поверхностных вод территории края накоплен огромный фактический материал (десятки тысяч анализов), в результате проведения производственных многоотраслевых, научных многоцелевых, контрольно-наблюдательных работ, который содержится во многих организациях и ведомствах. Для общей характеристики и оценки качества вод рек, озер, водохранилищ использовались в основном материалы Сылвинской ГГП (ГП «Запуралгидрогеология»), ФГУП «Геокарта-Пермь», ГП «Зеленогорскгеология», ФГУ ПТФГИ; комитетов по охране природы и других организаций. Критерием качества воды служат физические, химические, гидробиологические, бактериологические показатели. Водные объекты одновременно используются для различных нужд народного хозяйства, поэтому использовались более жесткие нормативные требования к качеству поверхностных вод, - ПДК для рыбохозяйственных целей (СанПиН № 4620-88, 4630-90), поскольку вредные вещества, находящиеся в воде, имеют свойство

накапливаться в живых организмах (рыбе) и по пищевой цепочке передаваться к человеку.

12.1. Фоновая гидрохимическая характеристика

Характеристика естественного химического состава речных вод до периода интенсивной техногенной деятельности приведена в работе Пермского госуниверситета «Химическая география и гидрогеохимия Пермской области, Пермь, 1967» [410], где выполнено обобщение материалов по 2500 анализам. По химическому составу реки региона относились к широтной зоне гидрокарбонатно-кальциевых вод (по Г.А. Максимовичу, 1955) или к гидрокарбонатному классу группы кальция (по А.О.Алекину, 1948). Минерализация вод изменялась от 20 до 2500-3000 мг/л, но преобладали воды малой минерализации. Было проведено гидрохимическое районирование с выделением 4 гидрохимических провинций (гидрокарбонатно-кремнеземных вод центрально-горного Урала; гидрокарбонатно-кальциевых вод западного склона Урала; гидрокарбонатно-кальциевых и гидрокарбонатно-сульфатных вод Предуралья; гидрокарбонатно-кальциевых вод приуральской части Русской платформы), 7 областей и 4 районов. Речные воды в естественных условиях имели хорошее качество и были в основном пригодны для питьевого и промышленного водоснабжения. В настоящее время естественный режим рек на многих местах нарушен в результате интенсивного развития различных отраслей народного хозяйства. Сформирован новый гидрохимический фон, который сохраняет общие закономерности, но имеет очень сложный мозаичный характер, обусловленный влиянием многочисленных факторов.

Поверхностные воды Пермского края по минерализации по классификации А.М. Овчинникова (1955) в большинстве своем относятся к пресным (с минерализацией до 1,0 г/л), ультра-пресным или сверхпресным (с минерализацией до 0,2 г/л) и солоноватым (с минерализацией 1,0-3,0 г/л) водам. Величина общей минерализации речных вод колеблется от нескольких десятков

до 32603,8 мг/л (Чувиллин и др., 1996ф). В среднем минерализация их составляет 319,3 мг/л, что в 3,4 раза превышает среднюю величину содержания в речных водах материкового стока (93,4 мг/л). Наибольшее распространение имеют пресные воды 60 %, сверхпресные составляют 35 %, слабосоленоватые воды занимают 5 % площади. При этом, поверхностные воды с минерализацией 0,1-0,5 г/л занимает 87 % площади. Сверхпресные воды распространены, главным образом, в горной и предгорной части Урала, северных районах края. Слабосоленоватые воды встречаются в центральной части области и пространственно связаны с иренским водоносным комплексом, а также с местами разгрузки вод глубоких горизонтов. Участки выщелачивания гипса, ангидрита, каменных солей и разгрузки подземных вод характеризуются высокой степенью минерализации поверхностных вод (до 2,5 г/л).

На большей части территории (до 70 % площади) преобладающим является гидрокарбонатный кальциевый, магниевый-кальциевый состав вод. Он распространен в западной, юго-западной и северо-восточной части территории. Вторым по распространенности является гидрокарбонатно-сульфатный и сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый, кальциевый-натриевый и натриево-кальциевый состав вод (около 22 % площади). Сульфатно-кальциевые воды приурочены к сульфатным иренским отложениям. В районе КУБ в поверхностных водах отмечается сульфатная аномальная зона со смешанным катионным составом, связанная, очевидно, с загрязнением, вызванным шахтными водами. Содержание сульфатов в них составляет 1,5-2,0 г/л при минерализации до 2-3 г/л. Сульфатные воды занимают около 3 % от рассматриваемой площади. Гидрокарбонатно-хлоридные и хлоридно-гидрокарбонатные кальциевый-натриевые и натриево-кальциевые воды имеют преобладающее развитие в пределах Камского и Воткинского водохранилищ (составляют около 3 % площади). Главным источником поступления в воды хлор-иона являются комплексы пород, обогащенные минеральными веществами, содержащими хлор, а также реки с высоким содержанием хлор-

иона. Реки с преобладанием хлор-иона, развиты в пределах Березниковско-Соликамского промузла с содержанием хлор-иона 10 579 мг/л, в пределах водосбора р.Усолки – 479 мг/л, водосбора р.Полазны – 2432 мг/л. Из катионного состава в этих водах преобладают натрий, калий. Формирование аномалий по хлор-иону в этом районе связано не только с растворением солей солеродных бассейнов, но и за счет дополнительных техногенных источников поступления его в природную среду при разработке месторождений солей. Площадь развития этих вод около 1 % территории края. Общая характеристика химического состава поверхностных вод по Пермского края (Копылов и др., 2001ф) приведена в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Общая характеристика химического состава поверхностных вод
Пермского края

Показатели, мг/дм ³	Min-max среднее	ПДК	Показатели, мг/дм ³	<u>min -max</u> среднее	ПДК
Минерализа- ция	<u>18-3000</u> 220	1000	Cd	<u>0,0-0,00817</u> 0,0	0,001
HCO ₃ ⁻	<u>0-488</u> 219	-	Be	<u>0,0-0,00316</u> 0,0	0,0002
SO ₄ ²⁻	<u>0-2233</u> 20	500	Pb	<u>0,0-0,0327</u> 0,00017	0,03
Cl ⁻	<u>0-20306</u> 5	350	Sr	<u>0,0-5,72</u> 0,064	7,0
NO ₃ ⁻	<u>0-235</u> 1,96	45	Mo	<u>0,0-0,011</u> 0,0003	0,25
Ca ²⁺	<u>2 - 898</u> 52	-	Ba	<u>0,035</u> 0,0-1,93	0,1
Mg ²⁺	<u>0-1345</u> 11	-	Ni	<u>0,0</u> 0,0-0,055	0,1
(Na+K) ⁺	<u>0-10457</u> 11	200	Ti	<u>0,006</u> 0,0-1,36	0,1
Fe _{общ.}	<u>0-9,47</u> 0,07	0,3	Cr	<u>0,0-0,068</u> 0,0006	0,5
F	<u>0-1,0</u> 0,13	1,5	Zr	<u>0,0-0,19</u> 0,006	-
Li	<u>0,0-0,0572</u> 0,0011	0,03	Nb	<u>0,0-0,027</u> 0,0	0,01
Al	<u>0,0-13,66</u> 0,02	0,5	Zn	<u>0,0-0,1378</u> 0,005	1,0
P	<u>0,0-0,5719</u> 0,0	0,0001	pH	<u>2,4-9,0</u> 7,9	6-9
Mn	<u>0,0-0,91</u> 0,0013	0,1	Пестициды, н·10 ⁻³	<u>0-1563</u> 0,28	-

12.2. Оценка современного экологического состояния крупных рек и водохранилищ

Река Кама – основной водосбор Пермского края, сток которой регулируется Камским и Воткинском водохранилищами. Качество воды в р.Каме практически на всем ее протяжении не соответствует нормативам.

В верхнем течении реки, в районе п.Тюлькино комплексный показатель качества воды УКИЗВ (удельный комбинированный индекс загрязненности воды, рассчитанный по 14-15 показателям ЗВ) по последним данным [79] в 2018-2019 гг. соответствовал 3-му классу, разряд «А» (вода загрязненная) – эти показатели незначительно меняются в течение многих лет. Среднегодовые концентрации, превышающие ПДК наблюдались по соединениям марганца – 8 ПДК, железа – 5 ПДК, меди и органических веществ – (по ХПК) – 2 ПДК. В створе г. Соликамска и Березников соответствовала 3-му классу, разряд «Б» (вода очень загрязненная). Содержание марганца – 10-11 ПДК. В створе ниже г.Березники качество воды ухудшается до 4 класса, разряд «А» (вода грязная) за счет увеличения повторяемости числа случаев превышения ПДК фенолами, азотом аммония, нефтепродуктами.

В черте г.Перми в 2018-2019 г. качество воды классифицировалось, как «вода очень загрязненная», ранее – «вода грязная». Практически на всем протяжении р.Кама загрязнена тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями азота, органическими веществами. Отмечаются следующие среднегодовые значения концентраций, превышающих ПДК: Mn – 9-11, Fe – 5, Cu – 2-4, нефтепродуктов – 2 ПДК. Максимальные разовые концентрации в р.Каме (в районе г.Перми), по нефтепродуктам достигали 50 ПДК, Mn – 13, Fe – 9, Cu – 4 ПДК [79]. По данным ГП «Запуралгидрогеология» в р.Каме (районе г.Перми) обнаружено содержание Be до 5, Ti – 3,7, Ni – 2,5, Pb – 2,3 ПДК. В бассейне рек, впадающих в р.Каму в районе гг.Березники и Соликамск отмечаются аномалии: Sn – 71, Fe – 30, Al – 5,4, Mn – 4, W – 3,5, Li – 3, Cl – 2,6

ПДК. В Камском водохранилище отмечались среднегодовые значения концентраций, превышающих ПДК: Mn – 16, Fe – 7 ПДК. Максимальные разовые концентрации достигают: Mn – 63, фенолы – 6, нефтепродукты – 3, Cu – 4, NH₄ – 4, Zn – 2 ПДК. В Воткинском водохранилище отмечались среднегодовые значения концентраций, превышающих ПДК: Mn – 10, Fe – 4, Cu – 2 ПДК. Максимальные разовые концентрации достигают: Mn – 34, Zn – 11, Fe – 6, Cu – 6, фенолы – 4, нефтепродукты – 3ПДК

Река Чусовая – крупнейший приток р.Камы. Качество воды в реке (в районе г.Чусового) в 2019 г. соответствовал классу «вода загрязненная». Ниже г.Чусовой – «вода очень загрязненная». Среднегодовые значения концентраций, превышающих ПДК составили: Mn – 4--10, Fe – 3-4, Cu – 3-4 ПДК. Регулярно отмечается высокий уровень загрязнения шестивалентным хромом (трансграничный перенос из Свердловской области) – до 3-4 ПДК, однако в 2012г. произошло его снижение – до 0,5 ПДК [79].

Река Сытва – крупнейший приток р.Чусовой. Качество воды в реке (в районе г.Кунгур) в 2019 г. соответствовал классу «вода очень загрязненная». Среднегодовые значения концентраций, превышающих ПДК составили: Mn – 6, Fe – 3 ПДК. В своем бассейне имеет повышенные концентрации таких элементов как Ti – до 166 ПДК, нефтепродукты – до 15, Mn – 7, Se – 5, P – 4 ПДК.

Река Вишера имеет различное экологическое состояние. Ниже г.Красновишерска в 2019 г. вода отвечала классу – «вода загрязненная». Среднегодовые значения концентраций составляли по Mn 3-5 (до 10), Fe – 2-5, Cu 2 ПДК.

Река Косьва является одной из самых загрязненных рек Пермского края. Основная причина – самоизлив шахтных вод закрытых шахт КУБ. В 2019 г. в створе ниже г.Губахи вода соответствовала, как и в предыдущие годы классу качества «вода грязная». Среднегодовые значения концентраций, превышающих ПДК составили: Fe – 34 ПДК, Mn – 11 ПДК, Cu – 4 ПДК,

фенолы – 17 ПДК. Максимальные разовые концентрации достигали: Fe – 84, фенолы – 145 ПДК.

Река Иньва. Качество воды в 2019 г. в районе г.Кудымкар отвечал классу – «вода загрязненная». Среднегодовые значения концентраций превышали ПДК по Mn в – 6, Fe – 4, Cu – 3-4 раз [79].

Кроме этого во всех пробах перечисленных рек края отличается повышенное содержание, даже по среднегодовым данным: по ХПК до 1,4 ПДК; растворенного кислорода – до 2,8 ПДК; БПК₅ до 2,7 ПДК. Состояние поверхностных вод не отвечает требованиям к их качеству по СанПиНу № 4620-88, 4630-90 для рыбохозяйственных целей, по СанПиНу 2214559-96 для питьевых вод. В сборниках о состоянии поверхностных вод отмечается некоторые улучшения их качества, но это связано в основном с падением роста производства по сравнению с предшествующими годами.

12.3. Основные показатели загрязнения поверхностных вод и распределение их в малых реках

Анализируя микрокомпонентный состав в поверхностных водах малых рек Пермского края можно отметить некоторые пространственные закономерности в распределении микроэлементов (рис. 12.1 - Копылов и др., 2001ф). В поверхностных водах обнаружено 18 элементов, содержание которых превышает ПДК. Наибольший спектр их распространения с максимальными значениями приурочен к горной части Урала, в частности к водотокам КУБ (пр. Косьва, Вильва, Усьва) и к основной дрене – р.Каме, р.Чусовой, особенно в районах Березниковско-Соликамской и Пермско-Краснокамской промзон.

Наиболее часто встречаемыми элементами являются железо и марганец. Ареолы с их повышенным содержанием распространены локальными участками равномерно по площади. Оба они относятся к малоопасным (3 класс)

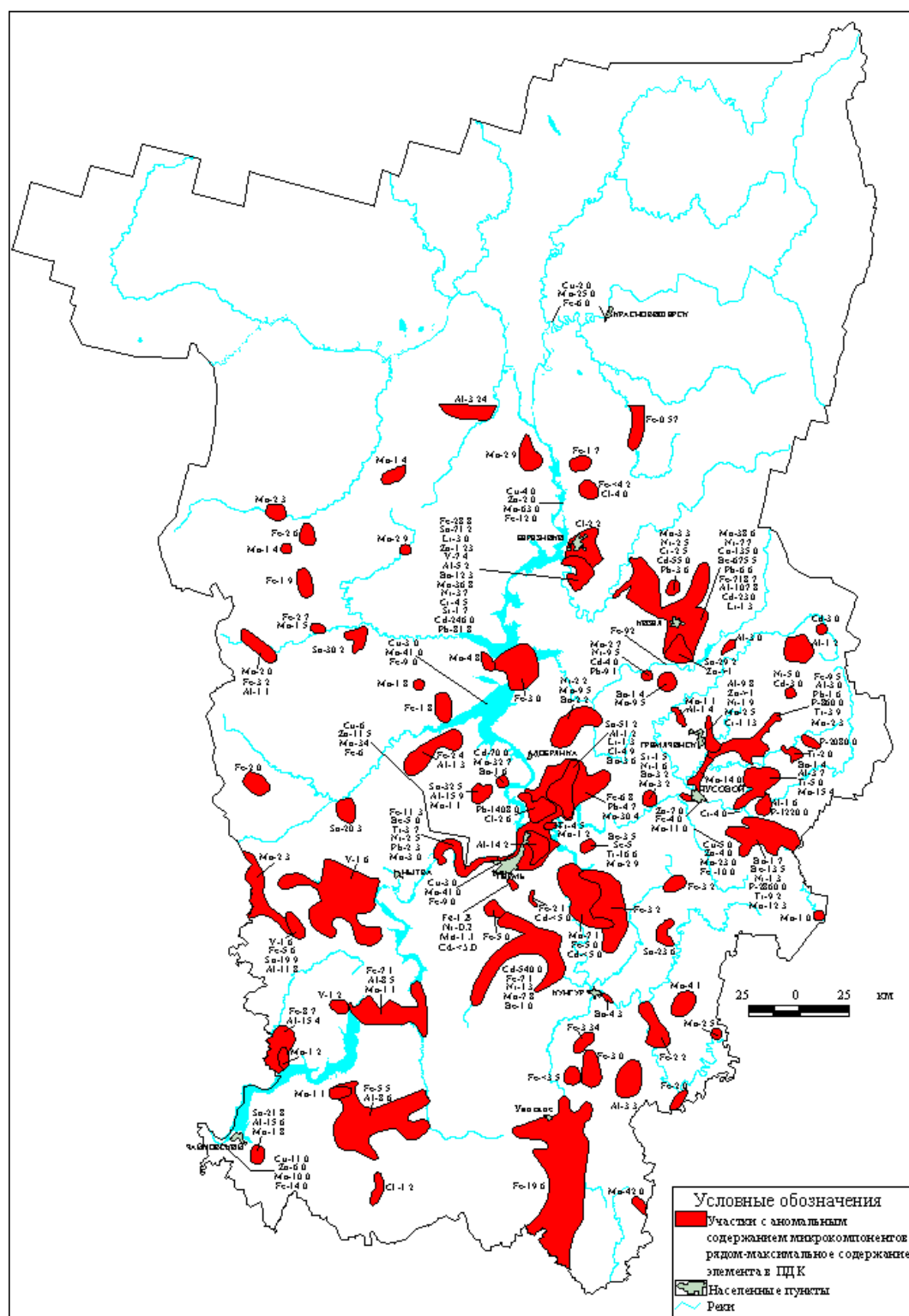


Рис. 12.1. Схема аномалий микроэлементов в поверхностных водах

На локальных участках повышенные значения Fe в пределах районов платформенной части достигает 9 ПДК; в районе Камского водохранилища - 12, в пределах центральных промзон – 20-40; а в пределах КУБ - до 719 ПДК.

Наиболее часто встречаемые участки с повышенными значениями составляет 2-3 ПДК. Максимальные значения Mn в пределах малых рек платформы составляет 2-3 ПДК, в основной дрене – до 34, в пределах центральных промзон - до 63, в КУБ - до 30 ПДК.

Повышенное содержание алюминия (2 класс опасности) отмечены на 20 участках. В пределах платформы его максимальные аномалии с 15,6 ПДК относятся к бассейну рек Сайгатки и Камбарки в районе г.Чайковского, в р.Каме до 8,6, а в пределах КУБ – до 107,8 ПДК.

Распространенным элементом с высокими содержаниями является олово (3 класс опасности). В западной части территории повышенное его содержание приурочено к приустьевой части р.Юсьвы – 30,2, р.Ласьвы – 32,5 и р.Сайгатки в районе г.Чайковского – 26,1 ПДК; в восточной части края – на р.Яйва вблизи от Березниковско-Соликамского промузла – 71,2; в водотоках междуречья р.Камы и р.Чусовой – 51,2, в пределах КУБ – 29,2 ПДК.

Другие элементы являются менее распространенными. Аномалии по Zn (3 класс опасности), с содержанием до 11,5 ПДК отмечены в районе Воткинского водохранилища. Аномалии по Cu зафиксированы в притоках рек Камы, Чусовой, Вишеры, содержания достигают 5-6 ПДК. Единичные случаи превышения ПДК по элементам 2 класса опасности: Li (до 3 ПДК) установлены в бассейне р. Язьвы; Cd (до 70 ПДК) – в КУБ; содержания Pb – (4,7 ПДК), Se (5 ПДК) встречены в водах р.Камы в районе г. Перми. Здесь же встречен Be (элемент 1 класса опасности) с концентрацией до 5 ПДК. Исходя из приуроченности аномальных участков к промышленным центрам Пермского края: гг. Пермь, Березники, Соликамск, Кизел, можно сказать, что большая часть их связана с техногенной деятельностью человека. Во многих реках отмечаются нефтепродукты с содержанием выше ПДК, максимальные 46-56 ПДК. Чаще всего они увязываются с нефтеразработками (рис. 12.2 - Копылов и др., 2001ф).

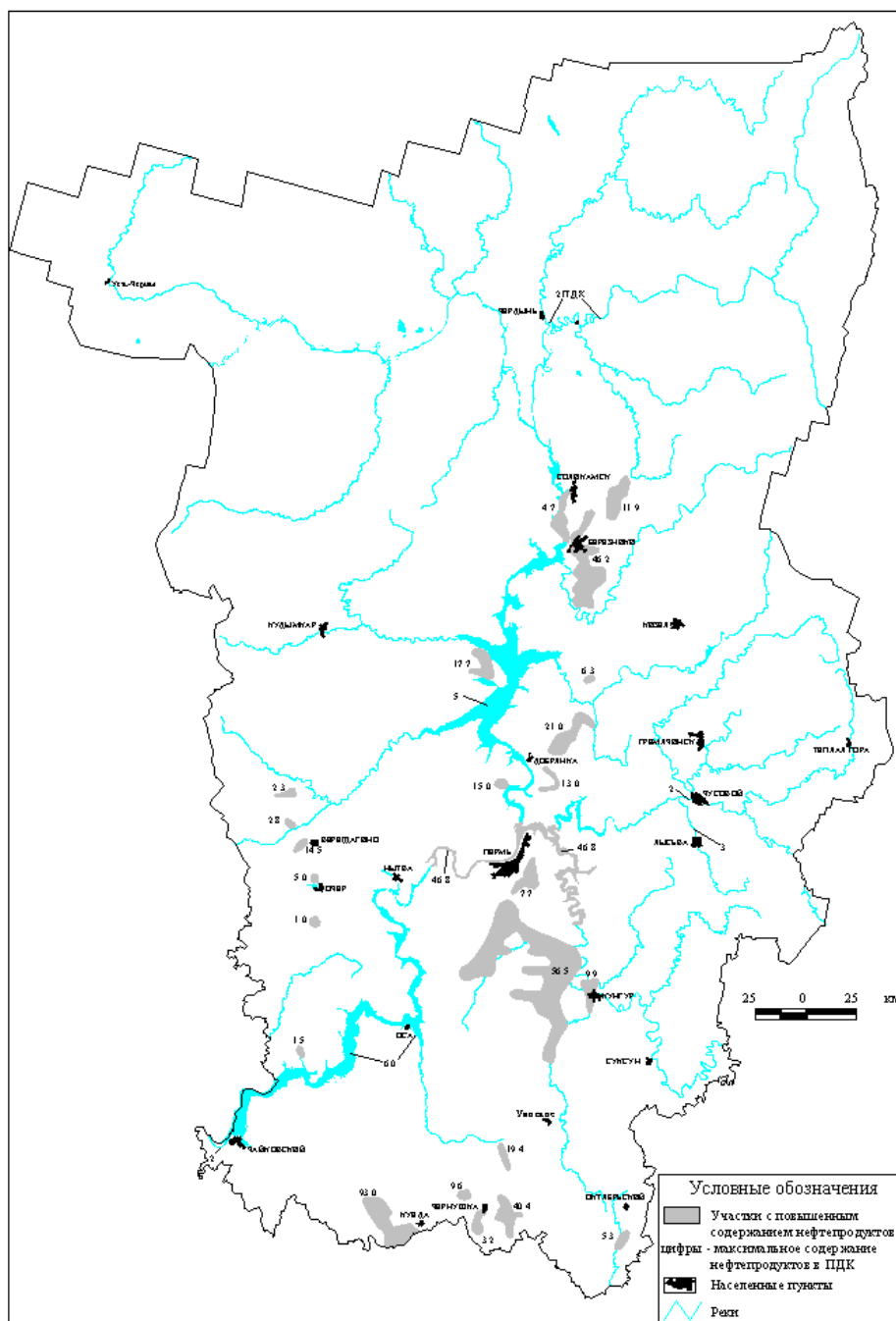


Рис. 12.2. Схема загрязненных участков поверхностных вод нефтепродуктами

Экологическое обследование малых рек г.Перми, проведенное Пермгипроводхозом, ПГУ и др. организациями по рр. Мотовилиха, Егошиха, Гайвы, Заборная, Байкал, Васильевка, Язовая, Балмошная, Ива, Данилиха показывает, что все они являются приемниками промышленных, хозяйственных, канализационных сточных вод города. Во всех речках отмечается повышенное содержание азотных соединений (NH_4 , NO_2 , NO_3), что свидетельствует о

хозфекальном загрязнении. Часто воды этих рек являются высокотоксичными. Так в устьевом створе р.Данилихи отмечено превышение ПДК по ХПК в 8 раз, NH_4 в 26,6, Fe в 2-5 раза; содержание взвешенных веществ 159 мг/л. Воды одного из ручьев, впадающий в р.Егошиху содержали NH_4 – 60,3, фенолы – 55, Fe – 15, ХПК – 8 ПДК. Минерализация малых рек г.Перми (по данным Института карстоведения, 1996) изменяется от 0,5 г/л – р.М.Ласьва, до 3,6 г/л – р.Егошиха; в рр. Мулянка, Пыж минерализация более 1 г/л. По химическому составу воды сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, натриево-кальциевые, кальциево-натриевые. Во всех этих реках обнаружены нефтепродукты. Максимальное их содержание 36 ПДК было отмечено в р. Мотовилихе.

Во многих городах края также отмечается плохое качество малых рек. Содержания компонентов в них меняется, но качественный многолетний уровень остается примерно одинаковый. Так, по данным ФГУ «ПТФГИ» в Соликамском районе самая грязная река Поповка, где содержание хлоридов составляет до 10 ПДК, К – до 40 ПДК; сильно загрязнена р.Усолка по Cl, Fe и Mn. В г.Березниках наиболее загрязненная – р.Толыч с содержанием Cu – 4 ПДК, Mn – 10 ПДК; реки Зырянка, Ленва, Быгель, Толыч загрязнены солями Mg, Fe, NH_4 , хлоридами, нефтепродуктами. В Кизеловском районе и г.Александровске отмечались высокие содержания: р.Яйва – нефтепродукты – до 9, Fe – до 8, Cu – до 4,5 ПДК; рр.Лытва и Луньва – нефтепродукты – до 3, Fe – 2,6 ПДК; р.Кизел – БПК₅ – до 45, ХПК – до 5, NH_4 – до 3, NO_2 – до 2 ПДК. В 2012 г. в воде р.Вильвы (приток р.Усьва, в районе моста трассы гг.Чусовой-Губаха) отмечались содержания Fe – от 71 до 410 ПДК, Mn – от 52 до 56 ПДК; в воде р.Северной Вильвы (приток р.Яйвы в районе п.Всеволодо-Вильва) среднегодовые содержания Fe – 197 ПДК, Mn – 108 ПДК; в воде р. Кизел 9в районе г.Кизел) в 12 пробах среднегодовые содержания Fe – 2280, Mn – 440, Ni, – 22, Cu – 11, Zn – 9 ПДК [78]. В 2019 г. на территории КУБ гидрохимические наблюдения проводились по 35 пунктам на 15 больших и малых реках. В бас-

сейнах рек Большой, Восточный, Полуденный Кизел, руч.Красный, Бол.Гремячая ниже излива шахтных вод зафиксировано загрязнение по железу 1143 ПДК, алюминию до 56 ПДК, бериллию до 85 ПДК, марганцу – до 47 ПДК (О состоянии и охране..., 2020).

12.4. Экологическая оценка зараженности поверхностных вод пестицидами

Оценка территории пестицидами была проведена в результате обобщения материалов, полученных при проведении гидролитохимической съемки ГП «Зеленогорскгеология» в 1991-1995 гг. в пределах листа О-40 (Чувилин и др., 1996ф) (рис. 12.3). Данные об используемых пестицидах в 2000 г. представлены Пермской станцией защиты растений. К сожалению, этими работами не затронут север области, где возможно неконтролируемое использование пестицидов для борьбы с комарами в районах лесоразработок, а также в результате опыления леса против листогрызущих вредителей.

Пестициды являются наиболее опасными в экологическом отношении процессов антропогенного воздействия на ОС. Они применяются для борьбы с сорняком, болезнями растений, вредителями. Нормативными документами предусматривается полное отсутствие пестицидов в водах рыбохозяйственного назначения. К наиболее опасным относятся пестициды хлорорганической группы (ХОП) – ДДТ и ГХЦГ, а также ряд пестицидов фосфорорганической группы (ФОП) – метафос, фосфомид и др. В последнее время в их применении наметилась тенденция к сокращению. Наибольшее количество пестицидов в 2000 г. израсходовано, как и в предшествующие годы в следующих районах: Пермский – 26100, Оханский – 13373, Чернушинский – 9835, Куединский – 8878, Кунгурский – 7743 кг.

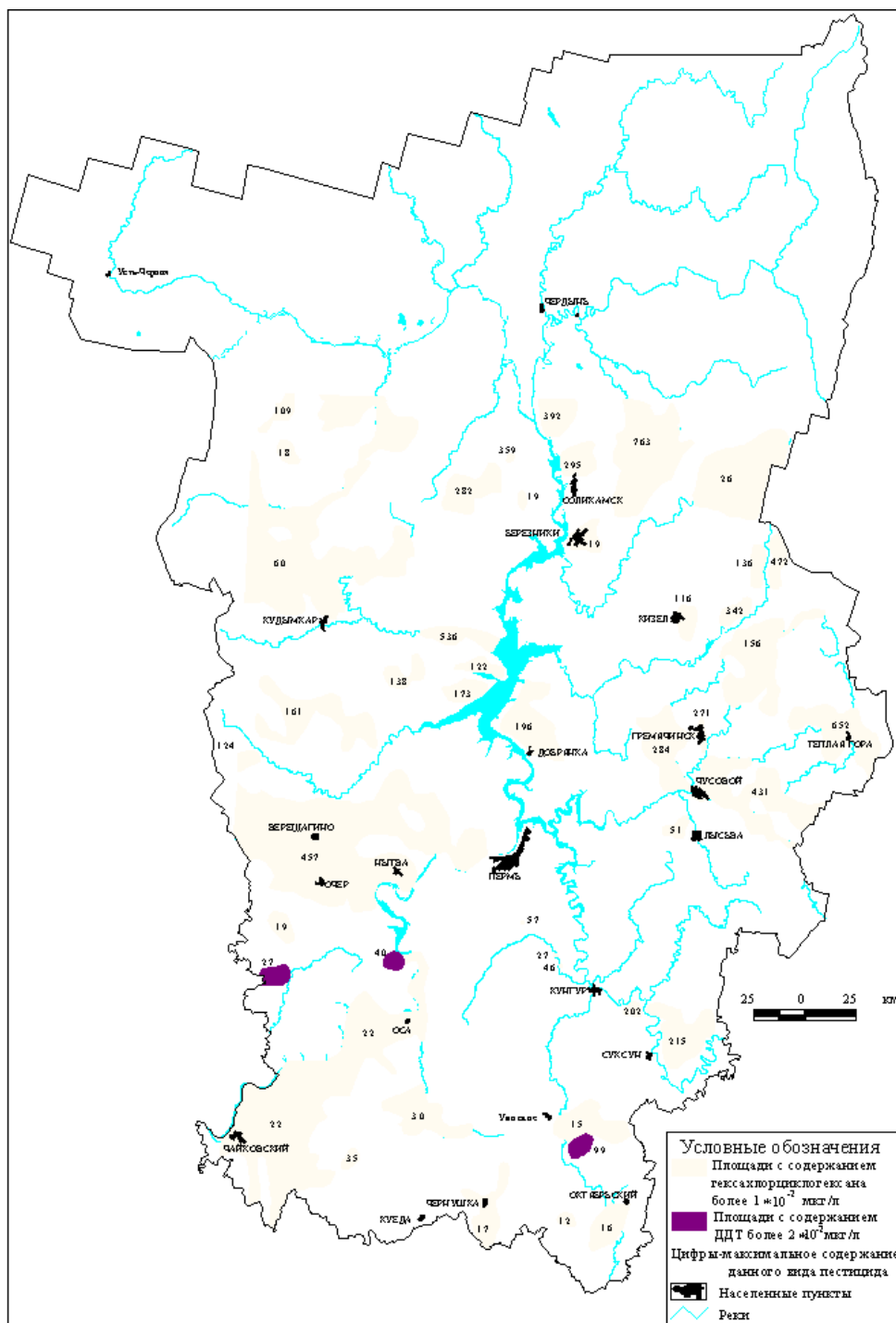


Рис. 12.3. Схема аномалий пестицидов в поверхностных водах

Ассортимент использованных пестицидов весьма широк: 58 наименований – в 1989 г., 77 – в 1990 г. Из них 9 видов относятся к ядовитым сильнодействующим веществам (СДЯВ) и высокотоксичным препаратам, 16 видов (гранозан, гексахлоран, метафос, ТМТД и др.), характеризуются способностью накапливаться в организме животных и человека, а концентрация

12 видов (симазин, ТМТД, хлорофос, метафос, кельтан и др.) недопустимы в воде рыбохозяйственного назначения. В объемном выражении в 2000 г. применение их составило: гербициды – 68,7 т, фунгициды – 23,4 т, инсектициды – 4,2 т, протравители – 1,4 т.

На территории листа О-40 по 1627 пробам воды (Чувилин и др., 1996ф) были определены ГХЦГ – α и γ изомеры, ДДТ – изомеры ДДТ, ДДЭ, ДДД и их сумма (Σ ДДТ). В пробах контрольной сети определились пестициды группы ФОП (метафос, карбофос, фосфомид, фталофос, кельтан). Для оценки степени загруженности поверхностных в системе организаций «Гидромет» условно принята величина ПДК – 0,01 мкг/л.

Гексахлорциклогексан – растворим в воде, устойчив при действии кислот, длительное время (до 3-х лет и более) сохраняется в почвах, а затем попадает и в воду. Изомеры ГХЦГ обнаружены в 1519 пробах, в 111 – в «следовых» количествах, в 400 – Σ ГХЦГ более 0,01 мкг/л. Выделились в изолинии 0,01 мкг/л районы: Чайковский (площадь 2,5 тыс.км²), Краснокамско-Верещагинский (4 тыс.км²), Кудымкар-Кочевский. Все они расположены в пределах площади применения пестицидов в сельском хозяйстве. Высокий уровень содержания, несмотря на ограниченный объем его применения, обусловлен, по-видимому, накоплением его в почвах в предшествующие годы. Площади с аномальным содержанием ГХЦГ в поверхностных водах в районе р.Чусовой и других участков горно-таежной местности, предположительно обусловлены с несанкционированным применением препарата для борьбы с комарами в районах лесоразработок. Около 25% изученной площади характеризуется содержанием ГХЦГ в поверхностном стоке 1 и более ПДК. ДДТ – практически не растворим в воде, в почвах сохраняется более 12 лет, обладает канцерогенными свойствами. Изомеры ДДТ установлены в 892 пробах, содержание их колеблется от 0,02 мкг/л до 0,439 мкг/л. Вся изученная территория характеризуется высокой степенью загрязнения поверхностного стока по ДДТ. Загрязнение по Σ ДДТ на уровне содержаний от <0,02 мкг/л до

«следовых» количеств установлено на площади около 54%. Отмечены аномальные участки с содержанием ДДТ на уровне более 2 ПДК: в долине р.Ирени (ее правобережных притоков), р.Ошапа – в приустьевой части и р.Сивы у западной границы края.

Фосфорорганические пестициды широко применяются в качестве инсектицидов. Некоторые из них легко растворимы в воде (фосфамид, карбофос). Все препараты являются токсичными, сравнительно легко разлагаются в природной среде (20-50 дней). Содержание пестицидов этой группы и кельтана в контрольных пробах не зафиксированы. Вместе с тем следует отметить, что при использовании данной методики определения пестицидов (методом газо-жидкостной хроматографии на приборах серии «Цвет») в пробах могут присутствовать метафос в концентрации менее 0,1 мкг/л (0,05 ПДКс); кельтан – менее 0,2 мкг/л (0,1 ПДКс); фосфомид, карбофос и металофос – ниже 0,5 мкг/л (0,025-0,1 ПДКс). Присутствие в водотоках таких пестицидов, как метафос, карбофос и кельтан – недопустимы.

12.5. Эколого-геохимическая оценка состояния снежного покрова

Проблема изучения снежного покрова для экологических целей слабо разработана, хотя она является актуальной. Снег является одним из показателей экологической обстановки, может быть надежным индикатором загрязнения, так как он является депонентом, консервирует весь объем выпадений из атмосферы за зимний период. Формирование снежного покрова зависит от основных факторов – климатических условий и высоты рельефа, которые определяют режим распределения атмосферных осадков. Источники минерализации и химических веществ снежного покрова разнообразны, основные из них – атмосферные, геологические (состав почво-грунтов) и техногенные. Природные условия Приуралья весьма благоприятны для

проведения исследований по снегу, которые очень перспективны для этой территории.

Изучение химического состава атмосферных осадков Пермского края было начато в 1945 г. Г.А.Максимовичем и продолжено многими исследователями. Сначала изучение носило эпизодический характер и проводилось в отдельных крупных населенных пунктах. С 1992 г. начали проводиться площадные геолого-экологические съемки по снежному покрову попутно с геологическими, гидрогеологическими и инженерно-геологическими съемками. Такие исследования проведены на площади около 16 тыс. км² в западной и центральной части Пермского края (Копылов и др., 2001ф).

Снеговые воды (полученные от таяния снега) на территории характеризуются преобладающей слабокислой реакцией среды (рН 5,1-7,4, в среднем 6,5-7,0). Минерализация снега изменяется от 38 до 71 мг/л, в среднем 44 мг/л. Химический состав в основном гидрокарбонатно-натриевый. Преобладающим анионом является гидрокарбонат-ион, с содержанием 15-33 мг/л. Содержание хлор-иона 2-10, сульфат-иона – 0-8 мг/л. Среди катионов преобладает Na с содержанием от 3 до 18 мг/л, Ca – 1-12, Mg – 0,6-2 мг/л. Практически во всех пробах (проанализировано более 300 проб) установлены – Mn, Ti, Cu, в большинстве проб установлены – Ni, Co, V, Cr, Zr, Mo, Zn, Pb, другие элементы – Ba, Sr, Sn, Be, Ag, Sb, P, Cd встречены реже. Концентрации многих микроэлементов близки к концентрациям микроэлементов в почвах, в некоторых пробах (очень редко) установлены содержания, превышающие ПДК. Необходимо отметить, что все эти пробы были отобраны на участках, практически чистых, поэтому, они характеризуют природный фон снежного покрова Пермского края (Копылов и др., 2001ф).

Значительную роль в формировании химического состава снега играет промышленно-бытовое загрязнение, особенно в районах крупных населенных пунктов. Химический состав осадков здесь определяется веществами, поступающими в атмосферу с дымом промышленных предприятий и

автотранспорта. Для г. Перми характерна высокая степень концентрации промышленных предприятий, что приводит к чрезмерному загрязнению ОС. При этом, от 10 тысяч стационарных источников в атмосферу выбрасывается около 300 примесей. Основную массу веществ составляют: бензин нефтяной, диоксид азота, сернистый ангидрид, оксид углерода, аммиак, взвешанные вещества, пыль, сажа, УВ. По сравнению с ними выбросов металлов происходит меньше, но они значительно токсичнее. Основными химическими загрязнителями предприятиями машиностроения и химической промышленности являются Zn, Cu, Mn, Cr, Cd, Pb, As, Be и другие. Городской транспорт выбрасывает в атмосферный воздух более 200 химических соединений. Наиболее загрязнен атмосферный воздух в Индустриальном районе, наименее – в Кировском районе.

Геоэкологической партией ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2001ф) была проведена экологическая съемка по снежному покрову на территории г. Перми, которая показала следующие результаты. При опробовании фоновых проб соблюдался принцип условия отбора из относительно чистых мест – не менее 20 м от дорог и явно загрязненных участков. Несмотря на то, что многие пробы снега отбирались на участках близлежащих к крупнейшим промышленным предприятиям города, химический макрокомпонентный состав и минерализация снеговых вод в целом близки к фоновым по Пермского края, но несколько выше (примерно на 20-25 %). В 2000 г. минерализация снега изменялась от 30,1 до 118,1 мг/л, в среднем 53,4 мг/л. Химический состав также гидрокарбонатно-натриевый. Содержание гидрокарбонат-иона 6,1-42,7 мг/л, хлор-иона 3,6-42,6 мг/л, сульфат-иона 1,2-12,3 мг/л. Среди катионов преобладает Na, содержание его изменяется от 6,6 до 32,1 мг/л. Содержание Ca и Mg примерно одинаково – соответственно 1,0-6,0 и 0,0-6,0 мг/л. Содержание хлор-иона (элемента – индикатора, показывающего на загрязнение снега) в лесопарковых районах города составляет 3,6-5,3 мг/л, во всех других точках (при условии отбора из чистых мест) – 3,6-42,6 мг/л. В

техногенных пробах (на участках вблизи автодорог), отмечается резкое его повышение в 100-280 раз по сравнению с фоном и составляет 500-1030 мг/л.

Спектральным анализом в снежном покрове определялись 22 элемента (Mn, Ni, Co, V, Cr, Zr, W, Mo, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Au, Bi, Cd, Sb, As, P, Be, Ba, Sr), из которых установлено присутствие 16 элементов (не обнаружены: W, Au, Sb, As, Be, Bi). Поскольку в России до настоящего времени система ПДК для снежного покрова не разработана, использовались нормы ПДК и ОДК для почв (табл. 12.2) [128, 197].

Таблица 12.2

Содержание микроэлементов в снежном покрове г. Перми
и в западной части Пермского края, ($n \cdot 10^{-3} \%$)

Элемент	<u>min ÷ max</u> среднее		ПДК и ОДК (для почв)	Среднее (г.Пермь) ПДК	max (г.Пермь) ПДК
	г. Пермь	Фон (запад Пермского края)			
Марганец	$\frac{30-400}{124,3}$	$\frac{10-70}{32,4}$	150	0,8	2,7
Никель	$\frac{1-300}{37,0}$	$\frac{0-6}{1,0}$	4	9,6	75
Кобальт	$\frac{0,5-100}{3,6}$	$\frac{0-1,8}{0,39}$	5	0,7	20
Ванадий	$\frac{5-20}{6,6}$	$\frac{0-7}{1,9}$	15	0,4	1,3
Хром	$\frac{5-1000}{173,7}$	$\frac{0-15}{1,6}$	38	4,6	26,3
Цирконий	$\frac{10-30}{12,8}$	$\frac{0-50}{6,8}$	30	0,4	1
Молибден	$\frac{0,0-0,7}{0,1}$	$\frac{0-1,5}{0,06}$	1	0,1	0,7
Медь	$\frac{2-500}{25,3}$	$\frac{0-9}{2,0}$	6,6	3,8	75,8
Цинк	$\frac{5-70}{19,0}$	$\frac{0-9}{4,8}$	11	1,7	6,3
Свинец	$\frac{0,5-90}{10,9}$	$\frac{0-0,9}{0,41}$	3	3,6	30
Олово	$\frac{0,5-20}{4,9}$	$\frac{0-0,6}{0,06}$	30	0,2	0,7
Кадмий	$\frac{0-7}{2,4}$	$\frac{0-2}{0,02}$	0,1	24	70
Фосфор	$\frac{0-600}{60,4}$	$\frac{0-150}{5,9}$	20	3,0	30
Барий	$\frac{0-50}{87,7}$	$\frac{0-20}{3,5}$	62,5	1,4	8
Стронций	$\frac{10-200}{39,6}$	$\frac{0-30}{1,9}$	60	0,6	3,3

Средние содержания микроэлементов на территории г. Перми по сравнению с фоном (западные районы Пермского края, удаленные от промышленных центров) превышают фон: по Cd – в 120, Cr – 109, Sn – в 82, Ni – в 37, Pb – в 27, Ba – 25, Sr – 21, Cu – в 13, P – 10, Co – 9, Zn – 4, Mn – 4, V – 4 раз. По каждому элементу построены карты распределения с выделением аномалий. Наиболее опасными для г. Перми являются следующие элементы: 1 класса опасности – Cd (до 70 ПДК), Pb (до 30), P (до 30); Zn (до 6,3); 2 класса опасности – Ni (до 75), Cu (до 75), Cr (до 26), Co (до 20 ПДК). Все они имеют высокий фон 1,7-24 ПДК (кроме Co) и создают контрастные аномалии. Далее следуют элементы 3 класса опасности – Ba (до 8), Mn (до 3), Sr (до 3 ПДК). Многие аномалии имеют небольшую площадь или зафиксированы по отдельным точкам, другие охватывают обширные территории с превышением фона и ПДК во много раз. Наиболее контрастные аномалии по самым опасным элементам установлены: в районе Осинцовского промузла, в центральной части Индустриального района, в районе Мотовилихинских заводов, в центральной и северо-восточной части Свердловского района.

Проведенные геохимические исследования по снежному покрову дают возможность охарактеризовать общую экологическую обстановку г. Перми следующим образом (по классификации ИМГРЭ [374]). Участки в пределах значительной части Индустриального района (кроме лесо-парковых зон), Мотовилихинского и Свердловского районов в бассейне р.Егошихи и низовий рек Ивы и Мотовилихи, (а также некоторые другие небольшие участки) могут классифицироваться, как участки с чрезвычайной экологической ситуацией или экологическим бедствием. В остальной части города экологическая обстановка напряженная и критическая и лишь на окраинах города к юго-востоку – удовлетворительная. За пределами г. Перми к югу в 40 км (п. Богородск) содержание всех элементов фоновое и не превышает ПДК, аналогично западным районам Пермского края.

Таким образом, выполненные работы показывают, что снежный покров является хорошим объектом для проведения эколого-геохимических исследований, которые необходимо продолжать по более плотной сети опробования с охватом всего Пермского мегаполиса. Такие же исследования необходимо выполнить по другим городам края. Также необходимо проведение мониторинга снежного покрова по опорной сети опробования с охватом всей территории Пермского края.

Глава 13

ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА

Основным объектом эколого-гидрогеологического изучения и картографирования является зона активного водообмена (глубиной преимущественно до 100-150 м). По сложившимся природным гидрогеологическим условиям она оказывает основное влияние на человека и среду его обитания. Воды только этой зоны пригодны для хозяйственного водоснабжения и в тоже время они наиболее всего подвержены влиянию техногенеза.

13.1. Характеристика и состояние подземных вод по минерализации и солевому составу

Минерализация и солевой состав подземных вод тесно взаимосвязаны друг с другом, с составом водовмещающих пород, степенью их промытости, а так же с местами разгрузки подземных вод из более глубоких водоносных горизонтов. Химический (макрокомпонентный) состав и минерализация вод оказывают большое влияние на состояние природной среды и человека. Недостаток или избыток того или иного компонента в воде может вызывать нарушение обмена веществ и различные заболевания у людей. Выделяется два основных типа гидрогеохимических аномалий: связанные с природной некондиционностью вод и связанные с антропогенной деятельностью (промышленное, сельскохозяйственное и бытовое загрязнение) [14, 86, 246]. Часто, в крупных агломерациях промышленное и бытовое загрязнение накладывается друг на друга.

Для характеристики состояния подземных вод зоны активного водообмена территории Пермского края использовались результаты гидрогеологических съемок, специализированных гидрогеохимических

исследований различных организаций и собственные данные. Выше, была дана общая гидрогеологическая характеристика и региональная гидрогеохимическая зональность подземных вод. Ниже, гидрогеохимическая характеристика подземных вод рассматривается с экологических позиций. В качестве основных критериев оценки экологического состояния подземных вод использовались ПДК для питьевых вод. Общая характеристика химического состава подземных вод по родникам приведена в табл. 13.1 (Копылов и др., 2001ф).

В целом, по всем изученным родникам Пермского края (2447) среднее значение минерализации вод составляет $0,415 \text{ г/дм}^3$, что близко кларку по минерализации подземных вод зоны гипергенеза – $0,431 \text{ г/дм}^3$ (по С.А.Шварцеву [414]).

Гидрокарбонатные воды наиболее широко распространены в зоне активного водообмена территории Пермского края. В их анионном составе резко преобладает гидрокарбонат-ион (до 70-90 %). Большое разнообразие литологии вмещающих пород, различная степень промытости пород обусловили пестроту катионного состава вод. В целом, характерна минерализация до $1,0 \text{ г/дм}^3$. Воды с минерализацией до $0,1 \text{ г/дм}^3$ чаще всего встречаются в пределах горно-складчатого Урала и связаны с водоносными зонами рифейско-нижнедевонских карбонатных, терригенно-карбонатных, терригенных и метаморфических кварцитовидных пород; с ультраосновными породами связаны гидрокарбонатно-магниевые воды, с кислыми интрузиями – кальциево-натриевые и натриевые воды. Воды с минерализацией от $0,1$ до $0,5 \text{ г/дм}^3$, различные по катионному составу занимают большую часть площади и связаны с юрскими, триасовыми, уржумскими, казанскими, шешминскими, соликамскими отложениями. Гидрокарбонатно-кальциевые воды, имеющие минерализацию не более $0,2-0,4 \text{ г/дм}^3$ встречаются в отдельных точках (на карте масштаба 1:500 000 не отображаются). С минерализацией $0,5-1,0 \text{ г/дм}^3$ связаны гидрокарбонатно-натриевые воды, развитые на западе Пермского края в пределах развития уржумских, казанских, реже в шешминских отложениях.

Таблица 13.1

Общая характеристика химического состава подземных вод (родники)

Пермского края

Показатели	Единицы измерения	Min-max среднее (количество определений)													ПДК для питьевых вод, мг/дм ³	Пре-выше-ние ПДК по та-чке
		Водоносные подразделения											Подзем-ные воды в целом			
		aQ	fQ _{г-ш}	P ₂₊₃	P _{1ss}	P _{1sl}	P _{1ir}	P _{1k}	P _{1a-ar}	C _{2,3}	D-C ₁	12	13			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Минерализация	мг/дм ³	38,0-400,9	94,83-	74,4-1424,4	47,5-	53,0-6949,3	331,8-2218,2	115,3-	68,9-662,8	75,8-666,3	33,1-	33,1-14917,2	1000	14,9		
		235,4 (102)	400,9 235,4 (13)	444,0 (1079)	5779,8 387,5 (385)	472,7 (425)	1402,8 (17)	14917,1 1490,3 (15)	302,2 (127)	272,1 (105)	343,1 186,2 (90)	415,0 (2447)				
HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	3,0-480,0 165,1 (104)	26,1-280,6 145,4 (13)	23,9-552,0 282,3 (1081)	3,24-480,0 230,9 (386)	3,8-636,0 245,0 (426)	176,9-550,0 299,5 (17)	61,0-329,4 229,8 (15)	24,4-390,5 199,4 (128)	36,6-286,8 178,5 (105)	6,1-225,7 122,5 (90)	3,0-636,0 242,4 (2447)	--			
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	0-367,4 25,9 (99)	4,0-128,8 21,8 (13)	0-338,2 12,0 (1074)	0-1425,9 26,1 (374)	0-1401,2 78,6 (367)	16,0-1329,0 662,5 (17)	0-2470,0 221,7 (15)	0-249,4 16,6 (128)	0-285,1 15,8 (105)	4,0-45,2 14,5 (90)	0-2470,0 31,5 (2361)	500	4,9		
Cl ⁻	мг/дм ³	1,0-129,4 20,2 (103)	3,24-10,6 6,8 (13)	0-140,4 11,7 (1080)	1,7-2218,5 18,6 (386)	0,34-2898,2 29,5 (424)	3,5-34,8 13,7 (17)	2,9-6651,0 527,2 (15)	0-39,0 8,2 (128)	1,8-28,4 6,6 (105)	1,8-35,4 6,2 (90)	0-6651,0 18,6 (2443)	350	19		
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0-0,6 0,03 (93)	0-0,5 0,04 (13)	0-18,0 0,04 (1064)	0-6,0 0,05 (349)	0-0,5 0,02 (343)	0,01-0,02 0,01 (13)	0-0,02 0,001 (15)	0-0,2 0,002 (128)	0-0,2 0,003 (104)	0 0 (90)	0-18,0 0,04 (2291)	3,3			
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	0-400,0 18,9 (62)	0-3,4 0,4 (13)	0-700,0 17,3 (1043)	0-800,0 18,2 (314)	0-140,0 6,9 (214)	0 0 (3)	0-7,5 0,9 (15)	0-1,0 0,02 (128)	0-20,3 0,6 (105)	0-1,0 0,01 (90)	0-800,0 13,1 (2078)	45	17,7		
CO ₃ ⁻	мг/дм ³	0-21,0 5,7 (80)	0 0 (13)	0-82,0 13,3 (1018)	0-42,0 5,9 (304)	0-33,0 6,3 (218)	18,0-18,0 18,0 (3)	0 0 (15)	0 0 (128)	0 0 (105)	0 0 (90)	0-82,0 8,5 (2051)	--			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ca²⁺	мг/дм ³	<u>1,0-130,9</u> 48,3 (104)	<u>8,0-68,1</u> 38,3 (13)	<u>0-317,2</u> 58,2 (1081)	<u>4,0-430,9</u> 64,8 (286)	<u>0-548,0</u> 81,0 (426)	<u>47,0-564,0</u> 323,3 (17)	<u>12,0-267,3</u> 85,7 (15)	<u>5,8-163,6</u> 54,8 (128)	<u>6,0-82,8</u> 42,9 (105)	<u>0-64,7</u> 29,9 (90)	<u>0-564,0</u> 62,0 (2447)	--	
Mg²⁺	мг/дм ³	<u>0-76,2</u> 9,8 (104)	<u>0-15,81</u> 5,6 (13)	<u>0-171,9</u> 21,5 (1080)	<u>0-155,4</u> 12,1 (380)	<u>0-97,3</u> 15,6 (417)	<u>0,1-104,0</u> 27,0 (17)	<u>0-64,4</u> 14,2 (15)	<u>0-41,6</u> 6,3 (126)	<u>1,2-25,5</u> 8,02 (105)	<u>0-23,8</u> 6,2 (90)	<u>0-171,9</u> 16,0 (2427)	--	
(Na+K)⁺	мг/дм ³	<u>0,6-181,8</u> 23,3 (102)	<u>1,6-63,7</u> 15,0 (13)	<u>0-269,6</u> 28,9 (1078)	<u>0-1548,1</u> 22,9 (383)	<u>0,07-1980,3</u> 29,4 (420)	<u>5,75-363,3</u> 87,1 (17)	<u>2,0-5206,4</u> 410,8 (15)	<u>0-60,9</u> 13,8 (128)	<u>0,2-134,1</u> 14,5 (105)	<u>0-26,7</u> 10,8 (90)	<u>0-5208,4</u> 28,0 (2434)	200	26
NH₄⁺	мг/дм ³	<u>0-2,4</u> 0,2 (102)	<u>0-0,2</u> 0,1 (13)	<u>0-24,8</u> 0,1 (1075)	<u>0-11,5</u> 0,1 (379)	<u>0-5,0</u> 0,2 (388)	<u>0,1-6,0</u> 1,0 (9)	<u>0-0,4</u> 0,05 (15)	<u>0-12,0</u> 0,2 (124)	<u>0-0,4</u> 0,04 (105)	<u>0-0,2</u> 0,03 (90)	<u>0-24,8</u> 0,1 (2382)	2,5	9,9
Fe общ	мг/дм ³	<u>0-4,8</u> 0,14 (89)	<u>0-0,3</u> 0,02 (13)	<u>0-16,0</u> 0,03 (1048)	<u>0-0,8</u> 0,02 (320)	<u>0-1,5</u> 0,1 (321)	<u>0,3-0,4</u> 0,3 (7)	0	<u>0-0,3</u> 0,007 (128)	<u>0-2,0</u> 0,02 (105)	<u>0-0,3</u> 0,006 (90)	<u>0-16,0</u> 0,05 (2153)	0,3	53,3
Жест- кость общ.	мг-э/ дм ³	<u>0-8,8</u> 3,2 (92)	<u>0,5-4,5</u> 2,4 (13)	<u>0,05-10,7</u> 4,7 (1078)	<u>0,5-31,1</u> 4,2 (363)	<u>0,4-27,4</u> 5,3 (423)	<u>4,0-30,2</u> 18,8 (17)	<u>0,8-18,7</u> 5,4 (15)	<u>0,4-8,8</u> 3,2 (128)	<u>0,7-5,3</u> 2,8 (105)	<u>0-4,0</u> 2,0 (90)	<u>0,1-27,0</u> 4,3 (718)	7	4,4
pH	ед.	<u>5,0-8,5</u> 7,1 (103)	<u>4,0-7,6</u> 6,7 (13)	<u>0-9,0</u> 7,4 (1077)	<u>3,8-8,0</u> 7,3 (363)	<u>4,0-8,0</u> 7,2 (422)	<u>6,6-7,5</u> 7,0 (17)	<u>6,4-7,8</u> 7,4 (14)	<u>5,2-7,8</u> 7,1 (125)	<u>6,0-7,8</u> 7,1 (105)	<u>5,6-7,4</u> 6,9 (90)	<u>1,8-9,0</u> 7,27 (2433)	6-9	
I	мг/дм ³	<u>0-1,69</u> 0,08 (26)	<u>0-1,69</u> 0,26 (8)	<u>0-6,12</u> 0,26 (375)	<u>0-1,50</u> 0,03 (164)	<u>0-3,39</u> 0,11 (221)	<u>0-1,69</u> 0,21 (12)	<u>0-2,53</u> 0,10 (93)	0 (31)	<u>0-2,50</u> 0,08 (30)	<u>0-1,60</u> 0,06 (32)	<u>0-6,12</u> 0,15 (1029)	—	
Br	мг/дм ³	<u>0-5,33</u> 0,46 (26)	<u>0-1,06</u> 0,34 (8)	<u>0-15,98</u> 1,11 (375)	<u>0-1,9</u> 0,20 (164)	<u>0-8,0</u> 0,20 (221)	<u>0-0,03</u> 0,01 (12)	<u>0-10,12</u> 0,54 (93)	<u>0-0,93</u> 0,05 (31)	<u>0-3,72</u> 0,28 (30)	<u>0-1,0</u> 0,11 (32)	<u>0-15,98</u> 0,59 (1029)	0,2	79,9
B	мг/дм ³	<u>0-2,0</u> 0,17 (26)	<u>0-8,0</u> 1,0 (8)	<u>0-20,0</u> 0,57 (375)	<u>0-14,0</u> 0,47 (164)	<u>0-30,0</u> 0,57 (221)	<u>0-2,0</u> 0,35 (12)	<u>0-16,0</u> 0,59 (93)	<u>0-4,91</u> 0,32 (31)	<u>0-16,0</u> 0,71 (30)	<u>0-2,0</u> 0,13 (32)	<u>0-30,0</u> 0,52 (1029)	0,5	60
F	мг/дм ³	<u>0-0,39</u> 0,04 (26)	<u>0-0,70</u> 0,18 (8)	<u>0-0,86</u> 0,04 (375)	<u>0-20,0</u> 0,24 (164)	<u>0-1,44</u> 0,11 (221)	<u>0-2,10</u> 0,64 (12)	<u>0-1,10</u> 0,12 (93)	<u>0-0,75</u> 0,11 (31)	<u>0-0,36</u> 0,04 (30)	<u>0-2,0</u> 0,11 (32)	<u>0-20,0</u> 0,12 (1029)	1,5	13,3

Гидрокарбонатные воды различные по катионному составу с минерализацией до $1,0 \text{ г/дм}^3$ связаны с нижнепермскими терригенными отложениями, в пестрой толще которых имеются включения солей, а также с водоносными зонами средне-верхнекаменноугольных и девонско-нижнекаменноугольных терригенных и терригенно-карбонатных пород. Гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, натриево-кальциевые, магниевые-кальциевые воды с минерализацией $1,0-3,0 \text{ г/дм}^3$ закартированы в пределах казанских отложений в приустьевой части долины реки Бол. Тетля правого притока р. Нердвы и очевидно связаны, с подтоком минерализованных сульфатных вод из нижележащих шешминских отложений.

Сульфатные воды, а также гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридно-сульфатные кальциевые, магниевые, магниевые-кальциевые, кальциевые-магниевые, натриево-кальциевые, натриево-магниевые воды связаны с гипсовой минерализацией. С площадями распространения галогенной толщи иренской свиты, в пределах Уфимского вала, связана минерализация от $1,0$ до $3,0 \text{ г/дм}^3$. Воды с минерализацией до 3 г/дм^3 связаны с шешминским ВК севернее и южнее г. Перми и с кунгурским водоносным комплексом в пределах Ксенофоновского вала. Сульфатные воды обычно имеют повышенную жесткость, следствием чего является образование камней в почках, печени и другие заболевания. Сульфатные воды, формирующиеся за счет растворения галогенных пород, получили широкое распространение на восточной окраине Русской платформы в Предуральском прогибе. Занимают доминирующее положение и на западном погружении Уфимского вала и фиксируют площадь развития гипсово-ангидритовой толщи кунгура. Формируется за счет процессов растворения и выщелачивания, что подтверждается развитием карстовых явлений на этой территории. Для зоны активного водообмена западной части Пермского края сульфатные воды характерны для шешминских отложений, которые отличаются повышенной загипсованностью. Причем, здесь формируются гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные воды с

минерализацией до 1 г/дм^3 , ниже базиса эрозии, в условиях замедленной циркуляции и плохой промытости пород минерализация вод возрастает выше 1 г/дм^3 и получают развитие сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатные воды.

Хлоридные воды связаны в основном с растворением каменной соли среди галогенных пород, либо с подтоком минерализованных вод из более глубоких водоносных подразделений. Распространены хлоридные, сульфатно-хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, кальциево-натриевые, магниевые-натриевые воды, среди которых выделяются три группы вод по преобладающей минерализации: до 3, 3-5 и 5-10 г/дм^3 .

Хлоридные воды с минерализацией до $3,0 \text{ г/дм}^3$ закартированы в долине р. Коса, в ее приустьевой части и на протяжении около 60 км выше устья р. Лолог. Приурочены они к казанско-татарским отложениям, связаны, очевидно, с подтоком глубинных подземных вод по ослабленным зонам. Аналогичные воды вскрыты в долине р. Обвы в ее приустьевой части и в приустьевой части долины р. Нердвы общей площадью около 500 км^2 . Хлоридные воды с минерализацией $1,0\text{-}3,0 \text{ г/дм}^3$ закартированы в бассейне р. Тулвы от ее истоков до устья р. Ашап площадью около 800 км^2 . Они приурочены к шешминским отложениям для которых хлоридная минерализация не характерна. Вероятно, данная аномалия обусловлена техногеологическими процессами при освоении нефтяных месторождений. Хлоридные воды различные по катионному составу с минерализацией до 3 г/дм^3 довольно часто встречается в виде небольших по площади участков в пределах кунгурской сульфатно-карбонатно-терригенной свиты, прослеживаются полосой меридионального простирания шириной от 2,5 в центральной части до 50,0 км на юге Предуральяского прогиба и до 25 км в Тимано-Печерском прогибе. На междуречье рек Камы с Вишерой и Вишеры с Язьвой, они приурочены к соликамской терригенно-карбонатной свите. Если в пределах кунгурского водоносного комплекса и ольховского горизонта пестрота состава обусловлена литологическими особенностями, то в остальных многочисленных случаях помимо литологии в равной степени значительную

роль играет разгрузка из нижележащих отложений. Это небольшие по площади участки на междуречье рр. Камы и Сумыч приурочены к шешминским и аллювиальным отложениям; долины рр. Уролка, Ульва выше устья р. Ульвы – в пределах казанско-татарских и аллювиальных отложений; верховье рек Сев. Кондас, Сырья, Гижга – в пределах казанско-татарских отложений; в устьевой части р. Яйвы, на левобережье р. Камы в районе Нижних Мулов, в долине р. Юмыш (правобережного притока р. Бабки) – в пределах шешминских отложений; в районе г. Чернушка (западнее, восточнее и южнее) в шешминских и соликамских отложениях.

Хлоридные воды с минерализацией 3,0-5,0 г/дм³ закартированы в долине р. Иньва и устьевых частях ее притоков рр. Кувы и Велвы. Приурочены к казанско-татарскому терригенному комплексу площадью около 350 км². Связаны, вероятно, с подтоком подземных вод из более глубоко залегающих водоносных комплексов. Хлоридные воды с минерализацией до 10 г/дм³ закартированы в устьевой части правого притока р. Боровой в 20 км выше ее устья площадью около 25 км². Аномальный участок хлоридных вод установлен в устьевой части долины р. Чермоз площадью около 262,0 км²; приурочен к уржумским, казанским и шешминским отложениям; связан очевидно, с подтоком подземных вод их более глубоких водоносных горизонтов. Участок хлоридных, сульфатно-хлоридных и гидрокарбонатно-хлоридных натриевых и других по катионному составу вод с минерализацией до 10,0 г/дм³ и выше выделен в долине р. Усолки от ее приустьевой части и выше площадью около 125 км², а также закартированы в долине правого притока р. Усолки в районе г. Соликамска.

13.2. Характеристика подземных вод по микроэлементному составу

По результатам спектральных анализов проб воды, отобранным, в основном в процессе гидрогеологических съемок масштаба 1:200 000 в разное

время проанализировано более 2 тысяч проб воды, из которых было отобрано к обработке 1930 спектральных анализов (ПКСА) воды из родников. По этим результатам были выделены 14 микроэлементов по которым отмечено превышение ПДК: Ba, Mn, Ti, Be, Cd, Sb, Pb, Sr, Ni, V, Cr, Zn, Co, Mo. Одни из них имеют регионально повышенные концентрации: - Ba, Mn, Ti, возможно Sb; другие локально выраженные – Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr; третьи имеют единичное значение – Zn, Co, Mo. Характеристика микроэлементного состава подземных вод по родникам приведена в табл. 13.2 (Копылов и др., 2001ф).

Барий (2 класс опасности, ПДК – 0,1 г/дм³). Литологически связан с верхнепермской галечно-песчано-глинистой пестроцветной формацией (медистых песчаников), которая является, очевидно, баритосодержащей (барит, баритокальцит) и лимитируются наличием в воде сульфатов. Относится к элементу малого диапазона водной миграции [423]. Мигрирует Ba в основном в виде иона Ba²⁺ (до 90%), комплексного иона Ba(HCO₃)⁺ и ионной ассоциации BaSO₄. Это один из наиболее встречаемых микроэлементов. Содержание его в водах родников Пермского края от 0 до 4,97, в среднем 0,13 г/дм³. Прослеживается меридиональной полосой по простиранию среднепермских, преимущественно казанских отложений. Установлено 765 точек с содержаниями Ba выше ПДК (до 50 ПДК). Площади с наиболее встречающимися значениями от менее 0,1 до 0,5 г/дм³ занимают около 90% рассматриваемой территории и относится к допустимой и умеренно-опасной степени загрязнения. Площади с опасной и чрезвычайно опасной степенью загрязнения распространены локально в основном в западной части области; выделяется два более крупных аномальных участка – в нижней части бассейна р.Чермоз и на левобережье р.Камы от долины р. Юг до долины р. Паль и истоков р.Бабки. Аномалии приурочены, очевидно, к низам белебеевских отложений. Выделяется еще 43 локальных участка и точечных значений с этой же степенью загрязнения.

Таблица 13.2

Характеристика микроэлементного состава подземных вод (родники)
Пермского края (мг/дм³)

Эле- мент	Min-max / среднее																	Превыш. ПДК/макс	
	aQ	fIQ _{гп-ш}	N ₂ -Q	T ₁	P ₂₋₃	P _{1ss}	P _{1sl}	P _{1ir}	P _{1k}	P _{1a-ar}	cP ₁	C _{2,3}	D-C ₁	c.sc R-D ₁	sR-D ₁	sgR- D ₁	Подзем. воды в целом		ПДК для питье- вых вод
Кол-во	33	27	29	26	470	283	299	7	224	166	90	87	126	16	14	15	1930		
Ba	0-0.84 0,06	0-0.29 0,05	0-0.204 0,019	0-1.31 0,27	0-2.6 0,24	0-1.17 0,2	0-4.97 0,12	0	0-0.74 0,08	0-0.4 0,04	0-0.12 0,04	0-0.12 0,02	0-0.22 0,04	0	0-0.34 0,06	0-0.14 0,03	0-4.97 0,13	0,1	26
Mn	0-0.12 0,02	0-1.34 0,12	0-0.5 0,05	0-0.88 0,08	0-4.0 0,04	0-0.87 0,04	0-1.24 0,03	0	0-1.55 0,1	0-3.22 0,08	0-0.44 0,087	0-0.4 0,06	0-2.32 0,08	0-0.02 0,0067	0-0.66 0,12	0-0.074 0,022	0-4.0 0,056	0,1	32,2
V	0-0.007 0,0009	0-0.013 0,002	0-0.004 0,001	0-0.72 0,08	0-0.33 0,015	0-0.06 0,004	0-0.07 0,003	0	0-0.1 0,004	0-0.07 0,004	0-0.01 0,004	0-0.02 0,002	0-0.035 0,003	0	0-0.016 0,0034	0-0.0084 0,001	0-0.72 0,007	0,1	7,2
Sr	0-5.2 0,26	0-0.94 0,08	0-0.07 0,02	0-1.23 0,64	0-13.4 0,53	0-10.0 0,46	0-12.15 0,31	0	0-61.4 1,52	0-0.94 0,09	0-0.19 0,07	0-0.4 0,07	0-0.49 0,05	0	0-0.038 0,017	0-0.13 0,024	0-61.4 0,46	7,0	8,7
Ag	0-0.00007 0	0-0.0001 0	0-0.0015 0	0-0.024 0,0001	0-0.024 0,0005	0-0.15 0,001	0-0.023 0,0005	0	0-0.022 0,0005	0-0.024 0,0002	0	0-0.02 0,0006	0-0.13 0,002	0-0.0013 0,00008	0	0-0.001 0	0-0.15 0,0006	0,05	3,08
Pb	0-0.003 0,0003	0-0.005 0,0006	0-0.07 0,002	0-0.02 0	0-0.086 0,0014	0-0.02 0,0008	0-0.024 0,0006	0	0-0.04 0,002	0-0.004 0,0002	0-0.08 0,002	0-0.05 0,001	0-0.18 0,002	0-0.0019 0,0003	0-0.02 0,002	0-0.01 0,001	0-0.17 0,001	0,03	5,8
Ni	0-0.008 0,0008	0-0.02 0,002	0-0.022 0,005	0-0.18 0,0007	0-1.54 0,06	0-4.29 0,16	0-0.49 0,004	0	0-0.14 0,005	0-0.2 0,01	0-0.14 0,002	0-0.14 0,008	0-0.18 0,01	0-0.03 0,003	0-0.097 0,015	0-0.014 0,002	0-4.3 0,008	0,1	42,9
Zn	0-0.032 0,004	0-0.58 0,03	0-0.07 0,02	0-0.02 0	0-0.69 0,006	0-0.22 0,003	0-1.24 0,006	0	0-1.34 0,01	0-0.28 0,04	0-0.29 0,001	0-0.25 0,005	0-0.18 0,003	0-0.05 0,008	0-0.09 0,013	0-0.045 0,016	0-1.34 0,013	1,0	1,34
Mo	0-0.0046 0,0002	0-0.001 0,0001	0-0.002 0,0003	0-0.02 0	0-0.013 0,0005	0-0.043 0,0009	0-0.016 0,0005	0	0-0.36 0,004	0-0.014 0,0007	0-0.02 0,001	0-0.012 0,0005	0-0.004 0,0003	0	0-0.003 0,0002	0	0-0.36 0,0009	0,25	1,45
Sb	0-0.102 0,005	0	0	0-0.04 0,002	0-0.24 0,006	0-0.72 0,013	0-0.063 0,0006	0	0-0.037 0,0007	0-0.02 0,001	0	0-0.06 0,0009	0-0.048 0,0006	0	0	0	0-0.72 0,004	0,05	14,3
Ti	0-0.23 0,01	0-0.008 0,0003	0-0.004 0,0001	0	0-0.19 0,008	0-0.27 0,02	0-0.52 0,009	0-0.062 0,01	0-2.0 0,07	0-0.1 0,002	0	0-0.02 0,002	0-0.56 0,01	0-0.05 0,01	0-0.002 0,0004	0-0.045 0,006	0-2.0 0,02	0,1	20
Cd	0-0.00003 0	0	0	0	0-0.0017 0	0-0.001 0	0-0.001 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0-0.002 0,0000004	0,001	1,7
Cr	0-0.024 0,001	0-0.28 0,01	0-0.05 0,009	0	0-3.08 0,008	0-1.0 0,007	0-1.24 0,008	0	0-0.57 0,014	0-1.04 0,04	0-0.42 0,06	0-1.25 0,04	0-1.16 0,03	0	0-0.26 0,03	0-0.054 0,006	0-3.08 0,02	0,55	5,6
Sn	0-0.00008 0,00003	0-0.0009 0,00005	0-0.005 0,0003	0	0-0.009 0,00005	0	0-0.008 0,00004	0	0-0.002 0,00002	0-0.02 0,0006	0-0.042 0,001	0-0.09 0,002	0-0.102 0,0009	0	0	0-0.0014 0,0002	0-0.102 0,0003	1,2	—
Zr	0-0.06 0,004	0-0.06 0,007	0-0.014 0,005	0-0.06 0,005	0-0.16 0,003	0-0.5 0,006	0-1.24 0,015	0	0-0.16 0,015	0-1.1 0,02	0-0.08 0,02	0-0.11 0,02	0-0.95 0,02	0	0-0.09 0,02	0-0.02 0,006	0-1.24 0,01	—	—
Cu	0-0.05 0,006	0-0.04 0,002	0-0.01 0,002	0-0.48 0,02	0-0.29 0,007	0-0.1 0,009	0-0.15 0,008	0-0.02 0,003	0-0.19 0,012	0-0.06 0,006	0-0.014 0,004	0-0.014 0,005	0-0.17 0,005	0-0.004 0,0015	0-0.006 0,003	0-0.01 0,003	0-0.48 0,008	1	—
Co	0-0.002 0,0002	0-0.009 0,0008	0	0	0-0.055 0,0003	0-0.1 0,0004	0-0.18 0,001	0	0-0.02 0,001	0-0.04 0,001	0-0.006 0,0006	0	0-0.005 0,0006	0	0	0	0-0.19 0,0006	0,1	1,86
Be	0-0.0008 0,00003	0-0.0002 0	0	0	0-0.001 0	0-0.0009 0	0-0.003 0,0003	0	0-0.009 0,0002	0-0.001 0	0-0.0006 0	0	0-0.0001 0	0	0	0	0-0.0003 0,000005	0,0002	15

Марганец (3 класс опасности, ПДК – 0,1 г/дм³), относится к элементам широкого диапазона водной миграции, образующий обширные ореолы рассеивания вокруг источников загрязнения [262]. С.Р. Крайнов и В.М. Швец [423]. относят Mn к элементам, формирующим провинции с регионально повышенными (по сравнению с ПДК) концентрациями. На платформе он, возможно, связан с марганценосностью карбонатных отложений уфимского яруса. Участки с повышенными значениями разбросаны по территории в виде отдельных пятен; геохимическое поле по Mn очень дифференцировано. Содержание его в водах родников Пермского края от 0 до 4,0, в среднем 0,06 г/дм³. Установлено 267 точек с содержаниями Mn выше ПДК (до 40 ПДК). По степени загрязнения около 90 % территории относится к допустимой (<1 ПДК), 9 % территории – к умеренно опасной (1-10 ПДК) и менее 1 % территории – к опасной (10-15 ПДК) и чрезвычайно опасной (более 15 ПДК) степени загрязнения. Выделяется несколько аномальных участков: два наиболее крупных участка в среднем течении рр.Вишеры и Колвы, в среднем течении р.Чусовой и на юго-востоке области восточнее с.Суксун.

Титан (3 класс опасности, ПДК – 0,1 г/дм³), относится к элементам широкого диапазона водной миграции. Это также часто встречающийся элемент. Содержание Ti в водах родников Пермского края от 0 до 2,0, в среднем 0,02 г/дм³. Установлено 68 точек с содержаниями Ti выше ПДК (до 20 ПДК). Повышенные значения Ti могут быть связаны с дайками трапловых диабазов и габбро-диабазов. Возможно, влияние оказывают геохимические и металлогенические специализированные блоки земной коры. Анализ данных по тектонике и глубинному строению Волго-Уральской области показал, что границы Воткинского аномального района (по В.А.Чувилину и др., 1996ф) пространственно совмещается с контуром Верхнекамско-Калтосинского авлакогена, выполненного комплексом пород верхнего протерозоя (бавлинский горизонт) с достоверно установленным проявлением вулканизма, что, по-видимому, обусловило титано-марганцевую специализацию. Аномальные

участки почти на 50 % связаны с отложениями кунгурского яруса, реже с шешминскими, белебеевскими и соликамскими отложениями. Возможно, они связаны с зонами неотектонической активности. Вблизи этих аномальных зон встречена Sb, Sr. По Ti выделено 3 аномальных участка: 1) Чусовской – охватывает бассейн р. Чусовой, от ее устья, до устья р. Бол. Вашкар; площадь около 450 км²; содержание Ti в воде от 0,12 до 2,01 г/дм³ (1,2-20,1 ПДК). 2) Сылвинский – в бассейне р. Сылва у юго-восточной границы области; площадь 140 км²; содержание Ti составляет 0,11-0,89 г/дм³ (1,1-8,9 ПДК). 3) Тулвинский – в бассейне р. Тулвы; площадь 130 км²; содержание Ti от 0,12 до 0,27 г/дм³ (1,2-2,7 ПДК).

Сурьма (2 класс опасности, ПДК – 0,05 г/дм³), относится к элементам малого диапазона водной миграции. Входит в состав более 90 минералов. В воду Sb может попадать при растворении в толще земной коры сульфидов и оксидов. Содержание Sb в водах родников Пермского края от 0 до 0,72 в среднем 0,004 г/дм³. Установлено 37 точек с содержаниями Sb выше ПДК (до 14,3 ПДК). Практически все аномальные точки (95%), попадают в полосу распространения верхнепермскими отложениями. Выделяется 6 небольших по площади аномальных участка: 1) в верховьях р. Тулвы, комплексирующийся с аномалией по Ti; 2) на правобережье р. Камы от устья р. Ошан субмеридиального простирания до Воткинского водохранилища; 3) субширотного простирания по долине р. Нытвы, секущий р. Каму южнее г. Краснокамска; 4) на водоразделе рек Обва и Язьва; 5) в долине р. Вильвы, в устьевой части долины р. Ники; 6) в бассейне р. Кондас.

Бериллий (1 класс опасности, ПДК – 0,0002 г/дм³). Содержание Be в водах родников Пермского края от 0 до 0,003 в среднем 0,000005 г/дм³. Аномалии обычно точечные, ассоциируется часто с Cd или Sr. Установлено 26 точек с содержаниями выше ПДК (до 15 ПДК). Аномалия с максимальным значением отмечена на правобережье р. Обвы в районе д. Ярино; аномалия 5 ПДК установлена на правобережье р. Вишеры, аномалия до 4 ПДК отмечена в

долине рр. Колва и Низьва (в приустьевой части). Из-за низкой чувствительности ПКСА ($2 \cdot 10^{-4}$) информативность явно недостаточна для характеристики геохимического поля этого элемента.

Свинец (2 класс опасности, ПДК – 0,03 г/дм³). Содержание Pb в водах родников Пермского края от 0 до 0,17 в среднем 0,001 г/дм³. Установлено 23 точек с содержаниями Pb выше ПДК (до 5,8 ПДК), которые разбросаны единичными точками по всей территории области. Аномалии с максимальными значениями ПДК отмечены на севере и связаны с карбонатными отложениями нижнего карбона. Повышенные значения Pb отмечаются, как в фоновых ненаселенных таежных участках в Горного Урала, так и на платформе, в промышленно освоенных территориях, где их можно увязать с транспортными магистралями и населенными пунктами.

Кадмий (2 класс опасности, ПДК – 0,001 г/дм³). Содержание Cd в водах родников Пермского края от 0 до 0,002 в среднем 0,000004 г/дм³. Установлен аномальный участок на правом берегу р. Сылвы от п. Серьга до устьевой части р. Юрман (до 6,2 ПДК). Также установлены несколько точечных кадмиевых аномалий, которые комплексированы с аномалиями по Be: на междуречье рр. Сылвы, Камы, Бабки; на междуречье рр. Бабки и Ирени (1,5 ПДК); две аномалии отмечаются на правом берегу Камского водохранилища в районе Пожвы (1,1 ПДК) и на левобережье этого водохранилища 15 км юго-восточней п. Пожва (1,8 ПДК).

Стронций (2 класс опасности, ПДК – 7,0 г/дм³). Содержание Sr в водах родников Пермского края от 0 до 61,4 в среднем 0,46 г/дм³. Установлено 19 точек с содержаниями Sr выше ПДК (до 8,7 ПДК), аномалии в основном точечные. Максимальные значения Sr установлены в районе Кунгурского аномального блока, где Sr является спутником Ca (вплоть до образования собственных минералов типа целестина) в общей зоне распространения месторождений гипса, ангидрита и других пород нижней перми (Чувилин и др., 1996ф). Аномалии Sr комплексированы с Сылвинской и Тулвинской

титановыми аномалиями (1,9 ПДК), Сылвинской кадмиево-бериллиевой аномалией (2 ПДК). Одиночные аномалии Sr отмечены на севере области в 10 км южнее Чусовского озера (1,8 ПДК); на р. Юг (1,4 ПДК); в долине р. Ошан (1,8 ПДК).

Никель (2 класс опасности, ПДК – 0,1 г/дм³), относится к элементам с широким диапазоном водной миграции, особенно в кислых водах. Содержание Ni в водах родников Пермского края от 0 до 4,3 в среднем 0,008 г/дм³. Установлено 17 точек с содержаниями его выше ПДК. Возрастная приуроченность родников с аномалиями по Ni довольно пестрая. Чаще всего аномальные значения Ni встречаются на северо-востоке края в пределах Горного Урала, в бассейне р. Березовой, где в средней и верхней части установлена обширная аномалия. Максимальное значение Ni (42,9 ПДК) отмечено на левобережье р. Камы в пределах сурьмяной аномалии ниже г. Краснокамска напротив п. Уральский. Никелевые аномалии чаще ассоциируются с хромовыми аномалиями.

Ванадий (3 класс опасности, ПДК – 0,1 г/дм³), относится к элементам с широким диапазоном водной миграции. Аномалии V тяготеют к западной части области и связаны с триасовыми и северо-двинскими и уржумскими отложениями верхней-средней перми; их природу можно связывать с пермскими медистыми песчаниками, составе которых содержится более 1% ванадия. Содержание V в водах родников Пермского края от 0 до 0,72 в среднем 0,007 г/дм³. Установлено 11 точек с содержаниями его выше ПДК (до 7,2 ПДК). Установлены следующие аномалии V (обычно точечные): аномалия западнее г. Нытвы около п. Чекмени (1,3 ПДК) в пределах сурьмяной аномалии; Верещагинская аномалия (3,1 ПДК); Карагайская аномалия (1,1 ПДК) в 4 км юго-западнее бериллиевой аномалии; аномалия на р. Сюрол около п. Чугайнов Хутор (5,3 ПДК); аномалия на левобережье р. Коса около п. Шорша (3,3 ПДК); аномалия в 2,5 км восточнее с. Юкеево (7,2 ПДК).

Хром (3 класс опасности, ПДК – 0,5 г/дм³), относится к элементам малого диапазона водной миграции. Содержание Cr в водах родников Пермского края от 0 до 3,08 в среднем 0,02 г/дм³. Установлено 9 точек с содержаниями Cr выше ПДК. Возрастная корреляция родников с аномалиями по Cr отсутствует. Распространены точечные аномалии на северо-востоке области и ассоциируется с никелевыми аномалиями почти во всех точках и в одной точке с кобальтом. Максимальное аномальное содержание Cr (5,6 ПДК) установлено на р.Гижга, около д. Загизга.

Цинк (3 класс опасности, ПДК – 1,0 г/дм³), относится к элементам широкой водной миграции. Содержание Zn в водах родников Пермского края от 0 до 1,34 в среднем 0,013 г/дм³. Отмечены только 2 аномальные точки со значениями 1,2 и 1,3 г/дм³ (до 1,3 ПДК), на северо-востоке края которые совпадают со стронцевой и никелевой точечными аномалиями.

Молибден (2 класс опасности, ПДК – 0,25 г/дм³), относится к элементам широкого диапазона водной миграции. Содержание Mo в водах родников Пермского края от 0 до 0,36, в среднем 0,0009 г/дм³. В аномальных точках значения до 1,45 ПДК.

Кобальт (2 класс опасности, ПДК – 0,1 г/дм³), относится к элементам малого диапазона водной миграции. Содержание Co в водах родников Пермского края от 0 до 0,19, в среднем 0,0006 г/дм³. В аномальных точках значения Co до 1,86 ПДК, ассоциируется с аномалиями по хрому.

13.3. Характеристика и оценка подземных вод по галоидам

По результатам исследований гидрогеологических съемок проанализировано 1029 химических анализов подземных вод на галоиды. Распределение содержаний галоидов в водоносных комплексах зоны активного водообмена приведено в табл. 13.1 (Копылов и др., 2001ф). Общий анализ распределения галоидов в подземных водах показывает на очень высокое

среднее содержание брома и бора (превышающих ПДК) с формированием обширных аномальных зон и общий дефицит фтора и йода, которые образуют лишь редкие и небольшие по площади аномалии.

Бром и бор (элементы 2 класса опасности, ПДК: Br – 0,2 г/дм³; В – 0,5 г/дм³). Эти элементы часто встречаются совместно, образуя комплексные аномалии. Содержание брома в подземных водах Пермского края от 0 до 15,98 в среднем 0,59 г/дм³, содержание бора – от 0 до 30,0 в среднем 0,52 г/дм³. Обширная аномальная зона высоких содержаний Br (по степени загрязнения, относящаяся к опасной и чрезвычайно опасной), картируется в бассейне рр. Косы, Велвы, Иньвы, Обвы. Здесь отмечаются максимальные значения Br (до 79,9 ПДК). В этом районе отмечается значительное количество восходящих источников и некоторое общее увеличение минерализации по родниковому стоку до 0,5 г/дм³ относительно фона 0,3 г/дм³. Возможно, повышение содержания Br связано с фильтрационными перетоками из зоны затрудненного водообмена. при производстве буровых работ на этой территории, а также разведкой и разработкой нефтяных месторождений в соседних районах. Второй значительный по площади аномальный участок с опасным и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения выделяется на юго-западе края в бассейне р. Сивы с содержанием брома до 5,23 г/дм³ и бора до 20,0 г/дм³. Вполне возможно, что эта аномалия связана с разработкой нефтяных месторождений, как и продолжение ее в бассейне р. Тулвы, относящийся к умеренно опасной категории загрязнения. Третий по величине площади распространения – Соликамско-Березниковский участок связан преимущественно с борным загрязнением до 32 ПДК и реже бромным до 10,4 ПДК. Высокие содержания галоидов здесь могут быть связаны, как с разработкой нефтяных месторождений, так и выщелачиванием бора из галогенных пород перми. Четвертый и пятый аномальные участки развиты на юго-востоке края в бассейнах рек Сылвы. Шаквы, Барды, достигают по бромму 8 ПДК, по бору - 4-8 ПДК и приурочены к кунгурским терригенным отложениям. Аномалия южнее

г. Перми на междуречье рр. Сылвы, Камы и Бабки, содержит по Br –15,2 ПДК, может быть обусловлена разработкой нефтяных месторождений. Две небольшие по размеру, но значительнее по превышению ПДК по Br и В соответственно до 40 и 50,6 выделяются в бассейне рр. Колвы и Вишеры, они связаны с терригенными кунгурскими отложениями; на одной из них отмечается значительное повышение минерализации родникового стока до 24,3 г/л. На реке Вишере выделена точечная аномалия с максимальным содержанием бора – до 60 ПДК. Восточнее ее тоже маленькая по площади аномалия с содержанием по бром до 29,3 ПДК, бору до 8 ПДК, в районе нефтяных месторождений. Кроме этого выделяется еще довольно много мелких и точечных аномалий с превышением этих галоидов над ПДК. Необходимо отметить, что ряд довольно крупных аномалий по В и Br – Сылвинская, Пермская, Тулвенская и др. совпадают с аномальными зонами по микрокомпонентному составу подземных вод, а также с участками повышенной минерализации.

Фтор (2 класс опасности, ПДК – 1,5 г/дм³). Территория Пермского края относится к дефицитной по фтору; фторирование питьевых вод является одним из элементов водоподготовки. Содержание F в подземных водах от 0 до 20,0 в среднем 0,12 г/дм³. Отмечено лишь несколько участков, с повышенными содержаниями F (по скважинам). На севере области в долине р. Камы от устья р. Уролки до устья р. Тимшера и в долине р. Пильва, где наблюдается аномалия с максимальным содержанием фтора до 20,0 г/дм³ (13,3 ПДК). Точечные аномалии с содержаниями F 1,3 ПДК отмечены на р. Колва около п. Ракшер, на р. Березовой (у Влайских барачков), на р. Кама около пп. Усть-Коса и Гайны, на р. Ульвич около п. Талая. Аномальный участок в районе г. Кудымкара в долинах рек Иньвы, Велвы, Лопвы содержит в подземных водах фтор в количестве до 2,3 ПДК. Эта аномалия прослеживается и в поверхностных водах. В долине р. Нердвы около п. Ленинск выделяется точечная аномалия с содержанием F 2,3 ПДК. На правобережье р. Камы 2

аномалии, связанные с казанско-татарскими отложениями: аномалия в долине р. Нытва и аномалия на водоразделе рек Очер, Соснова, Чепца со значениями до 2,0 ПДК. На междуречье рр. Камы, Чусовой, Сылвы в нижнесоликамских отложениях выделяются 2 аномалии с содержанием F до 1,6 ПДК.

13.4. Характеристика и оценка подземных вод по нефтепродуктам

Содержание нефтепродуктов в подземных водах по родникам и скважинам, определялось при обследовании нефтяных месторождений многими организациями (Сылвенской ГПП, краевым комитете по охране природы, ГИ УрРАН, ПермНИПИнефть и др.). Нефтепродукты относятся к 3 классу опасности, ПДК составляет 0,1 г/дм³. На всех обследованных месторождениях в родниках и скважинах выявлено загрязнение подземных вод нефтепродуктами в том или ином количестве (табл. 13.3 - Копылов и др., 2001ф). Максимальные превышения ПДК по содержанию нефтепродуктов на месторождениях по родникам и скважинам составляют: Ножовское – 73,6; Кокуйское – 24,2; Неждановское – 4,8; Мозунинское – 4,8; Быркинское – 2,4; Таныпское – 18,3; Чернушинское и Чикулаевское – 2,6; Краснояро-Куединское – 7,5; Шагирто-Гожанское – 9,0; Кудрявцевское – 3,0; Москудыинское – 16,9; Павловское – 4,5; Сивинское – 10,5; Краснокамское – 2,0; Ольховское – 5,7; Токаревское – 9,8; Кухтымское – 2,0; Чашкинское – 8,9; Очерское – 7,1; Верещагинское – 14,5; Жилинское – 17,6; Уньвинское – 7,5; Сибирское – 12,6; Шатовское – 15,6; Шеметинское – 2,0; Травнинское – 6,5; Гыждыревское – 2,8 ПДК; по родникам месторождений Чернушинского района – 8,0; Куединского района – 8,5 ПДК. Помимо месторождений нефтепродукты встречаются во многих одиночных скважинах (до 10,5 ПДК).

Таблица 13.3

**Содержание нефтепродуктов в подземных водах зоны
активного водообмена в районах нефтегазовых месторождений**

№ п/п	Месторождение	Содержание нефтепродуктов, мг/дм ³			Кол-во
		min	max	среднее	
1	Ножовская группа месторождений	0,23	0,48		-
2	Неждановское	0,23	0,48		2
3	Кокуйское	0,09	2,42		-
4	Мазунинское	0,1	0,48		-
5	Быркинское	0	0,24		-
6	Таныпское	0	1,83		-
7	Чернушинское и Чикулаевское	0,08	0,10		-
8	Краснояро-Куединское	0,11	0,75		-
9	Шагирто-Гожанское	0,1	0,9		-
10	Кудрявцевское	0	0,3		-
11	Москудьинское	0	1,69		-
12	Павловское	0	0,45		-
13	Сивинское	0,06	1,05	0,36	49
14	Краснокамское	0,2			1
15	Ольховское	0,05	0,60	0,41	3
16	Токаревское	0,98			1
17	Кухтымское	0,46			1
18	Чашкинское	0,05	1,95	0,48	0,89
19	Очерское	0			14
20	Верещагинское	0,07	1,45	0,43	22
21	Жилинское	0,1	1,76	0,39	13
22	Уньвинское	0,19	0,75	0,36	11
23	Сибирское	0	1,26	0,55	7
24	Шатовская площадь	0,05	1,56	0,43	5
25	Шеметинское	0	0,43	0,1	4
26	Травнинское	0,05	0,65	0,22	6
27	Гындыревское	0,23	0,3		-
28	Месторождения Чернушинского р-на	0,2	0,8		-
29	Месторождения Куединского р-на	0,1	0,85		-

Статистический анализ распределения нефтепродуктов по районам нефтяных месторождений показывает следующее. Содержание нефтепродуктов (без учета нулевых значений) по 165 скважинам составляет 0,004-71,39 г/дм³, в среднем 1,27, по медиане 0,32 г/дм³; по 277 родникам соответственно – 0,002-33,86, в среднем 1,32, по медиане 0,32 г/дм³; при этом, по родникам наиболее часто встречаются содержание нефтепродуктов в пределах от 0 до 2,12 г/дм³ – 80% (221 проба).

Характеризуя распределения нефтепродуктов по отдельным месторождениям, отмечается сильная дифференцированность геохимического поля в пространстве и нестабильность его во времени. Часто отмечается резкое различие содержаний нефтепродуктов в водопунктах, расположенных на близком расстоянии. Возможно, это связано с локальными загрязнениями нефтепродуктами, связанными с разливами, утечками, вызванными несовершенством эксплуатации нефтяных месторождений и нефтедобывающего оборудования. Обладая достаточной подвижностью, нефтепродукты в подземных водах распространены в виде линз, пленок, локальными участками, которые из-за высокой подвижности подземных вод, очевидно, меняют свою конфигурацию и местоположение. Они могут сорбироваться водовмещающими породами, а потом из них вновь поступать в подземные воды при благоприятных обстоятельствах [103]. Г.К.Михайлов, С.М.Костарев (1987ф) источники загрязнения нефтепродуктами относят к поверхностным, точечным, эпизодически действующим, ссылаясь на низкий коэффициент корреляции (0,027) между содержаниями нефтепродуктов и хлоридов, повышенные содержания последних они объясняют глубинным происхождением.

Нефтепродукты являются одним из опаснейших загрязнителей геологической среды и особенно подземных вод, ввиду их динамичности и высокой практической важности. Так при обследовании загрязнения ПВ водозабора «Усолка» в 1994 г. (влияние Чашкинского и Бельского месторождений), почти во всех пробах были обнаружены нефтепродукты. Их значения менялись от 0 до 3,57, при среднем 0,58 г/дм³. Помимо одного из крупнейшего Усольского месторождения пресных подземных вод с запасами 111,8 тыс. м³/сут, данный вид загрязнения встречен на водозаборах: Извер, Зеленый поселок, Промплощадка и других. В тоже время снят с загрязнения по нефтепродуктам в 1999 году Тулвинский водозабор.

Распространение аномалий нефтепродуктов в пространстве, как по подземным так и по поверхностным водам четко обрисовывает распространение нефтяных месторождений, хотя их площади расширены за счет развития широкой сети разного рода хранилищ, заправок, производств. Возможно, если бы площади изучения содержания нефтепродуктов не замыкались площадями нефтяных месторождений, то и география их распространения была бы более обширной. К наиболее загрязненным районам по содержанию нефтепродуктов относятся: Чернушинский, Куединский. Пермский и Березниковско-Соликамский промузлы. В районе г. Перми максимальное содержание нефтепродуктов по скважинам составляет 3,14 г/дм³ (31,4 ПДК), по родникам – 22,0 г/дм³ (220 ПДК).

13.5. Состояние подземных вод на крупных водозаборах

По условиям защищенности подземные воды эксплуатируемых водоносных горизонтов относятся, в целом, к слабозащищенным. Считается, что надежно защищены подземные воды на участках 11 водозаборов, условно защищены – на участках 51 водозабора и не защищены – на участках 44 водозаборов.

В Пермском крае эксплуатируется 52 крупных групповых водозаборов (с разрешенным водоотбором свыше 1 тыс. м³/сут.) и большое количество более мелких водозаборов и одиночных скважин, работающих на неутвержденных запасах [78]. Доля крупных водозаборов с запасами более 5 тыс. м³/сут. составляет 92,4 % от суммарных или 921,4 тыс. м³/сут (40 месторождений). В настоящее время эксплуатируются только 8 месторождений с водоотбором более 5 тыс. м³/сут. Эксплуатационные запасы по ним составляют 301,7 тыс. м³/сут, водоотбор 154,3 тыс. м³/сут (51% от их запасов). Кроме этого, на территории края эксплуатируется около 60 групповых водозаборов, работающих на неутвержденных запасах. Ими отбирается около 270 тыс. м³/сут. Из них 10 водозаборов

с расходом более 5 тыс. м³/сут имеют суммарный водоотбор 82,1 тыс. м³/сут. Всего этими водозаборами отбирается 236,4 тыс. м³/сут – 50% от общей суммы отбираемой воды по краю и 23,7% от эксплуатационных запасов пресных подземных вод. Столь незначительный процент использования подземных вод связан с тем, что современное хозяйственно-питьевое водоснабжение населения осуществляется за счет как подземных, так и поверхностных вод. Использование последних связано с необеспеченностью ряда городов достаточными запасами пресных вод или неосвоенностью разведанных запасов.

Качество подземных вод на работающих водозаборах, за некоторым исключением соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Вода питьевая». Исключения, связанные с природными факторами, выражаются в дефиците фтора в подземных водах; повышенная жесткость связана обычно с подтягиванием подстилающих минерализованных вод. Наиболее часто на водозаборах имеют место следующие виды загрязнения: природное (фтор, жесткость, железо и др.), сельскохозяйственное (азот в нитратной форме), техногенное (нефтепродукты, тяжелые металлы, нитриты, нитраты, хлориды). Техногенное загрязнение проявляется в наличии в подземных водах нефтепродуктов, тяжелых металлов, хлоридов, нитратов, нитритов. Соответственно определяется и применение специальной водоподготовки (обеззараживание, фторирование, обезжелезивание). Режим работы крупных водозаборов непрерывный, а малых – прерывистый в течение суток. На водозаборах, где возрастает доля использования естественных запасов (Усольский, Усть-Качка, Уинский, БКРУ-1, ТЭЦ-4, Пермский ДСК, Юрчук, «Соликамскбумпром», Конец-Бор, Сюзьвинский), отмечается ухудшение качества воды (повышены минерализация, жесткость, содержание сульфатов) за счет подтягивания минерализованных природных подземных вод из нижележащего горизонта. К наиболее чистым (возможно из-за недостатка данных) на территории Пермского края, относятся водозаборы подземных вод:

Каменноложское, Родниковое, Верхнекамское, Косьвинское, Изверское, Болотинский, Кунгурский, Тулвинский, Крылово, Лесное.

Краткие сведения по действующим водозаборам подземных вод с расходом свыше 5 тыс. м³/сут приведены в табл. 13.4 (Копылов и др., 2001ф).

Месторождения и водозаборы, находящиеся в пределах Березниковско-Соликамского промузла, подвержены значительной техногенной нагрузке. Учитывая слабую защищенность подземных вод этого района не исключена возможность появления в них «вредных» элементов. Так на водозаборе Соликамского ЦБК в составе подземных вод отмечается высокое содержание Cd – 20 ПДК, жесткость 1,1 ПДК. Ранее отмечалось наличие нитритов 0,05-0,06 мг/дм³. Степень загрязнения чрезвычайно опасная. Источник загрязнения – Соликамский ЦБК.

Изверское месторождение при обследовании его в 1997-1998 гг. характеризуется, как чистое со стабильным качеством. Однако в данных по 1999 г. в его водах эпизодически появляются нефтепродукты до 6,3 ПДК, что характеризует степень загрязнения, как умеренно опасную. В отдельные месяцы 1997 г. водоотбор на водозаборе составлял 20,5 тыс. м³/сут, что выше допустимого – 19,5 тыс. м³/сут. В межень были зафиксированы положения динамического уровня 14-31 м при допустимом 11-22 м. Возможно, что несоблюдение режима эксплуатации водозабора привело к ухудшению качества подземных вод.

Усольское месторождение по степени загрязнения характеризуется, как умеренно опасное. Загрязнение носит также эпизодический характер и зависит от сезона года. В паводок наблюдается увеличение содержания Cu, Zn, Al, As в 1,5-2 раза над фоновым. Содержание нефтепродуктов колеблется от 0 до 9,75 мг/дм³, отмечается наличие Mn до 0,34 мг/дм³ (Поповцев и др., 1987ф). В результате обследований этого водозабора установлено, что чаще других присутствие нефтепродуктов отмечается со стороны Чашкинского и Бельского нефтяных месторождений, которые находятся в границах зоны санитарной

Таблица 13.4

Характеристика и состояние подземных вод на действующих водозаборах
(с расходом свыше 5 тыс. м³/сут.)

№ п/п	Наименование месторождения, участка	Водопользо- ватель	Запа- сы тыс. м ³ /сут	Водоотбор, тыс. м ³ /сут	Загрязняющие вещества, мг/л (max)	Степень загрязне- ния
Работающие на утвержденных запасах						
1	Конец-Бор, Сюзьвинское	ГП совхоз «Пермский», п. Майский	4,0 8,0	7,9	нитраты (60), аммиак (40), железо (10,8), марганец (1,7)	опасная
2	Каменноложское	ПУВКХ, г.Лысьва	34,8	21,4	-	допустимая
3	<u>Изверское</u>	МУП «Водоканал», г.Березники	19,5	18,8	нефтепродукты (0,63)	умеренно опасная
4	Усольское	МУП «Водоканал», г.Березники	111,8	59,8	нефтепродукты (1,96), марганец (0,34), свинец (0,086)	опасная
5	Верхнекамское	МПО ЖКХ адм. г. Соликамска	48,3	22,1	-	допустимая
6	Боровицкое	МПО ЖКХ адм. г. Соликамска	23,6	10,0	нефтепродукты (0,6)	опасная
7	Родниковое	МП ВКХ «Водоканал», г.Красновишерск	11,7	5,7	-	допустимая
8	Косьвинское	МП «Водоканал», г.Губаха	40,0	8,6	-	допустимая
Итого:			301,7	154,3		
Работающие на неутвержденных запасах						
9	ТЭЦ-4	АО «Пермэнерго», г. Березники		10,7	железо (0,5), жесткость (8,2)	умеренно опасная
10	г.Кунгур			5,6	-	допустимая
11	Болотинский	ПУ ВКХ, г.Лысьва		7,0	-	допустимая
12	Промплощадка Новый	Завод «Урал», г.Соликамск		7,5	нефтепродукты (0,3), хром(0,06), железо (0,5)	опасная
13	Быгель-1 Быгель-2			7,4	жесткость (13,8)	умеренно опасная
14	Соликамский ЦБК	АООТ «Соликамскбумпро м»		11,7	кадмий (0,02), жесткость (7,5), нитраты (0,06)	чрезвычайн о опасная
15	СКРУ-1	АО «Сильвинит»		6,1	-	допустимая
16	Тулвинский	МП «Водоканал» г.Оса		5,6	-	допустимая
17	Крылово	Унитарное МП ВКХ, г.Чернушка		10,9	-	допустимая
18	Лесное	МПО ЖКХ адм. г.Соликамска		9,6	-	допустимая
Итого:				82,1		
Всего:			301,7	236,4		

охраны 3 пояса. В связи с ухудшением качества подземных вод месторождение готовится к ликвидации.

Верхнекамское месторождение характеризуется допустимой степенью загрязнения. Встречены единичные увеличения содержания нефтепродуктов до 0,6 мг/дм³, а также сезонное увеличение над фоновым содержания Zn, Cu, Mn, Pb. Из-за изначально неправильного расположения скважин, на водозаборе идет сработка запасов подземных вод. Такое положение сохраняется более 15 лет.

Боровицкое месторождение – по качеству подземных вод аналогично Верхнекамскому с его сезонными колебаниями. Было отмечено загрязнение воды нитритами и нефтепродуктами (до 0,6 мг/дм³). В зоне санитарной охраны находятся удобряемые сельхозугодья. По данным на 1.01.2000 г. степень загрязнения его допустимая.

Водозаборы Быгель-1 и Быгель-2 находятся в городской черте, как и все остальные водозаборы, работающие на неутвержденных запасах. ПДК по жесткости соответственно превышает в 1,5 и 2 раза (степень загрязнения умеренно опасная). Идет устойчивое увеличение содержания хлоридов и сухого остатка. Источником загрязнения служат солеотвал и рассолосборник БКЗ-4, расположенный в непосредственной близости от источника загрязнения. Водозабор Быгель-3 был закрыт в 1996 г. Продолжающееся мощное техногенное воздействие со стороны калийного производства явилось причиной приостановки и консервации водозаборов Быгель-1 и Быгель-2, СКРУ-3, расположенных ниже по потоку загрязненных подземных вод.

Водозаборы Конец-Бор и Сюзьвинский работают как один. Повышенное содержание железа на Сюзьвинском водозаборе отмечается уже более 20 лет и связано, очевидно, с подтягиванием вод с заболоченных участков. Интенсивность загрязнения нитратами до 1,3 ПДК, аммиака до 20 ПДК на водозаборе Конец-Бор связано, очевидно, с вносимыми удобрениями.

Таким образом, подводя итог на основе всего рассмотренного материала по общей региональной оценке состояния подземных вод в зоне активного водообмена на изученной части Пермского края (которая составляет около 85 % ее площади) можно отметить следующее. Только 50 % территории имеет удовлетворительное состояние (допустимую степень загрязнения); 40 % имеет условно удовлетворительное состояние (умеренно опасную степень загрязнения); 10% имеет неудовлетворительное и катастрофическое состояние (опасную и чрезвычайно опасную степень загрязнения). Необходимо подчеркнуть, что значительная часть информации, положенная в основу проведенного анализа уже устарела и не адекватна современному состоянию подземных вод. Очевидна и неоспорима тенденция ухудшения состояния геологической среды в целом и подземных вод в частности, как в региональном плане по всей территории, так особенно локально и зонально во многих районах Пермского края.

13.6. Характеристика гидрогеохимических аномальных зон

На территории Пермского края выделяется большое количество различных гидрогеохимических аномалий. По 18 микроэлементам отмечено превышение ПДК. Одни из них имеют регионально повышенные концентрации (Br, В, Ва, Mn, Ti) с формированием обширных аномальных полей, другие проявляются локально (Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr, F), третьи имеют единичное значение (Zn, Co, Mo, P). Основные аномалии в зоне активного водообмена сгруппированы в 14 комплексных гидрогеохимических аномальных зон (АЗ) с площадями 2,4-9,4 тыс. км². Пространственное размещение их показано на рис. 13.1 [147]. В табл.13.5 (Копылов и др., 2001ф с изменением) приведена их характеристика, показаны элементы площадного и точечного распространения, основные показатели. Ниже приводится общая характеристика аномальных зон [194].

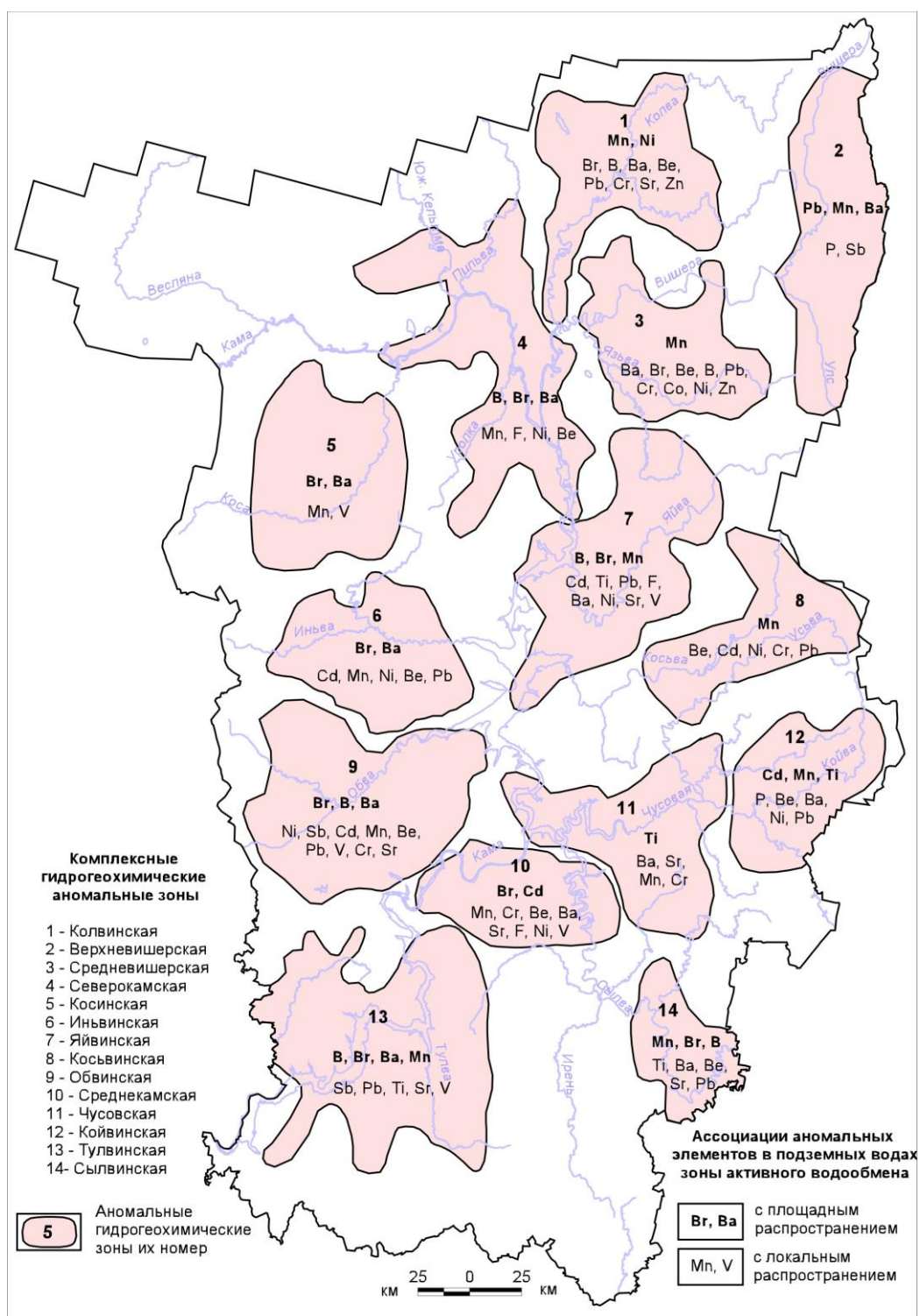


Рис. 13.1. Комплексные гидрогеохимические аномальные зоны
Пермского Приуралья и Урала

Таблица 13.5

Характеристика аномальных гидрогеохимических зон Пермского края

№	Аномальная зона	Местоположение	Площадь км ²	Гидрогеологические подразделения	Минерализация воды, г/дм ³	Элемент площадного распространения, его max ПДК	Элемент точечного распространения, его max ПДК
1	Колвинская	Бассейн рек Колвы, Вишерки, Березовой (Р-40-XXVII, XXVIII, XXXII)	5600	aQ, P ₁ k, P _{1a} -ar, D-C ₁ , R-D ₁	0,2-1,0	Mn-8,5 Ni-2,0	Br-50,6; Ba-8,4; B-8,0; Be-4,0; Sr-1,7; Pb-2,6; Cr-2,3; Zn-1,3
2	Верхне-вишерская	Бассейн рек Вишеры и Улса (Р-40-XXXIX, XXX, XXXV)	5700	aQ, D-C ₁ , R-D ₁	0,2-1,0	Pb - 3 Mn - 32 Ba - 8	P - 2; Sb - 2; Ba-4; Be-5; Ni-3; Cr-2; Co-2; Zn-2
3	Средне-вишерская	Бассейн рек Вишеры и Язьвы (Р-40-XXXIV)	4800	aQ, P ₁ k, P _{1a} -ar, D-C ₁	0,2-0,3	Mn-32,2	Ba-49,7; Br-29,3; B-14,0,0; Be-15,0; Pb-3,6; Ni-1,6; Cr-2,2; Co-1,9; Zn-1,2
4	Северо-камская	В верховье р. Камы, низовье р. Вишеры, (Р-40-XXXII, XXXIII, О-40-III)	7700	aQ, P ₁ ss, P ₁ sl	0,2-0,3	B-60,0 Br-23,9 Ba-8,9	Mn-18,8; F-13,3; Ni-4,9; Be-2,0
5	Косинская	Бассейн р. Косы (О-40-I, II)	5900	P ₃ sd, P ₂ ur P ₂ kz	0,2-0,5	Br- 40,0; Ba-13,1	Mn-8,8; V-7,2
6	Иньвинская	Бассейн р. Иньвы (О-40-VII, VIII, XIV)	4700	P ₃ sd, P ₂ ur P ₂ kz	0,3-0,5	Br- 79,9 Ba-17,5	Cd-11,0; Mn-10,4; Ni-3,8; Be-3,0; Pb-1,6
7	Яйвинская	Бассейн р. Яйвы (О-40-V, IX, X)	7200	P ₁ ss, P _{1a} -ar, C ₂₋₃ D-C ₁	0,2-0,3	B-32,0 Br-18,6 Mn-6,2	Cd-20,0; Ti-13,5; Pb-13,3; Ba-6,0; Ni-6,0; Sr-3,2; V-2,0; F-1,3
8	Косьвинская	Бассейн рр. Косьвы, Усьвы (О-Х, XI)	4200	P _{1a} -ar, D-C ₁ , R-D ₁	0,2-0,5	Mn-2,6	Be-13,0; Cd-8,0; Ni-7,5; Cr-2,5; Pb-1,6
9	Обвинская	Бассейн рр. Обвы, Нытвы (О-40-XIII, XIV, XV, XVI)	7600	с P ₂ kz P ₁ ss	0,3-0,5	Br-18,6 B-16,0 Ba-11,8	Ni-42,9; Sb-14,4; Cd-12,0; Mn-9,1; Be-7,0; Pb-4,0; V-3,1; Cr-1,8; Sr-1,5
10	Средне-камская	Бассейн рр. Сылвы, Бабки (О-40-XXI)	3700	P ₂ ss, P ₁ im	0,3-2,0	Br-15,2 Cd-6,0	Mn-70,6; Cr-4,3; Be-3,0; Ba-2,4; Sr-2,0; F-1,6; Ni-1,2; V-1,2
11	Чусовская	Бассейн р. Чусовой в низовье (О-40-XV, XVI, XXII)	5400	P ₁ sl, P ₁ ir, P ₁ k	0,2-2,0	Ti-20,1	Sr-2,7; Mn-2,4; Ba- 3,3; Cr-1,0
12	Койвинская	Бассейн рр. Койвы, Вишя, Сылвы (О-40-XVII)	3900	P _{1a} -ar, C ₂₋₃ , D-C ₁ , D ₁ , R-D ₁	0,1-0,2	Cd-25,0 Mn-15,4 Ti-9,2	P-2860; Be-13,5; Ba-6,0; Ni-1,5; Pb-1,6
13	Тулвинская	Бассейны рр. Тулвы, Пиэ, Сива (О-40-XIX, XX, XXV, XXVI)	9400	P ₂ ur; P ₂ kz, P ₁ ss	0,3-0,5	B-40,0; Br-30,0 Ba-26,0	Mn-8,7; Sb-5,4; Pb-3,0; Ti-2,7; Sr-1,9; V-1,8
14	Сылвинская	Бассейн р. Сылвы в верховье (О-40-XXVIII)	2400	P ₁ k	0,5-1,0	Mn-15,5 Br-8,0 B-4,0	Ti-8,9; Ba-7,4; Be-4,5; Sr-3,1; Pb-1,3

1). *Колвинская АЗ* (площадь 5600 км²) расположена в бассейне рек Колвы, Вишерки, Березовой; с минерализацией подземных вод 0,2-3,0 г/дм³; с площадным распространением: Mn, Ni, с локальным: Br, B, Ba, Be, Pb, Cr, Sr, Zn.

2). *Верхненевишерская АЗ* (площадь 5700 км²) расположена в бассейне рек Вишеры (в верховье) и Улса; с минерализацией подземных вод 0,1-0,2 г/дм³ и менее; с площадным распространением: Pb, Mn, Ba, с локальным: P, Sb.

3). *Средневишерская АЗ* (площадь 4800 км²) расположена в бассейне рек Вишеры и Язьвы; с минерализацией подземных вод 0,2-0,3 г/дм³; с площадным распространением: Mn, с локальным: Ba, Br, Be, B, Pb, Cr, Co, Ni, Zn.

4). *Северокамская АЗ* (площадь 7700 км²) расположена в верховье р. Камы, низовье рек Юж. Кельтмы, Пильвы, Вишеры, Уролки; с минерализацией подземных вод 0,2-0,3 г/дм³; с площадным распространением: B, Br, Ba, с локальным: Mn, F, Ni, Be.

5). *Косинская АЗ* (площадь 5900 км²) расположена в бассейне р. Косы, с минерализацией подземных вод 0,2-0,5 г/дм³, с площадным распространением: Br, Ba; с локальным: Mn, V.

6). *Иньвинская АЗ* (площадь 4700 км²) расположена в бассейне р. Иньвы; с минерализацией подземных вод 0,3-0,5 г/дм³; с площадным распространением: Br, Ba с локальным: Cd, Mn, Ni, Be, Pb.

7). *Яйвинская АЗ* (площадь 7200 км²) расположена в основном бассейне р. Яйвы; с минерализацией подземных вод 0,2-0,3 г/дм³; с площадным распространением: B, Br, Mn, с локальным: Cd, Ti, Pb, F, Ba, Ni, Sr, V.

8). *Косьвинская АЗ* (площадь 4200 км²) расположена в бассейне рек Косьвы и Усьвы; с минерализацией подземных вод 0,2-0,5 г/дм³; с площадным распространением: Mn, с локальным: Be, Cd, Ni, Cr, Pb.

9). *Обвинская АЗ* (площадь 7600 км²) расположена в бассейне рек Обвы и Нытвы; с минерализацией подземных вод 0,3-0,5 г/дм³; с площадным распространением: Br, B, Ba, с локальным: Ni, Sb, Cd, Mn, Be, Pb, V, Cr, Sr.

10). *Среднекамская АЗ* (площадь 3700 км²) расположена в среднем течении р. Камы, в низовье р. Сылвы, бассейне р. Бабки; с минерализацией подземных вод 0,3-2,0 г/дм³; с площадным распространением: Br, Cd; с локальным: Mn, Cr, Be, Ba, Sr, F, Ni, V.

11). *Чусовская АЗ* (площадь 5400 км²) расположена в низовье и среднем течении р. Чусовой, частично в низовье р. Сылвы и долине р. Камы; с минерализацией подземных вод 0,2 до 2,0 г/дм³; с площадным распространением: Ti, с локальным: Br, B, Ba, Sr, Mn, Cr.

12). *Койвинская АЗ* (площадь 3900 км²) расположена в бассейнах рек Койвы, Вижая, Сылвицы; с минерализацией подземных вод 0,1-0,2 г/дм³; с площадным распространением: Cd, Mn, Ti; с локальным: P, Ba, Pb, Ni.

13). *Тулвинская АЗ* (площадь 9400 км²) расположена в бассейнах рек Тулвы, Пизь, Сива; с минерализацией подземных вод 0,3-0,5 г/дм³; с площадным распространением: B, Br, Ba, Mn с локальным: Sb, Pb, Ti, Sr, V. В пределах данной АЗ установлены геохимические аномалии урана в подземных и поверхностных водах [315].

14). *Сылвинская АЗ* (площадь 2400 км²) расположена в средней части бассейна р. Сылвы; с минерализацией подземных вод 0,5-1,0 г/дм³; с площадным распространением: Mn, Br, B, с локальным: Ti, Ba, Be, Sr, Pb [194].

Основными факторами выделенных гидрогеохимических аномальных зон являются природные условия формирования гидрогеохимических полей при контролирующей роли структурно-тектонического и геодинамического (неотектонического) факторов. Практически все крупные гидрогеохимические аномалии пространственно совпадают с геодинамическими активными зонами, часто они приурочены к узлам пересечения рудоконтролирующих разрывных нарушений, поэтому вероятна связь аномалий с месторождениями и рудопроявлениями полезных ископаемых. Отдельные участки в аномальных зонах в пределах урбанизированных территорий, где наблюдается техногенное загряз-

нение подземных вод, являются природно-техногенными и техногенными образованиями.

Результаты гидрогеохимических исследований имеют теоретическое и прикладное значение, могут применяться: для решения геологических задач по прогнозной оценке перспектив территории на комплекс полезных ископаемых; для оценки геодинамических (неотектонических) условий; для решения геоэкологических задач, оценки направленности изменения геологической среды, решения инженерно-геологических задач при оценке агрессивной водной среды на инженерные сооружения.

Глава 14

ЭКОЛОГО-ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ДОННЫХ ОСАДКОВ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И АНОМАЛЬНЫХ ЗОН

14.1. Общая эколого-литогеохимическая характеристика почв и донных отложений

Почва является открытой подсистемой в сложных природных системах геохимических ландшафтов, способной накапливать загрязняющие компоненты. Наиболее уязвимым является первый от поверхности, гумусовый горизонт. Повышенное содержание токсичных элементов в почвообразующих породах, выбросы промышленных предприятий и транспорта, бытовое загрязнение, применение различных удобрений и средств химической защиты растений, производство различного рода ядерных испытаний, чрезвычайные ситуации и аварии - все эти и другие факторы оказывают значительное воздействие на химический состав почв. Постоянное поступление микрокомпонентов, как техногенное, так и природное, способно привести к накоплению в почвах элементов в концентрациях, опасных для микроорганизмов и растений; последние – могут служить продуктами питания и поэтому быть опасными для здоровья человека. Состав и количество удерживаемых почвой элементов зависит от содержания и состава гумуса, кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности биологического поглощения. Наиболее низкое содержание микроэлементов обнаруживается в песках и супесях, несколько выше – в покровных суглинках и самое высокое – в глинах.

Донные отложения, являясь конечным звеном ландшафтно-геохимических сопряжений, интегрируют геохимические особенности водосборной площади, что позволяет по их химическому составу выделить техногенные потоки и оценить степень техногенной нагрузки на водосток и на всю

водосборную систему района (Вострокнутов, 1991; Глазырина и др., 1998; Ибламинов и др. [89, 90]; Перельман [339]).

Литогеохимическая характеристика Западного Урала и Приуралья приводится по основным компонентам природно-геологической среды – почвам и донным осадкам, в основном по результатам регионального геоэкологического картографирования и исследований (ГЭИК-500 – Копылов и др., 2001ф), ландшафтно-геохимических исследований (Копылов и др., 2004а), многоцелевого геохимического картирования (МГХК-1000 – Вострокнутов, Демидов, Гапонцев и др., 2001ф), и частично геологического доизучения (ГДП-200). В каждом пункте пробоотбора отбирались две пробы: одна из гумусового горизонта «А» (глубина 0-0,10 м), а вторая из иллювиального горизонта «В» (глубина 0,15-0,50 м). Характеристика донных осадков приводится по материалам гидролитохимической съемки масштаба 1:1 000 000 по стоку малых рек (Чувиллин, и др., 1996ф). Аналитические работы выполнялись в лабораториях ИМГРЭ (Москва), УКСЭ (Екатеринбург), Геокарта-Пермь.

Спектральным анализом (атомно-эмиссионный спектральный приближенно-количественный анализ) в пробах почв определялись 40 элементов (Mn, Ni, Co, V, Ti, Cr, Zr, W, Mo, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Au, Bi, Cd, Sb, As, P, Be, Ba, Ge, Ga, Nb, Pt, Y, Yb, Hf, Sr, Ta, Tl, Te, Li, Sc, Hg, La, B, Ce, U), из которых установлено присутствие 31 элемента. Не обнаружены: Au, Bi, Sb, As, P, Pt, Ta, Tl, Te, Hf, Th, U (Sb, As, Bi обнаружены только в техногенных почво-грунтах городов). В пробах донных осадков определялись 23 элемента (Mn, Ni, Co, V, Ti, Cr, Zr, Mo, Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Bi, Be, Ba, Ga, Nb, Sc, Y, Sr, Hg, U). Результаты спектрального анализа по почвам (верхнего гумусового горизонта «А») Пермского края представлены в таблице 14.1 [148, 189], где приводятся содержания микроэлементов в сравнении с кларком в почвах по разным авторам [264, 373] и принятые предельно допустимые концентрации (ПДК) [295].

Таблица 14.1

Содержание микроэлементов в почвах Пермского края [148, 189]

Элемент (n·10 ⁻³ %)	Содержание (по 1730 точкам)				Кларк почв		ПДК	ОДК
	min	max	среднее	Медиана (фон)	По А.П. Виногра- дову, 1962	По Л.Н. Овчинни- кову, 1990		
1	2		3	4	6	7	8	9
Марганец	10	1000	128	90	85	85	150*	
Никель	0,2	105	3,7	3,5	4	11		4**
Кобальт	0,1	7	1,7	1,7	1	1,3	5***	
Ванадий	0	70	9,9	10	10	15	15*	
Титан	10	1000	352	350	460	420	500****	
Хром	0,3	710	29	28	20	—	38****	
Цирконий	0	300	38	35	30	30	30****	
Вольфрам	0	90	0,07	0	—	—	—	
Молибден	0	3	0,13	0,1	0,2	0,2	1***	
Медь	1	200	6,6	5	2	3		6,6**
Цинк	0	70	8,2	7	5	8,4		11**
Свинец	0	400	2,9	2,2	—	4	3*	
Олово	0	100	1,3	1,2	1	1	30****	
Серебро	0	10	0,015	0	0,01	0,01	—	
Кадмий	0	13	0,3	0	0,05	0,05		0,1**
Сурьма	0	0	0	0	—	0,5	0,45*	
Мышьяк	0	0	0	0	0,5	1,2	0,2*	
Фосфор	0	6000	66	0 и 100	80	73	20*	
Бериллий	0	10	0,7	0,6	0,6	0,6	1***	
Барий	0	700	33,3	30	50	50	62,5****	
Германий	0	1,5	0,27	0,2	—	0,1	—	
Галлий	0	5	1,2	1,3	—	2,3	1***	
Ниобий	0	10	1,5	1,4	—	—	—	
Иттрий	0	7	2,0	2	—	5	—	
Стронций	0	200	8,6	7		38	60***	
Скандий	0	7	0,8	0,8	—	—	—	

Примечания:
 *Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. Минздрав СССР, Москва, 1982.
 **Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжёлых металлов и мышьяка в почвах. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020-94. Госкомсанэпиднадзор России, Москва, 1995.
 ***Тяжёлые металлы в системе почва-растение /В.Б.Ильин. АН СССР. Новосибирск, 1991.
 ****Зарубежные нормы (СП 11-102-97, Госстрой России, Москва, 1997).

Вопросы определения экологически допустимых и опасных концентраций различных компонентов в почвах и донных осадках являются сложными и в настоящее время недостаточно разработанными. Существуют ГОСТы, Сан-

ПиНы, различные методические разработки, нормирующие содержание в почвах ряда компонентов. Поскольку в России до настоящего времени система ПДК для разных сред и элементов не разработана. Существующие нормы не охватывают всех загрязняющих веществ (ЗВ), используются некоторые зарубежные нормы и ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) по другим источникам [94, 330]. Кроме того, большое значение для экологической оценки имеют не только высокие (избыточные), но и низкие (недостаточные) концентрации элементов. Таким образом, экологическая оценка территории по почвам и донным осадкам в достаточной мере условна. Основная задача состояла в выявлении участков с повышенными содержаниями ЗВ и определении вклада геологических и техногенных факторов в суммарное загрязнение почв.

По степени опасности загрязнения почв и донных осадков химическими веществами, элементы подразделяются на три класса (ГОСТ 17.4.1.02-83): 1 – вещества высокоопасные: (ртуть, свинец, цинк, кадмий, бериллий, мышьяк, фосфор); 2 – вещества умеренноопасные (никель, кобальт, хром, молибден, медь, сурьма); 3 – вещества малоопасные: (марганец, ванадий, олово, барий, стронций). Остальные рассматриваемые элементы, для которых не разработаны ПДК и кларковые содержания почв, отнесены к «прочим или нелимитируемым элементам»: титан, цирконий, галлий, вольфрам, серебро, германий, ниобий, иттрий, скандий и др.

Описание распределения элементов приводится по группам, в основе которых классификации химических элементов В.М. Гольдшмидта с добавлениями В.В. Щербины. Элементы разделены на группы по их распределению в различных типах природных соединений, с учетом классификации А.Н. Заварицкого по элементам группы железа [326]. По этой классификации все элементы разделены на три группы: сидерофильные – Mn, Ni, Co, V, Ti, Cr, Mo; халькофильные – Cu, Zn, Pb, Sn, Ag, Cd, Ge, Ga, Hg; литофильные – Zr, Be, Ba, Nb, Y, Sr, Sc, P).

Общий характер распределения микроэлементов в почвах отражен на гистограммах распределения их значений (рис. 14.1).

Ниже приводится описание распределения элементов, которые могут иметь непосредственную опасность для здоровья человека или окружающей природной среде, т.е. по которым в пределах рассматриваемой территории установлено превышение ПДК, а также представляющие интерес для поисковых работ [161, 189].

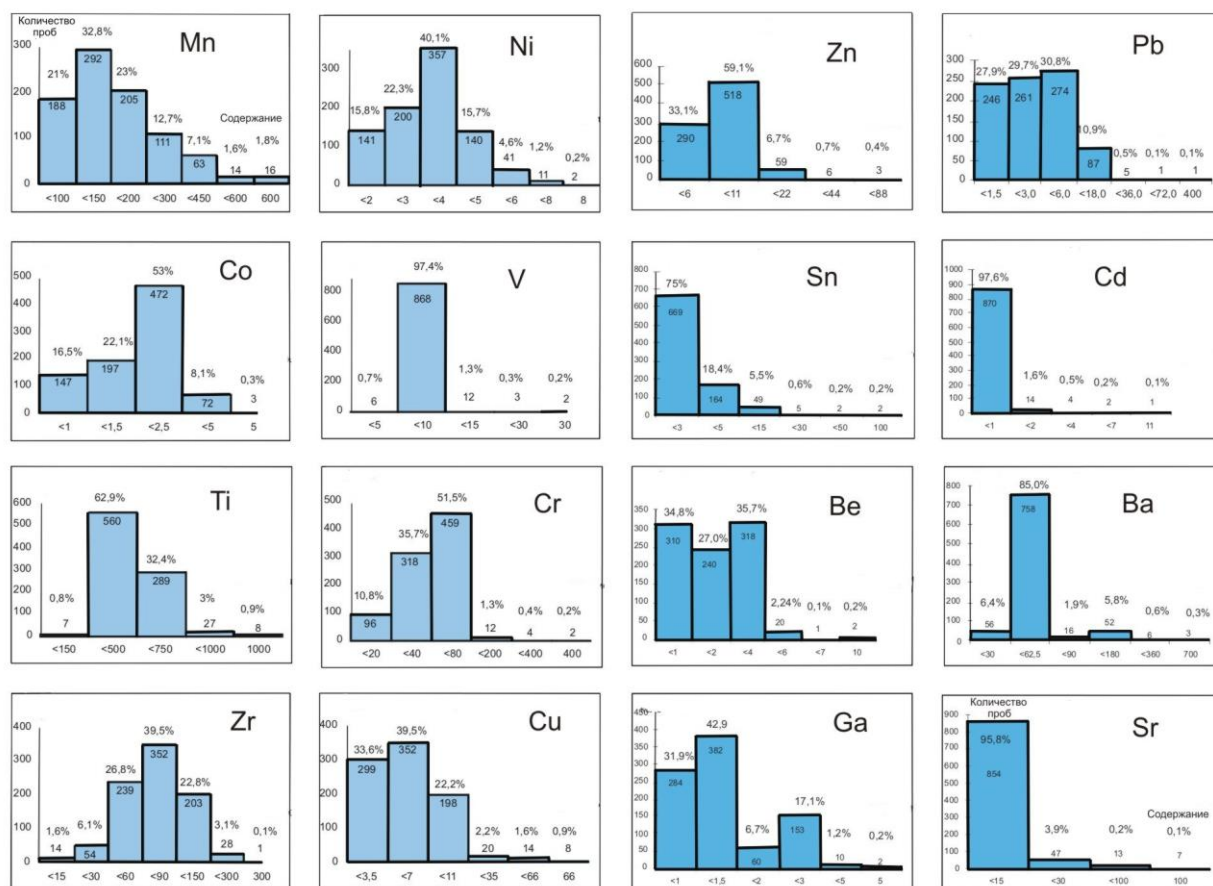


Рис. 14.1. Гистограммы распределения содержаний микроэлементов в почвах

14.2. Характеристика и пространственное распределение сидерофильных элементов

Марганец (Mn)

Марганец входит в группу сидерофильных элементов, по классификации элементов по степени экологической опасности относится к малоопасным элементам (3 класс опасности); относится к группе мигрантов, подвижность, которых зависит от окислительно-восстановительных свойств ландшафта.

Содержание **Mn** в донном осадке составляет 7-1000, в среднем $64 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $40 \cdot 10^{-3} \%$); среднее содержание его в сухом остатке поверхностного стока составляет $100 \cdot 10^{-3} \%$ при максимальном $3000 \cdot 10^{-3} \%$. Выделяются 3 аномальных района: Косьвинский, Коса-Камский и Воткинский, в пределах, которых выделяются многочисленные, но небольшие аномальные участки с содержаниями 1-3 ПДК, с максимальной точкой в районе п. Яйва. Геолого-металлогенический анализ позволяет предположить, что высокое содержание марганца в платформенной части связано с марганценосностью верхнепермских карбонатных отложений уфимского разреза. В пределах складчатого Урала марганец, являясь спутником титана, железа, никеля, хрома может быть приурочен к карбонатным толщам вулканогенно-осадочных отложений базальт-трахитовой формации нижнего девона, где возможно марганцевое оруденение. В районе Кизело-Чусовсклй промышленной зоны возможно техногенное загрязнение.

Содержание **Mn** в почвах составляет $10-1000 \cdot 10^{-3} \%$ в среднем $128 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $90 \cdot 10^{-3} \%$), что близко кларку **Mn** в почвах ($85 \cdot 10^{-3} \%$) и кларку земной коры ($100 \cdot 10^{-3} \%$ – по А.П. Виноградову и А.Е. Ферсману). Средне-фоновое значение **Mn** в южной половине территории ниже, чем в северной – соответственно 95 и $160 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 80 и $100 \cdot 10^{-3} \%$). Концентрация аномальных зон (превышающих ПДК) на этих территориях несколько отличается. В северной половине фон **Mn** в 1-1,5 раз превышает ПДК, выделяются

участки с превышением ПДК в 2-3 раза с отдельными точками до 6-6,7 ПДК. В пределах Пермского края, выделяется 2 аномальных по **Mn** района: северо-западный (с концентрацией аномалий в долинах рр. Коса, Иньва, Велва, Уролка) и северо-восточный (охватывает площадь с севера от р. Молмыс до среднего течения р. Чусовой). В центральной части территории выделяется зона повышенных содержаний **Mn** (1-2 ПДК) по обоим бортам р. Камы севернее г. Перми. В южной половине территории на фоне относительно низких содержаний **Mn** выделяются небольшие, но достаточно частые участки повышенных содержаний **Mn** (1-1,3 ПДК). Крупнейшие марганцевые аномалии контролируются структурно-тектоническим фактором – приурочены к зонам тектонических нарушений (рис. 14.2).

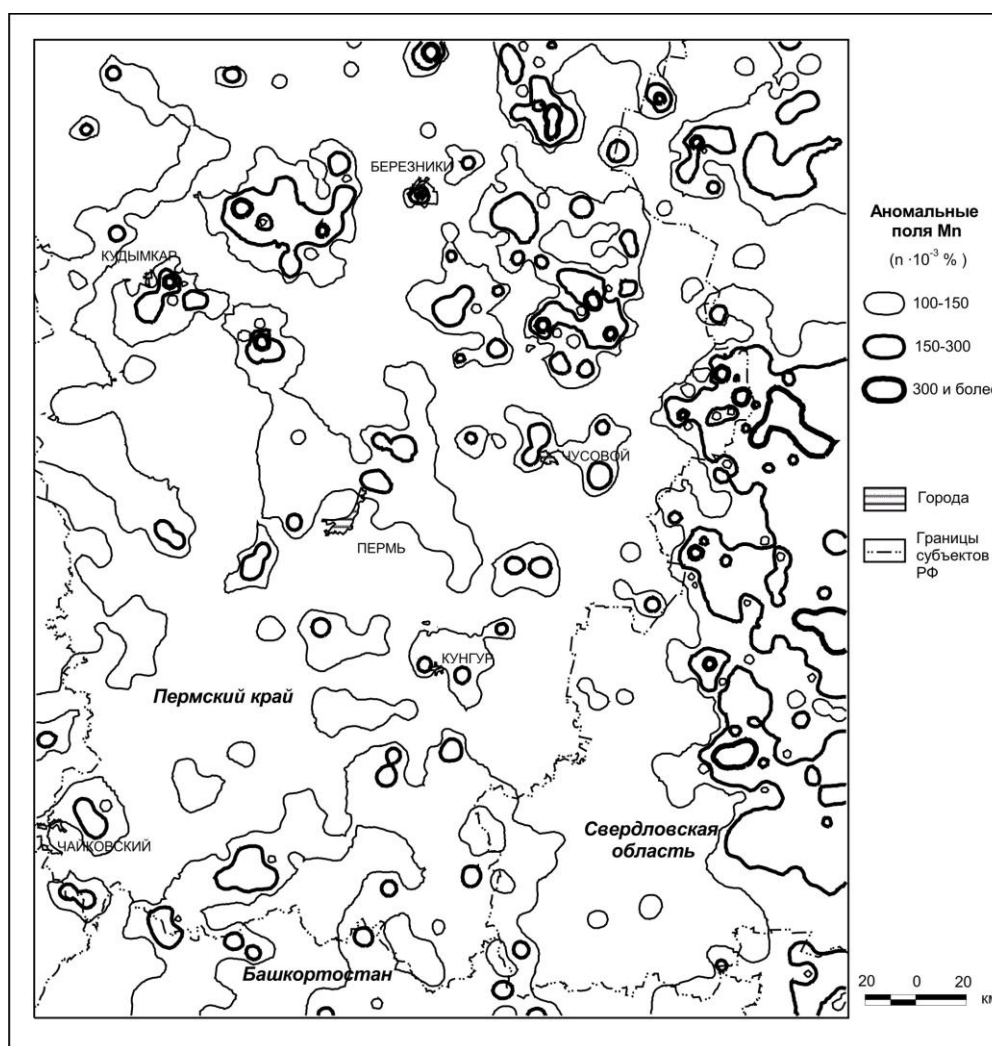


Рис. 14.2. Распределение марганца в почвах

Никель (Ni)

Никель входит в группу сидерофильных элементов, относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности), обладает способностью мигрировать в ландшафте, как в растворенном состоянии (в окислительной среде), так и механическим путем вместе с глинистыми частицами. Содержание **Ni** в донном осадке составляет 0,5-50, в среднем $4,1 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $4 \cdot 10^{-3} \%$), что соответствует уровню ОДК в почвах. Максимальные концентрации **Ni** в сухом остатке поверхностного стока составляют $20,0 \cdot 10^{-3} \%$ при среднем – $0,5 \cdot 10^{-3} \%$ (около 50% проб характеризуется очень низкой – менее $0,5 \cdot 10^{-3} \%$ концентрации). Аномальные концентрации **Ni** в водосборных бассейнах в донном осадке и поверхностном стоке установлены в основном в пределах структур складчатого Урала, где выделен Косьвинский аномальный район. Основным «поставщиком» сульфидного никеля в поверхностный сток здесь являются ультраосновные и габбро-перидотитовые породы хромитовой, медно-титаномagneйской, медно-скарновой и колчеданной рудных формаций; здесь предполагается медно-никелевое оруденение промышленного типа. Платформенная часть Пермского Приуралья характеризуется крайне низким содержанием **Ni** в сухом остатке – менее $0,5 \cdot 10^{-3} \%$ и небольшими аномалиями в донном осадке, прослеживающихся цепочкой на широте г. Чайковский, п. Юго-Камский и г. Чермоз.

Содержание **Ni** в почвах составляет 0,2-105 (до $1000 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $3,7 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $3,5 \cdot 10^{-3} \%$), что несколько ниже кларка **Ni** в почвах по А.П. Виноградову ($4 \cdot 10^{-3} \%$) и его кларку земной коры ($5,8 \cdot 10^{-3} \%$) и значительно ниже кларка **Ni** в почвах по Л.Н. Овчинникову ($11 \cdot 10^{-3} \%$). Среднефоновое значение **Ni** в южной половине территории значительно выше, чем в северной – соответственно 4,6 и $2,9 \cdot 10^{-3} \%$. В центральной и южной части Пермского края выделяется огромный (более 40 тыс. км²) район повышенных содержаний никеля (превышающие ОДК) в почвах (рис. 14.3).

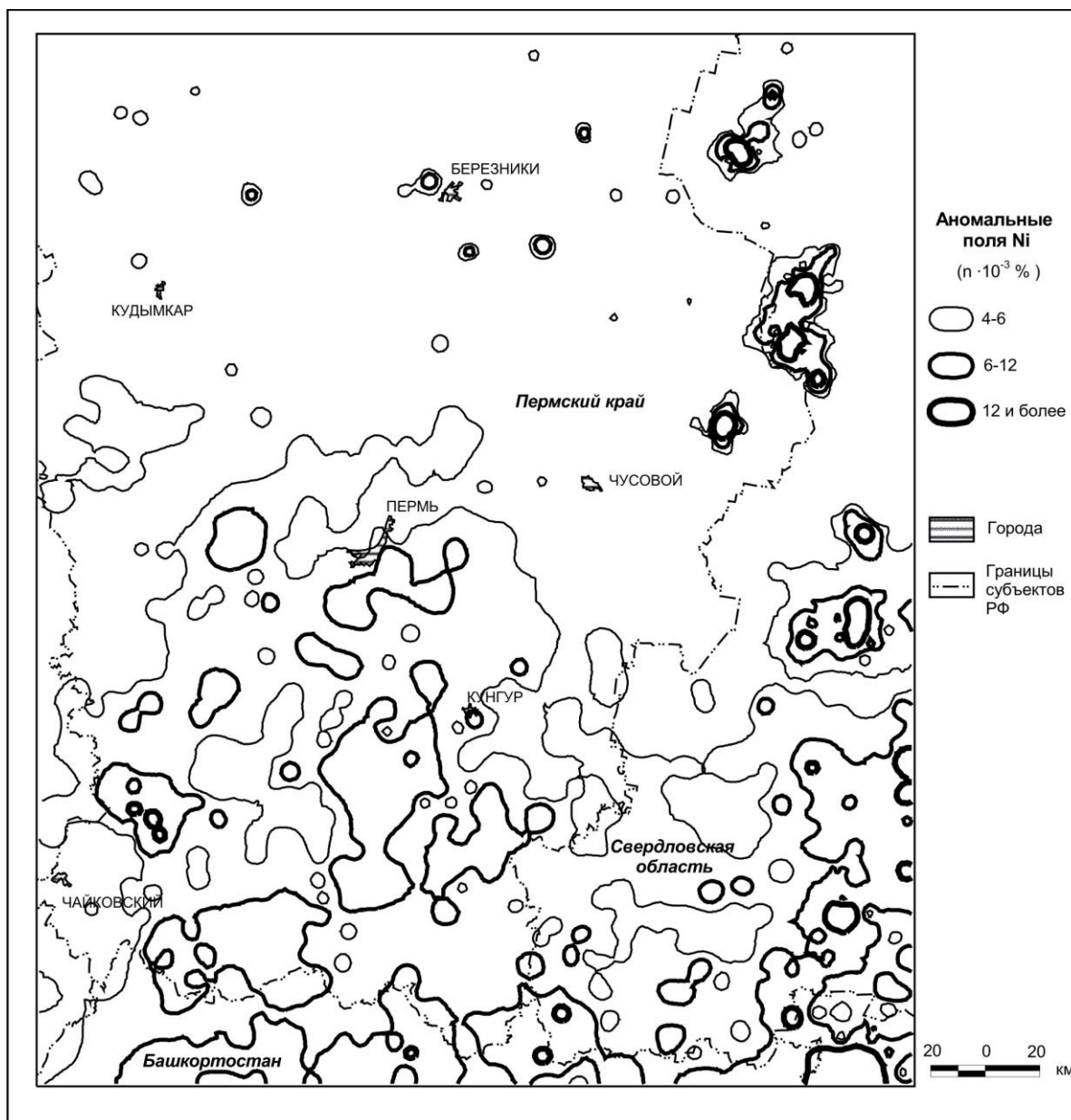


Рис. 14.3. Распределение никеля в почвах

При этом центральная часть этого района пространственно совпадает с Кукуштанским аномальным по меди (и другим элементам) районом. Здесь на фоне повышенных содержаний **Ni** выделяется локально несколько точечных и 6 аномалий по 2-4 опорным точкам с еще более высоким содержанием (2-3 ОДК). В северной части фон никеля ниже и участки с содержанием **Ni** превышающие ОДК наблюдаются в виде отдельных зон и имеют пространственную сходимость с аномалиями по свинцу и цинку. Выделяется 6 более крупных участков – по 3 в северо-западной (бассейны рек Косы, Иньвы и Чермоза) и восточно-

северо-восточной части – преимущественно в Предуральском прогибе между городами Березники, Кизел, Чусовой. Содержание **Ni** в этих аномалиях здесь не очень высокое – 1-1,5 ОДК. Наибольшее содержание отмечается в бассейне р. Лолым (правого притока р. Косы) – $105 \cdot 10^{-3} \%$, что составляет 26,3 ОДК.

Кобальт (Co)

Кобальт входит в группу сидерофильных элементов, относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности), по химическим свойствам близок к никелю, но отличается поведением в ландшафте (быстро окисляется и не мигрирует в водной среде), мигрирует только в твердом стоке. Содержание **Co** в донном осадке составляет 0,3-30, в среднем $1,7 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $1,5 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока содержание **Co** низкое – от 0 до $5 \cdot 10^{-3} \%$. Картина геохимического поля **Co** в донном осадке аналогична никелю, его присутствие обусловлено наличием рудных формаций в горной части Урала. Высокие концентрации **Co** (до $7 \cdot 10^{-3} \%$) локализованы на северном продолжении Сарановской хромитовой металлогенической зоны. Участки с повышенными концентрациями кобальта продолжают на запад в платформенную часть и вместе с никелем и в меньшей степени с титаном формируют Среднеуральскую аномальную область (блок), которая отражает, вероятно, блоковое строение земной коры.

Содержание **Co** в почвах составляет 0,1-7 (до $2000 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $1,7 \cdot 10^{-3} \%$ (также и по медиане), что несколько выше кларка **Co** в почвах по разным авторам: по А.П. Виноградову – $1,0 \cdot 10^{-3} \%$, по Л.Н. Овчинникову – $1,3 \cdot 10^{-3} \%$ и близко к кларку в земной коре по А.П. Виноградову – $1,8 \cdot 10^{-3} \%$, однако пределов ПДК средние значения не достигают. Причем, большая часть территории характеризуется значениями до 0,5 ПДК. Среднефоновое значение **Co** в южной половине территории несколько выше, чем в северной – соответственно 1,9 и $1,5 \cdot 10^{-3} \%$, однако в распределении аномальных участков это не отражается (рис. 14.4).

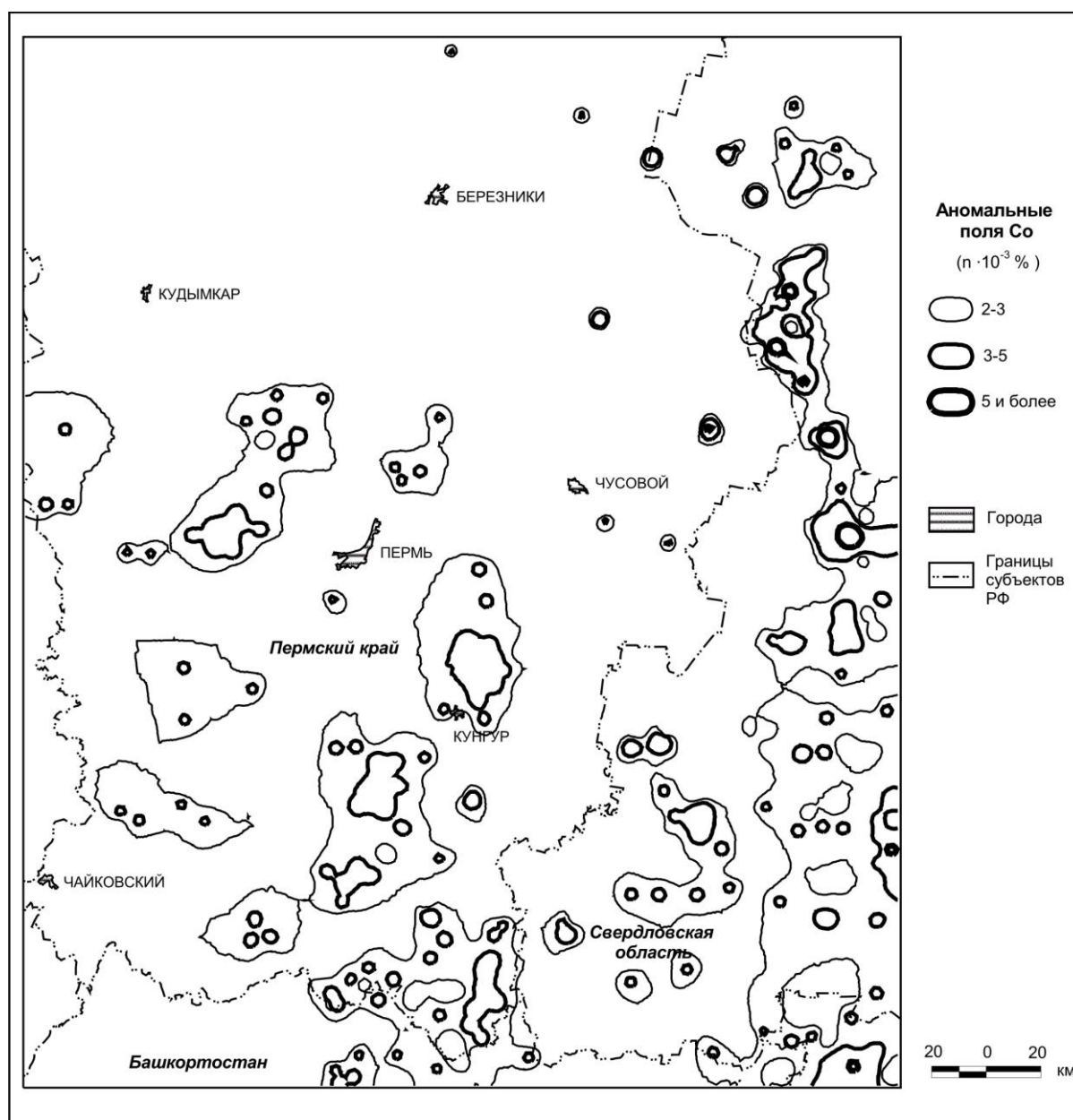


Рис. 14.4. Распределение кобальта в почвах

В природных ландшафтах кобальт лишь в отдельных точках на северо-западе превышает ПДК (д. Бачманово – 1,2 ПДК). Однако, если рассматривать распределение Co по отношению к кларкам в почвах, то наиболее крупные аномалии Co (картируемые по 6-14 опорным точкам со значением $3,0 \cdot 10^{-3} \%$) отмечаются в нижнем течении рек Косы и Иньвы, на правом берегу р. Камы (севернее г. Краснокамска) и нижнем течении р. Шаквы и среднем течении р. Ирень.

Ванадий (V)

Ванадий входит в группу сидерофильных элементов, относится к мало-опасным элементам (3 класс опасности). Содержание V в донном осадке составляет 0,7-50, в среднем $6,0 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $5 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока содержание V низкое – от менее 0,2 до $10 \cdot 10^{-3} \%$, при среднем – $0,3 \cdot 10^{-3} \%$. Геохимическое поле V по этим двум фазам стока отнесено к средним по степени дифференцированности, в пространственном отношении они сильно разобщены: аномальные ареалы по сухому остатку занимают западные районы (Очер-Кудымкарский аномальный район, выделен по значению более $1,0 \cdot 10^{-3} \%$); а по донному осадку – крайне восточные, северо-западные и южные (где выделяются многочисленные участки с содержанием $10-15 \cdot 10^{-3} \%$). Наиболее логичным объяснением природы аномалий положительного поля ванадия в платформенной части является расположение их в области широкого развития верхнепермских медистых песчаников, в составе которых установлено содержание V более 1%.

Содержание V в почвах составляет $0,7-70 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $9,9 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $10 \cdot 10^{-3} \%$), что ниже кларка V в почвах по Л.Н. Овчинникову ($15 \cdot 10^{-3} \%$), однако практически соответствует кларку в почвах по А.П. Виноградову ($10 \cdot 10^{-3} \%$) и его кларку земной коры ($9 \cdot 10^{-3} \%$). Среднефоновое значение V в южной половине территории в 2 раза выше, чем в северной – соответственно $13,4$ и $6,6 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 15 и $6 \cdot 10^{-3} \%$). Поэтому концентрация аномальных зон (превышающих ПДК, но незначительно – в 1-1,3 раза) наблюдается в основном в центральной части и южной половине территории, где сконцентрированы практически все низкоконтрастные аномалии. В северной части территории можно отметить участок с повышенными значениями V в междуречье рр. Коса и Лолог (со значениями $10 \cdot 10^{-3} \%$, что составляет 0,7 ПДК, но здесь установлено максимальное содержание V в одной точке – 4 ПДК) (рис. 14.5).

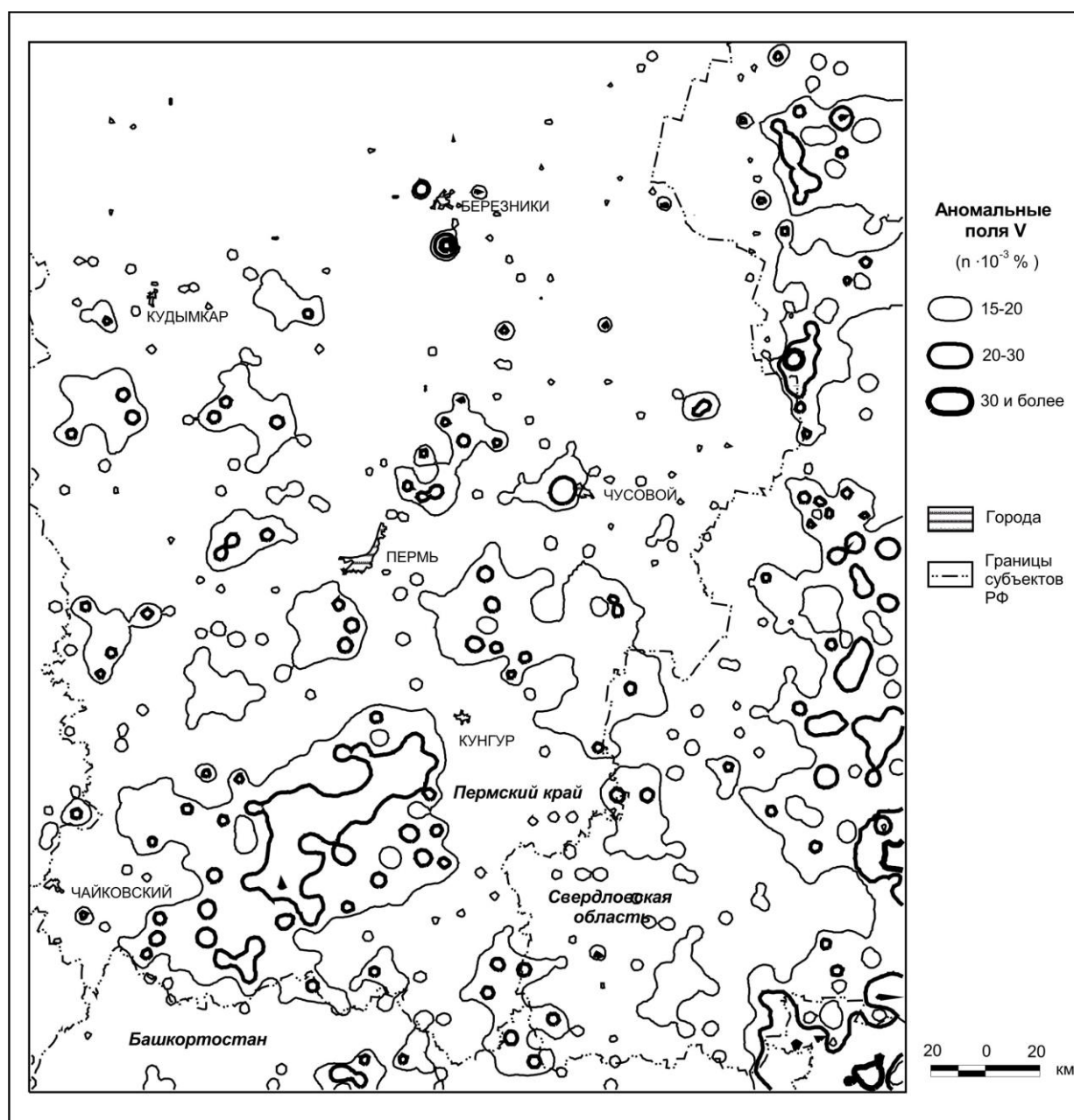


Рис. 14.5. Распределение ванадия в почвах

Титан (Ti)

Титан входит в группу сидерофильных элементов, относится к группе не лимитируемых элементов, однако в экологическом отношении представляет определенную опасность. Содержание **Ti** в донном осадке составляет 5-1000, в среднем $283 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $300 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока среднее содержание **Ti** – менее $5 \cdot 10^{-3} \%$, максимальное - $1000 \cdot 10^{-3} \%$. Геохимическое поле титана отличается средней степенью дифференциацией.

По локализации аномальных ореолов на изученной территории выделено 2 аномальных района по **Ti**. Косьвинский комплексный (никель, железо, титан) аномальный район охватывает водосбор р. Бол. Косьвы с содержанием по донным осадкам $500-1000 \cdot 10^{-3} \%$. Воткинский комплексный (марганец, титан) аномальный район охватывает бассейны притоков р. Камы на отрезке Пермь – Чайковский, выделен по сухому остатку по изолинии **Ti** $5 \cdot 10^{-3} \%$. Повышенные содержания **Ti** на западе не совсем ясны, на востоке они объясняются близостью распространения структурно-вещественных комплексов (СВК) специализированных на титан (эклогитов и др.), медно-титано-магнетитовой металлогенических зон, где выявлен ряд месторождений – Качканарское и др.

Содержание **Ti** в почвах составляет $10-1000 \cdot 10^{-3} \%$ (до $1500 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $352 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $350 \cdot 10^{-3} \%$), что немного ниже кларка **Ti** в почвах по Л.Н. Овчинникову ($420 \cdot 10^{-3} \%$) и по А.П. Виноградову ($460 \cdot 10^{-3} \%$) и кларка в земной коре ($450 \cdot 10^{-3} \%$ по А.П. Виноградову). Среднефоновое значение **Ti** в южной половине территории в 1,7 раза ниже, чем в северной – соответственно 255 и $443 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 300 и 400). В северной половине сконцентрированы практически все аномалии **Ti**, превышающие ПДК, которые занимают примерно 40 % изученной территории. Закартировано 12 наиболее крупных участков по 10-50 опорным точкам с содержанием $500-1000 \cdot 10^{-3} \%$ (1-2 ПДК), охватывающие на северо-западе бассейны рек Коса, Иньва, Велва, Чермоз и на востоке-северо-востоке значительные площади в бассейнах рек Яйва, Косьва, Усьва, Вижай, Койва, Чусовая и др. В южной части территории выделен единственный участок в бассейне р. Буй, где выделена аномалия **Ti** по 3 точкам 1 ПДК (рис. 14.6).

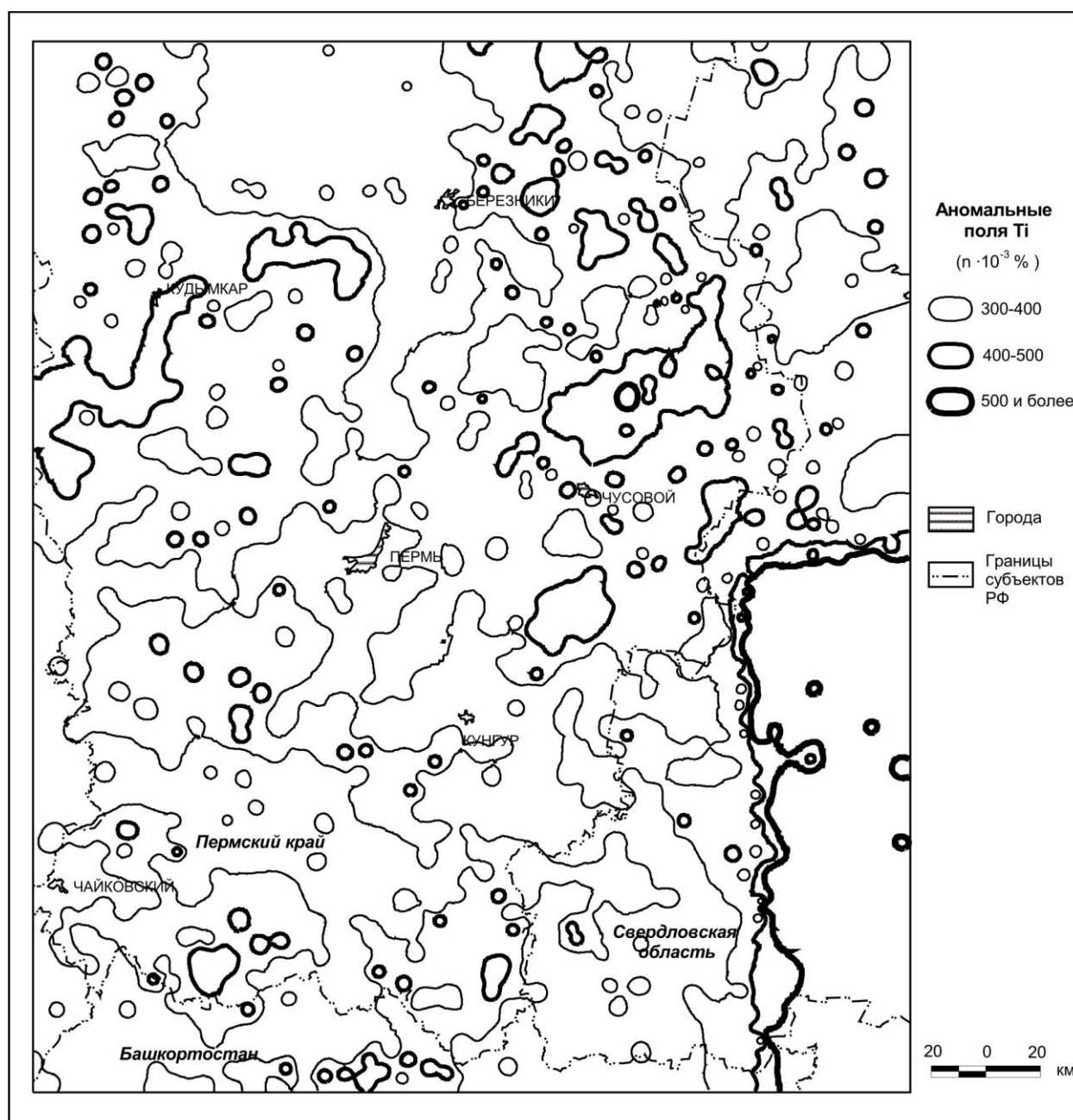


Рис. 14.6. Распределение титана в почвах

Хром (Cr)

Хром входит в группу сидерофильных элементов, относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности), является малоподвижным элементом [340]. В виду не разработанности ПДК по хрому в нашей стране, целесообразно принять их по зарубежным нормам – $38 \cdot 10^{-3}\%$ (хотя по В.Б. Ильину, 1991 [94], предложены ПДК – $10 \cdot 10^{-3}\%$, что, на наш взгляд, неверно т.к. это в 2 раза ниже кларка).

Содержание **Cr** в донном осадке составляет 1-50, в среднем $6,0 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $5 \cdot 10^{-3} \%$), средние содержания в сухом остатке поверхностного стока составляют $0,5 \cdot 10^{-3} \%$ (около 80% проб характеризуется очень низкой – менее $0,5 \cdot 10^{-3} \%$ концентрацией). Выделяется три аномальные территории по **Cr** в донном осадке: две в платформенной части – Чайковско-Октябрьский область (около 35 тыс. км²) и Коса-Вурламский район (около 4 тыс. км²) содержаниями $10-15 \cdot 10^{-3} \%$ и редко превышающие ПДК по почвам (до 1,3 ПДК) и Сарановский район на западном склоне Урала. Повышенные содержания хрома на востоке области фрагментарно совпадают с Сарановской хромитовой металлогеническая зоной, обусловлены хромсодержащими массивами горных пород, выходящих на поверхность – гипербазитами дунит-гарцбургитовой и дунит-пироксеновой формаций. На западе и юге территории природа хромовых аномалий неясна, делаются попытки увязать их с месторождениями волконскоита (в северной части Чайковско-Октябрьской области), с процессами более широкой проявленности процессов перераспределения хрома по площади, кроме того, контур аномальной области **Cr** совпадает с границей площади развития потенциально ураноносных отложений верхнепермской континентальной пестроцветной формации.

Содержание **Cr** в почвах составляет 0,3-710 (до $900 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $29 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $28 \cdot 10^{-3} \%$), что выше кларка **Cr** в почвах по А.П. Виноградову ($20 \cdot 10^{-3} \%$) и значительно выше его кларка в земной коре ($8,3 \cdot 10^{-3} \%$). Среднефоновое значение **Cr** в южной половине территории в 2,7 раз ниже, чем, в северной – соответственно 15,6 и $42,0 \cdot 10^{-3} \%$. Поэтому наблюдается значительное различие в распределении хрома на этих территориях. В северной части фон **Cr** составляют значения на уровне и выше ПДК, эти участки занимают значительные площади бассейнов рек Косы, Иньвы, Яйвы, Косьювы, нижнего течения р. Чусовой. На их фоне выделяются локально отдельные точки с высоким содержанием **Cr** (2,5-10,5 ПДК). Аномальное поле хрома в почвах часто контролируется структурно-тектоническим фактором. Однако по-

вышенный фон в районах крупных населенных пунктов не исключает дополнительное влияние антропогенного фактора на почвы. В южной половине территории на уровне низкого фона **Cr** отмечается участок с повышенным содержанием ($20-30 \cdot 10^{-3} \%$) в районе среднего течения р. Ирень, где картируется аномальные зоны по многим микроэлементам (рис. 14.7).

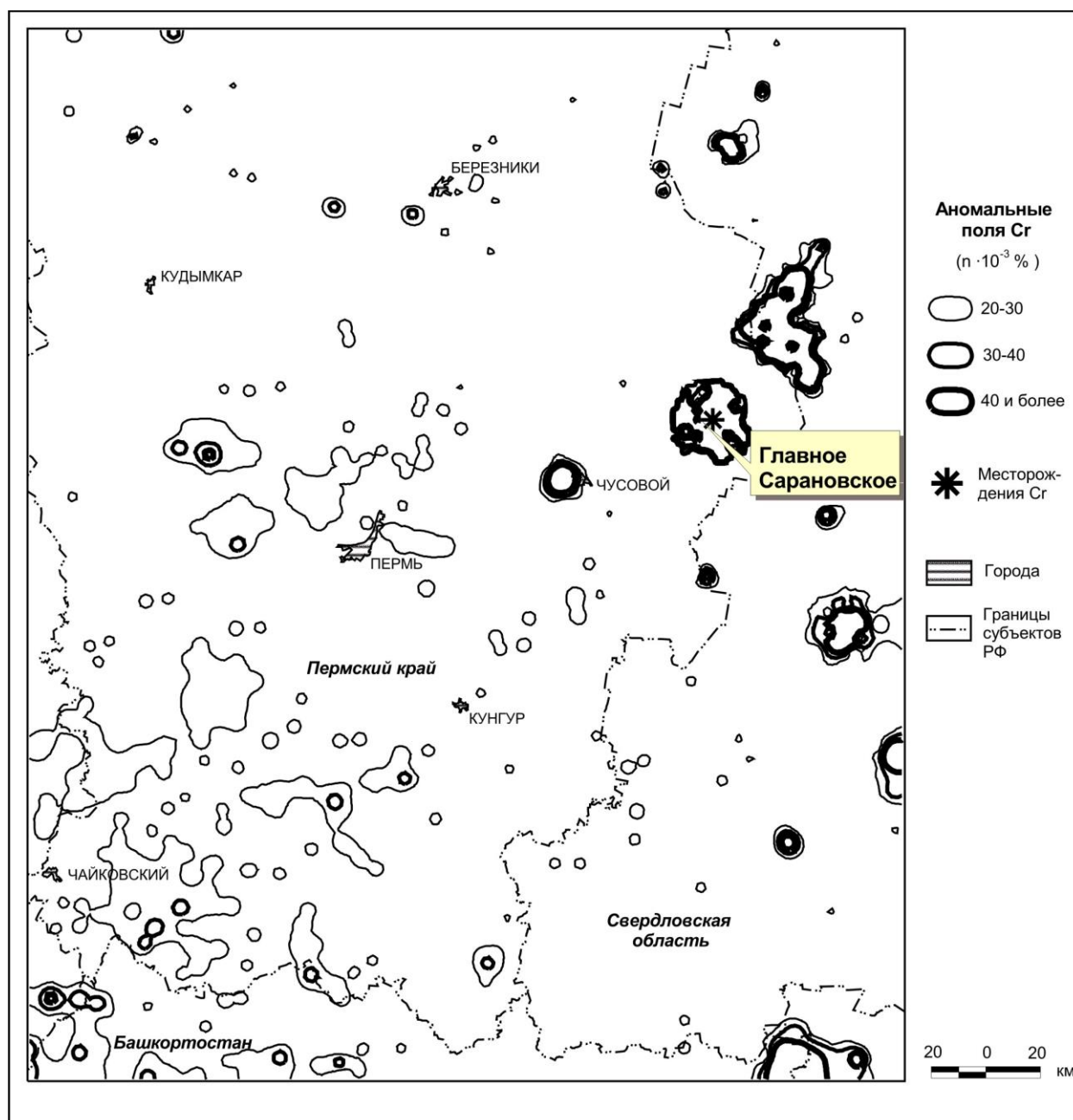


Рис. 14.7. Распределение хрома в почвах

Молибден (Mo)

Молибден входит в группу сидерофильных элементов, относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности). Отличительной особенностью его геохимического поля является сравнительно низкое его среднее содержание в поверхностном стоке и отсутствие высоких концентраций в обеих фазах. Содержание **Mo** в донном осадке составляет 0,07-1,5, в среднем $0,14 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $0,15 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока его содержание $0,0-0,7 \cdot 10^{-3} \%$. Молибден обычно присутствует в качестве сопутствующего элемента в аномальных районах, где профилирующими элементами являются медь, цинк, свинец. В то же время, например, в Кукуштанском аномальном по меди районе аномальные ореолы молибдена отсутствуют. Более высокие содержания **Mo** отмечаются в восточной части территории, к юго-востоку от г. Александровска.

Содержание **Mo** в почвах составляет 0-3 (до $100 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $0,13 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $0,1 \cdot 10^{-3} \%$), что почти в два раза ниже кларка **Mo** в почвах – $0,2 \cdot 10^{-3} \%$ и близко к кларку в земной коре по А.П. Виноградову – $0,11 \cdot 10^{-3} \%$. Среднефоновое значение **Mo** в южной половине территории в два раза ниже, чем в северной – соответственно 0,07 и $0,2 \cdot 10^{-3} \%$. По всей территории преобладают значения Mo ниже 0,2 ПДК. Аномалии, превышающие ПДК по **Mo** в почвах редки и локальны. Закартированы 2 аномалии в северной части по 6 опорным точкам (1-2 ПДК) – в нижнем течении р. Косы и в долине р. Камы в районе Соликамска и Усоля и небольшая аномалия в междуречье рек Сылвы и Шаквы (2 точки 1-3 ПДК), а также отмечаются редкие точечные аномалии (рис. 14.8).

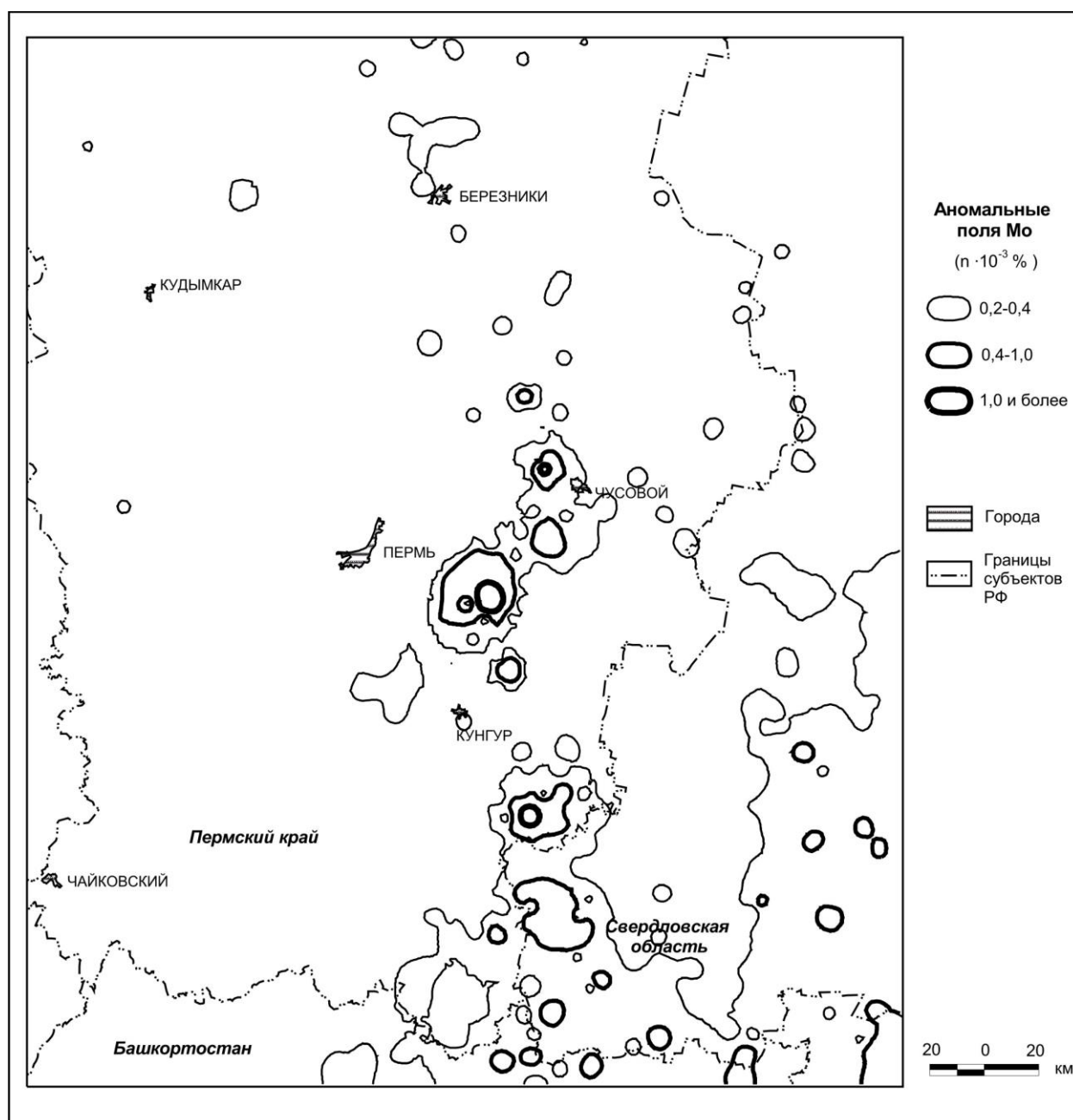


Рис. 14.8. Распределение молибдена в почвах

14.3. Характеристика и пространственное распределение халькофильных элементов

Медь (Cu)

Медь входит в группу халькофильных элементов, относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности), обладает хорошей миграционной способностью. Содержание **Cu** в донном осадке составляет 1,5-30, в среднем 2,8

$\cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $2 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока среднее содержание **Cu** ниже $2 \cdot 10^{-3} \%$. По геохимическому районированию в донных осадках выделяются две территории с повышенными содержаниями **Cu**: Кудымкаро-Югокамская аномальная по меди область (площадь 38 тыс. км², содержания от 4 до $40 \cdot 10^{-3} \%$) и Кукуштанский аномальный по меди район (площадь 3 тыс. км², содержания $5-40 \cdot 10^{-3} \%$). Высокий фон меди объясняется проявлением медистых песчаников в верхнепермских отложениях - здесь выделена металлогеническая зона медистых песчаников («Металлогеническая карта Урала, 1987»).

Содержание **Cu** в почвах составляет 1-200 (до $700 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $6,6 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $5 \cdot 10^{-3} \%$), что в 2-3 раза выше кларка **Cu** в почвах по разным авторам: по А.П. Виноградову – $2 \cdot 10^{-3} \%$, по Л.Н. Овчинникову – $3 \cdot 10^{-3} \%$ и близко к кларку в земной коре по А.П. Виноградову – $4,7 \cdot 10^{-3} \%$. Среднефоновое значение **Cu** в южной половине территории примерно такое же, как и в северной – соответственно $6,4$ и $6,8 \cdot 10^{-3} \%$. Концентрация аномальных зон и участков территориально существенно не отличается, в северной половине их немного меньше, но с более высоким содержанием. Всего закартировано около 25 участков, с превышением ОДК по **Cu** (по 3-50 опорным точкам). Наиболее крупные из них следующие: в нижнем течении р. Косы (по 24 точкам с содержанием до 15,2 ОДК); в среднем течении рек Иньва и Велва (по 30 точкам с содержанием до 6,1 ОДК); в районе рек Яйва, Ульвич и Молмыс (по 30 точкам с содержанием до 30,3 ОДК); в районе гг. Гремячинск – Александровск (по 38 точкам с содержанием до 30,3 ОДК); в районе с. Кукуштан на север до устья р. Иньвы (по 50 точкам с содержанием до 22,7 ОДК); в среднем течении р. Ирень (по 21 точкам с содержанием до 3,0 ОДК); в районе рр. Очер и Сива (по 27 точкам с содержанием до 1,5 ОДК); в бассейне р. Шаква (по 13 точкам с содержанием до 1,5 ОДК); в среднем течении р. Чусовая (по 7 точкам с содержанием до 9,1 ОДК) (рис. 14.9).

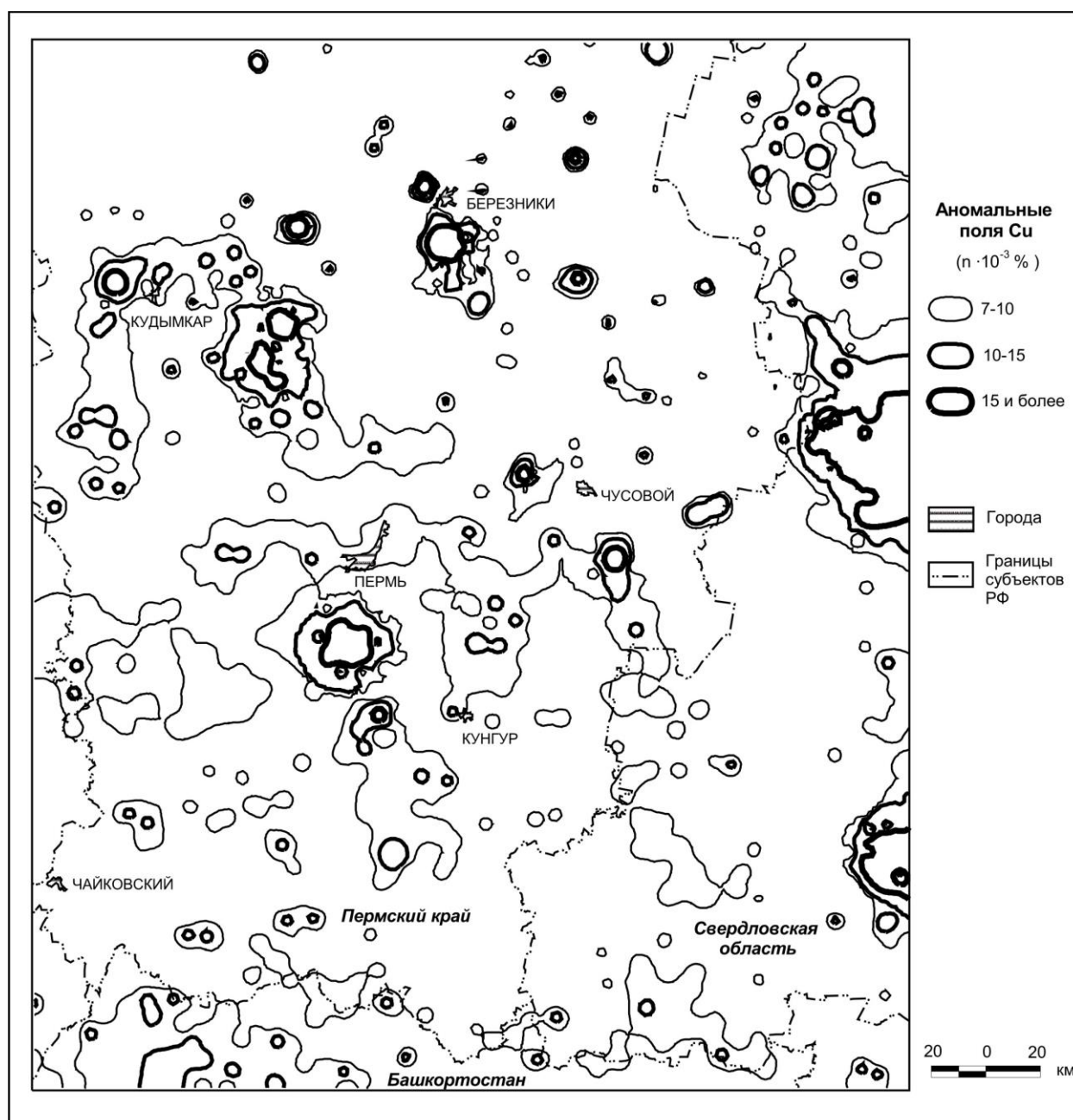


Рис. 14.9. Распределение меди в почвах

Цинк (Zn)

Цинк относится к группе халькофильных элементов, входит в группу особо опасных элементов (1 класс опасности), образует большое количество соединений, многие из которых весьма токсичны. Он обладает высокой миграционной способностью в большинстве ландшафтов, особенно в кислой среде. В таежных ландшафтах **Zn** активно мигрирует с почвенными водами, накапливаясь в гумусовом горизонте. Возможно накопление его на восстановительных

барьерах. Техногенным путем **Zn** может попадать в окружающую среду с выбросами в атмосферу при сжигании каменного угля, переработке цветных металлов, с отходами ГРЭС, сточными водами химического, бумажного, цементного производств, горных и металлургических предприятий, с применением различных удобрений в сельском хозяйстве, при транспортировке руды.

Содержание **Zn** в донных осадках на территории от 2 до 300, в среднем $9,5 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $7 \cdot 10^{-3} \%$). Среднее содержание **Zn** в сухом остатке поверхностного стока составляет $3,0 \cdot 10^{-3} \%$ максимальное – $40 \cdot 10^{-3} \%$. Распределение **Zn** в донном осадке слабо дифференцировано, что объясняется высокой миграционной способностью этого элемента и отсутствием крупных природных его источников. Большинство аномальных полей распространено в восточной части, где ранее выделена Губахинско-Нязепетровская свинцово-цинковая аномальная область (В.А. Чувилин и др., 1996). Здесь можно выделить обширный Губахинско-Лысьвенский аномальный район, где сконцентрировано большинство точек с превышением ПДК по цинку и свинцу, вероятно смешанной естественно-природной и техногенной природы. Наиболее высокое содержание **Zn** установлено в донных отложениях р. Лысьвы ниже г. Лысьвы – 27,3 ОДК ($300 \cdot 10^{-3} \%$), здесь же установлены аномалии по свинцу и молибдену. Эта аномалия имеет явно техногенный характер и связана с промышленностью г. Лысьвы. К западу от г. Углеуральска содержание **Zn** достигает 6,5 ОДК; в р. Вижай ниже п. Пашия – до 2,7 ОДК; в верховье р. Усьвы – до 1,8 ОДК; в водотоках у п. Биссер – до 1,8 ОДК. В западной части территории аномальная зона по цинку в донных отложениях установлена в бассейне р. Иньвы, где в приустьевой части р. Исыл содержание **Zn** достигает 13,6 ОДК ($150 \cdot 10^{-3} \%$), где также установлены повышенные содержания **Co** и **Mn**; в районе п. Пожва – до 2,7 ОДК, где также повышено содержание свинца. В южной части установлено несколько аномальных точек с наибольшим содержанием **Zn** 2,7 ОДК. В центральной части территории выделяется аномальная зона от Перми до

п. Кукуштан и южнее, с мозаичным распространением цинка и содержанием его до 3,6 ОДК.

Содержание **Zn** в почвах составляет 0-70 (до 300), в среднем $8,2 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $7 \cdot 10^{-3} \%$), что близко к кларкам Zn в почвах по разным авторам и кларку земной коры ($8,3 \cdot 10^{-3} \%$ – по А.П. Виноградову). Несмотря на то, что среднефоновое значение Zn в южной половине территории несколько выше, чем в северной – соответственно $9,0$ и $7,4 \cdot 10^{-3} \%$, концентрация аномальных зон территориально существенно не отличается, в северной половине их даже немного больше. Всего закартировано около 50 участков, с превышением ОДК по **Zn**, при этом установлено 15 аномалий, картируемых по 2-7 опорным точкам с концентрациями **Zn** более 1,5 и 3 ПДК (опасная и чрезвычайно опасная степень загрязнения). Обращает на себя внимание крупная аномальная зона в центральной части территории, протягивающаяся с юго-востока на северо-запад от р. Шаквы до р. Чермоз на 160 км при ширине 15-40 км. Она включает в себя несколько небольших, но контрастных аномалий, наибольшая из них на правом берегу р. Камы, южнее с. Ильинское (5 точек с содержанием **Zn** $20 \cdot 10^{-3} \%$). На северо-западе территории установлены небольшие аномалии (вероятно природного характера, пространственно совпадают с зонами тектонических нарушений) – в районе с. Бачманово (до $50 \cdot 10^{-3} \%$), в верхнем течении р. Иньва (до $200 \cdot 10^{-3} \%$), в верховье р. Котыс (до $150 \cdot 10^{-3} \%$), в нижнем течении рек Иньва и Велва (до $20 \cdot 10^{-3} \%$). В Кудымкарском районе было выделено шесть небольших по площади аномалий картируемых 2 - 3 точками с дифференцированными значениями от 1,5 до 18 ОДК [202]. Небольшие аномалии вероятно также преимущественно природного характера установлены на северо-востоке и востоке – на участке рек Большой Сурмог и Ульва (до $30 \cdot 10^{-3} \%$), в верховье р. Усьва (до $50 \cdot 10^{-3} \%$), в верховье р. Койвы (до $30 \cdot 10^{-3} \%$). На юге и юго-востоке территории наблюдается несколько аномалий в сельской местности, что может быть также связано с применением удобрений и ядохимикатов – южнее с. Елово (до $20 \cdot 10^{-3} \%$), в верховье р. Шаквы (до $30 \cdot 10^{-3} \%$), между сс. Суксун и Орда (до

$100 \cdot 10^{-3} \%$). Несколько аномалий (явно техногенного промышленного характера) сгруппировано в районе городов Александровск, Кизел, Углеуральский, Губаха, Чусовой, Лысьва (с наибольшим содержанием **Zn** в г. Кизел – до $70 \cdot 10^{-3} \%$) (рис. 14.10).

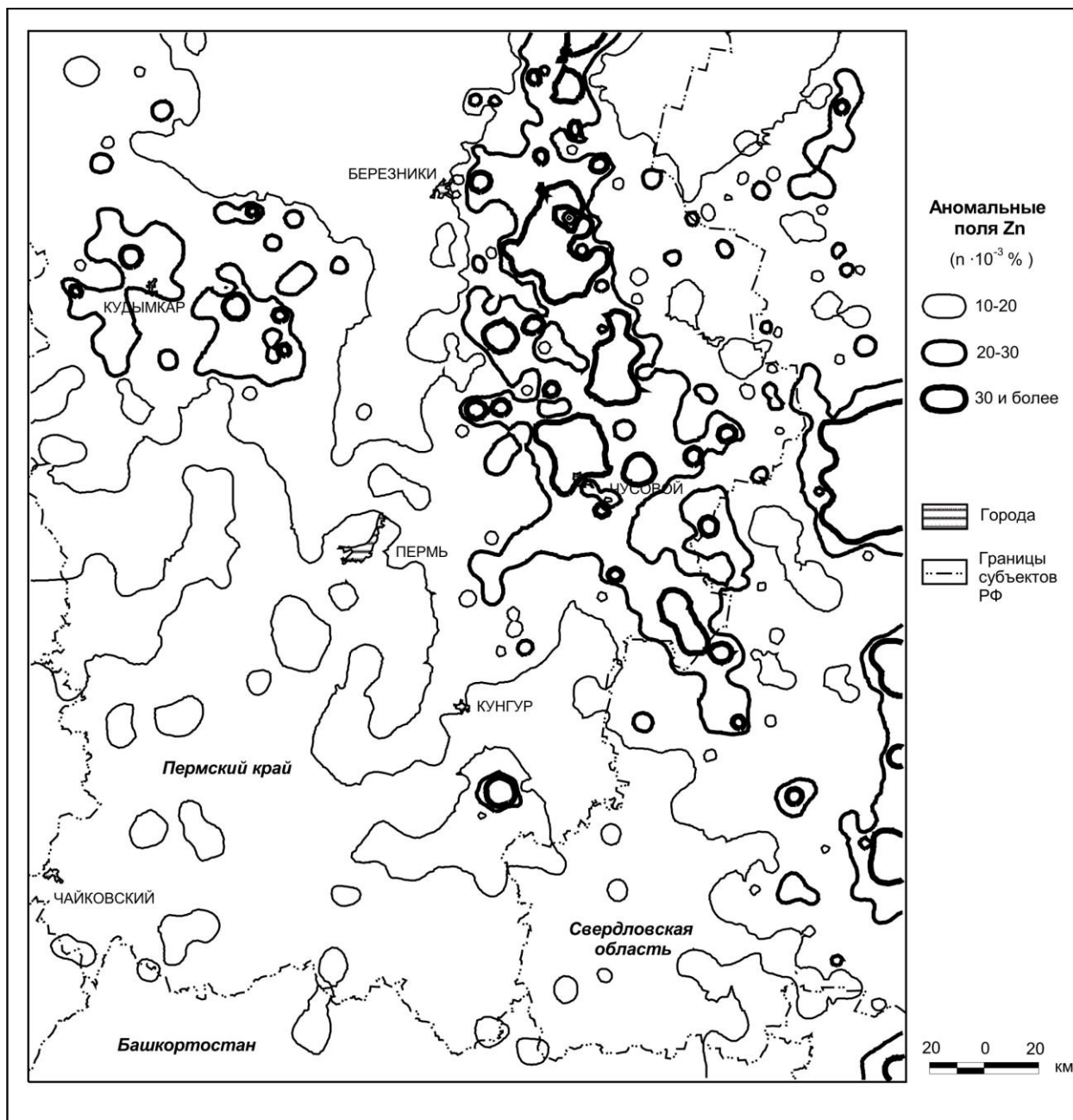


Рис. 14.10. Распределение цинка в почвах

Свинец (Pb)

Свинец – элемент халькофильной группы, входит в группу особо опасных элементов (1 класс опасности). Проблема его в биосфере и окружающей человека среде имеет несколько аспектов. Во-первых, свинец – типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, в почвах, в природных водах и атмосфере. Растительный и животный организмы на протяжении длительной эволюции адаптировались к природной концентрации этого элемента, активно его поглощая. Во-вторых, свинец может образовывать месторождения и руды свинца, которые с давних пор служат традиционным видом минерального сырья. В-третьих, свинец активно рассеивается в окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности человека. Пути такого техногенного рассеивания разнообразны: выбросы в атмосферу с дымом и пылью металлургических, металлообрабатывающих, химических и других промышленных предприятий, тепловых электростанций, выбросы с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания, с промышленными и бытовыми стоками. Кинетика распределения свинца в потоках довольно сложная. Выпадение взвешенного свинца обуславливает загрязнение донных отложений – наиболее стабильного компонента водной системы. Дальность распространения потоков свинца в донных отложениях весьма значительна и для крупных источников загрязнения достигает десятки километров. Поля повышенных концентраций свинца, в основном, техногенного происхождения, наблюдаются вдоль автомобильных и железнодорожных магистралей. Проведенные многочисленные исследования показывают, что за многолетний период эксплуатации автомагистралей заметное увеличение содержания свинца в почвах происходит, в основном, в непосредственной близости от автодороги, на расстоянии от 5-7 м до 10-20 м [360]. Свинец, как правило, является составной частью обширных химических ассоциаций, накапливающихся в окружающей среде в результате проявления техногенеза и природных факторов.

Содержание **Pb** в донных осадках на территории от 0,1 до 10, в среднем $1,0 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $0,7 \cdot 10^{-3} \%$). Содержание **Pb** в сухом остатке поверхностного стока составляет $0,1-30 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $0,2 \cdot 10^{-3} \%$, что с учетом коэффициента водной миграции (1,5) соответствует эквивалентному содержанию его в горных породах зоны дренирования ($0,13 \cdot 10^{-3} \%$). Наибольшие содержания **Pb** в донных осадках – 2-3 и более ПДК установлены в водотоках территорий промзон городов Перми, Кизела, Губахи, Лысьвы, Чусового. Большинство аномальных полей **Pb** находятся в основном на востоке области на площади Центрально-Уральского поднятия, Западно-Уральской внешней зоны складчатости и Предуральского краевого прогиба и попадают в контур Губахинско-Нязепетровской свинцово-цинковой аномальной области (В.А. Чувилин и др., 1996ф). Содержание **Pb** в них выше фона, но обычно на уровне ПДК и ли реже превышают его. Поля повышенных концентраций **Pb** (1-1,3 ПДК) в платформенной части наблюдаются южнее г. Перми (Кукуштанский аномальный по меди район), в районе с. Суксун и южнее (Красноуфимский аномальный по свинцу и цинку район).

Содержание **Pb** в почвах составляет $0-400 \cdot 10^{-3} \%$ (до $3000 \cdot 10^{-3} \%$), в среднем $2,9 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $2,2 \cdot 10^{-3} \%$), что ниже кларка **Pb** в почвах по Л.Н. Овчинникову ($4 \cdot 10^{-3} \%$), однако выше кларка по Д.П. Малюге ($1 \cdot 10^{-3} \%$) и близко кларку земной коры ($1,6 \cdot 10^{-3} \%$ - по А.П. Виноградову и А.Е. Ферсману). Среднефоновое значение **Pb** в южной половине территории немного ниже, чем в северной – соответственно $2,4$ и $3,3 \cdot 10^{-3} \%$ (при одинаковых медианах). Концентрация аномальных зон (превышающих ПДК) в Пермском крае территориально существенно не отличается, однако, в северной половине сконцентрированы практически все высококонтрастные аномалии (рис. 14.11).

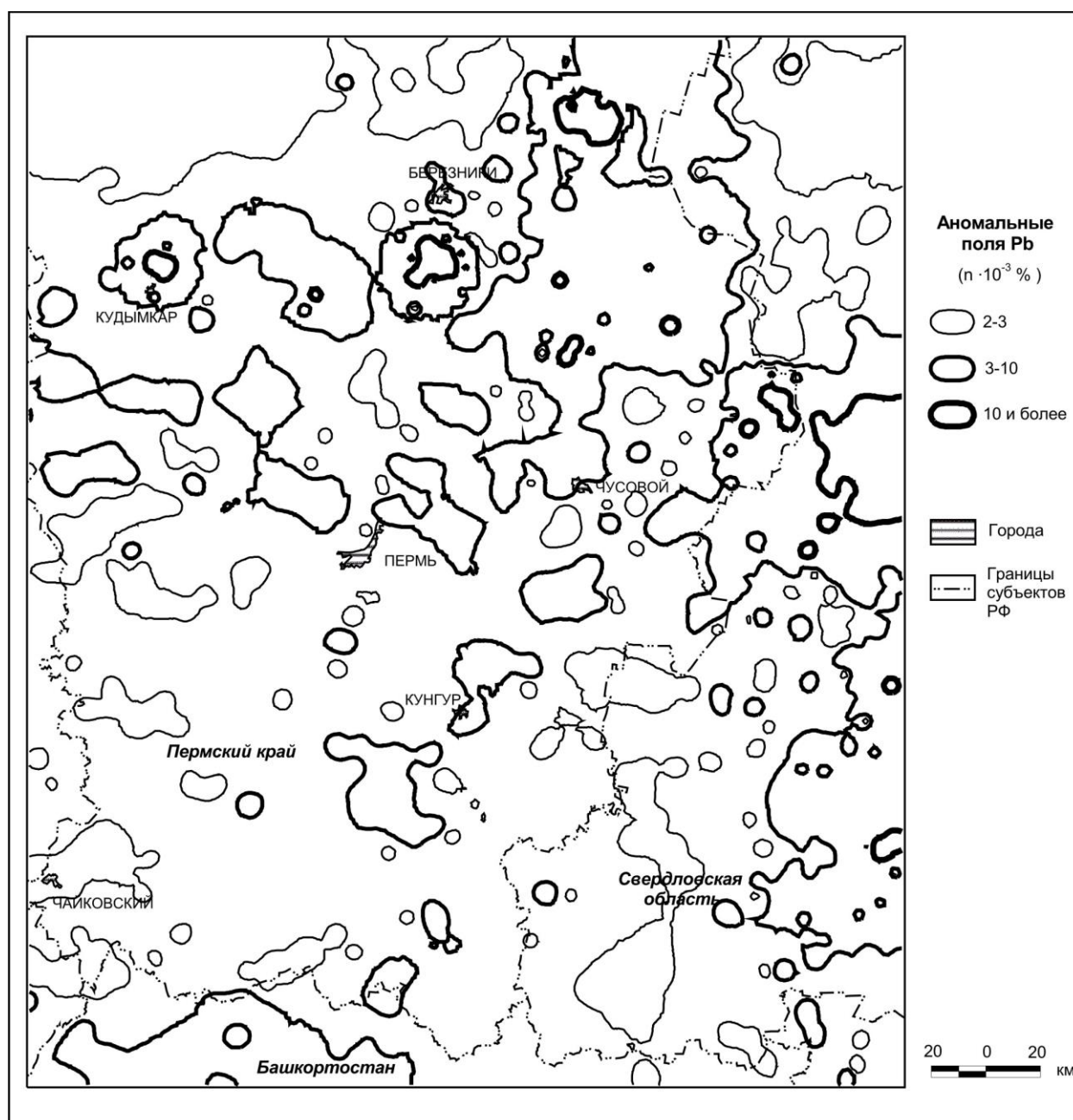


Рис. 4.11. Распределение свинца в почвах

Всего закартировано около 40 участков, с превышением ПДК по **Pb**, при этом установлено 17 аномалий, картируемых по 2-38 опорным точкам с концентрациями **Pb** более 1,5 и 3 ПДК (опасная и чрезвычайно опасная степень загрязнения). Большинство аномальных полей **Pb** в почвах, так же, как и в донных отложениях находятся на востоке региона, протягивающихся от среднего течения р. Чусовой до верховий р. Яйвы и севернее. Здесь можно выделить Яй-

винско-Чусовской аномальный по свинцу район, в котором выделить несколько аномальных зон, из них 6 наиболее крупных.

Крупная кольцевая аномальная зона (90x80 км) выделяется в бассейне р. Яйвы и ее притоков, картируется по 37 опорным точкам с концентрациями **Pb** 1,7-7,7 ПДК (в 30 км севернее п. Чикман зафиксирована наивысшая концентрация **Pb** в почвах природных ландшафтов – $400 \cdot 10^{-3} \%$). Южнее – от г. Александровска до г. Гремячинск, охватывая гг. Кизел, Губаху, Углеуральский, п. Костпашский, выделяется аномальная зона по 38 опорным точкам с концентрациями **Pb** 1,7-7,7 ПДК, вероятно преимущественно техногенного характера. Восточнее, в бассейне р. Косьвы с переходом на территорию Свердловской области картируется по 24 опорным точкам с концентрациями **Pb** 1,7-7,7 ПДК. Южнее выделяются аномальная зона в верховье р. Вильвы (по 7 точкам с концентрациями **Pb** до 2,3 ПДК), верховье р. Койвы (по 7 точкам с концентрациями **Pb** до 7,7 ПДК) и среднем течении р. Чусовой (по 8 точкам с концентрациями **Pb** до 3,3). В западно-северо-западной части территории можно выделить второй – Иньвинско-Косинский аномальный по свинцу район, где отмечается несколько небольших аномалий. Крупнейшая из них – в нижнем течении р. Велвы, картируется по 5 опорным точкам с концентрациями **Pb** 1,7-13,3 ПДК. В южной части можно выделить аномальную зону в бассейне р. Ирень (с. Ашан) по 10 точкам с относительно невысокими концентрациями **Pb** – 1,3 ПДК (однако здесь также выделяются повышенные концентрации никеля, кобальта, цинка, меди). В целом аномалии по свинцу контролируются глубинными разломами. Отмечается некоторое повышение содержания свинца в пробах, отобранных вблизи шоссейных дорог.

Олово (Sn)

Олово входит в группу халькофильных элементов, а по степени экологической опасности относится к группе нелимитируемых элементов, из-за слабой изученности о вредном влиянии на человека (ПДК взято по зарубежным нормам).

Содержание **Sn** в донном осадке составляет 0,07-15, в среднем $0,16 \cdot 10^{-3}$ % (по медиане – $0,15 \cdot 10^{-3}$ %); в сухом остатке поверхностного стока среднее содержание **Sn** $0,1 \cdot 10^{-3}$ %, при максимальном – $0,5 \cdot 10^{-3}$ %. Геохимическое поле **Sn** на изученной территории отличается слабой дифференцированностью, что обусловлено, по-видимому, отсутствием здесь породных комплексов, обогащенных этим элементом и общей отрицательной оценкой рассматриваемого фрагмента Уральского региона на оруденение (или образование россыпей) промышленных масштабов. Ареолы повышенных содержаний (выше $0,4 \cdot 10^{-3}$ %) в обоих фазах стока отмечаются в северо-западной части территории – в бассейне р. Иньва (г. Кудымкар) и долине р. Кама (п. Пожва). Природа их неясна, возможно, техногенная. Явно техногенные скопления олова зафиксированы в донных осадках рек протекающие через крупные населенные пункты: гг. Пермь, Кизел, Чусовой, Лысьва и др. (содержания $0,7-15 \cdot 10^{-3}$ %). Обращает на себя внимание Кудымкаро-Пожвинский район высокоминерализованных вод, характеризующихся сплошным загрязнением поверхностных вод оловом.

Содержание **Sn** в почвах составляет $0-100 \cdot 10^{-3}$ %, в среднем $1,3 \cdot 10^{-3}$ % (по медиане – $1,2 \cdot 10^{-3}$ %), что выше кларка **Sn** в почвах ($1 \cdot 10^{-3}$ %) и кларка в земной коре ($0,25 \cdot 10^{-3}$ %) по А.П. Виноградову. Среднефоновое значение **Sn** в южной половине территории в 7 раз ниже, чем в северной – соответственно $0,3$ и $2,3 \cdot 10^{-3}$ % (при медианах $0,3$ и $2,0$). В северной части территории зона повышенных содержаний олова закартирована в бассейне рр. Коса, Иньва, Чермоз (по содержаниям $3-5 \cdot 10^{-3}$ %) и лишь в двух точках в долине р. Чермоз достигают уровня ПДК ($30 \cdot 10^{-3}$ %). Кроме этого, мы также отмечали [202] в Кудымкарском районе 6 изолированных точек со значениями **Sn** 1 – 1,7 ПДК. Максимальные концентрации **Sn** в почвах установлены в верховьях рек Усьва ($100 \cdot 10^{-3}$ % - 3,3 ПДК) и Молмыс ($70 \cdot 10^{-3}$ % - 2,3 ПДК). В восточной части территории установлены также участки повышенных содержаний **Sn**, не достигающих уровня ПДК ($3-20 \cdot 10^{-3}$ %), особенно в промышленных районах и крупных населенных пунктов, что подтверждает предположение о вероятном техногенном

источнике олова. В южной половине территории на фоне низких содержаний выделяется участок с повышенными содержаниями **Sn** ($0,3-0,6 \cdot 10^{-3} \%$) пространственно совпадающий с Кунгурским аномальным по меди районом (рис. 14.12).

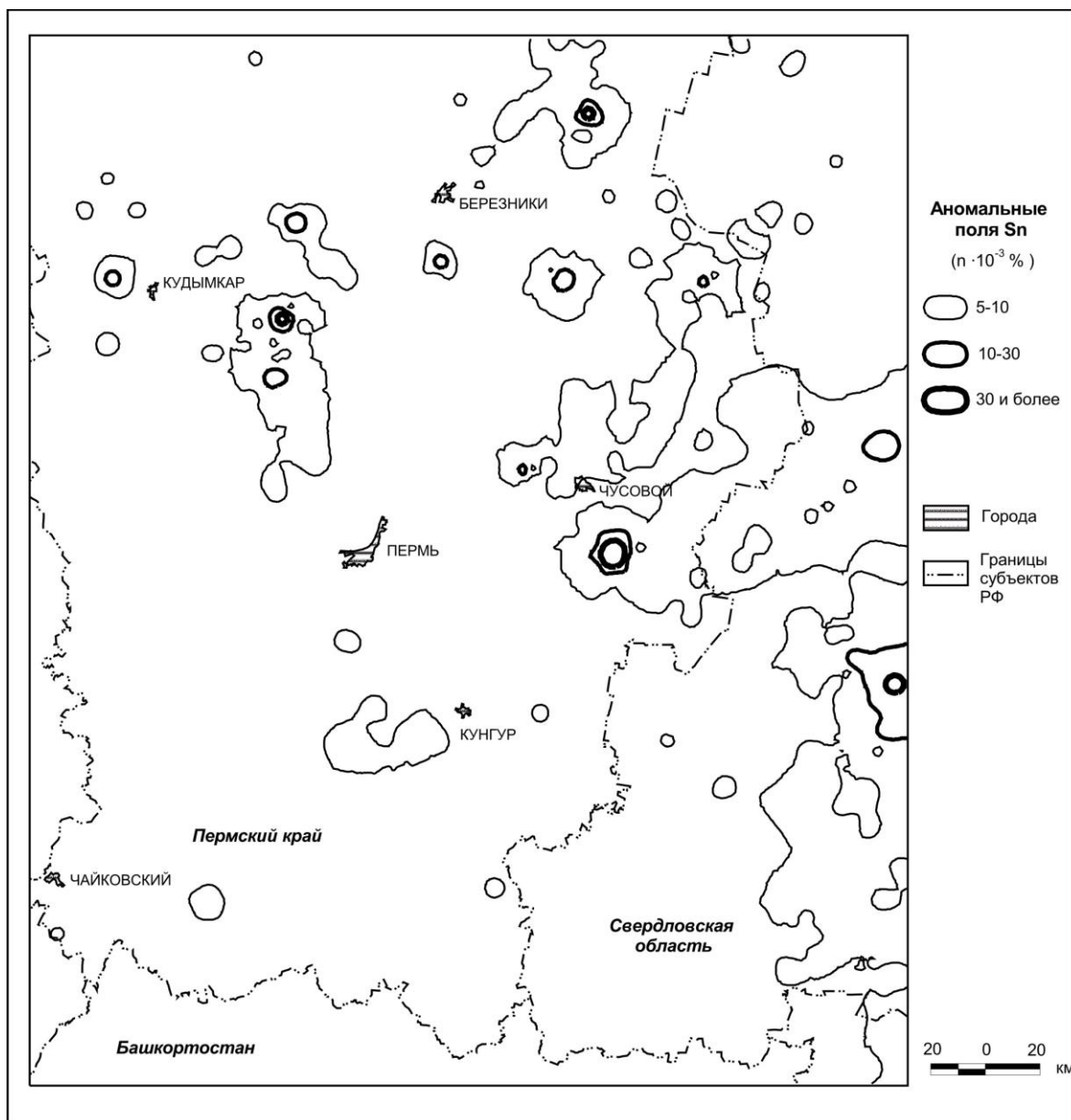


Рис. 14.12. Распределение олова в почвах

Кадмий (Cd)

Кадмий относится к халькофильным элементам, входит в группу особо опасных элементов (1 класс опасности, входит в список 17 наиболее токсичных загрязнителей), и поэтому на его распространение должно обращать особое

внимание. Кларковые содержания кадмия в почвах составляют – $0,05 \cdot 10^{-3}\%$ (по В.И. Виноградову, 1962); в земной коре – $0,05 \cdot 10^{-3}\%$ (по А.Е. Ферсману) и $0,013$ (по В.И. Виноградову). Загрязнение кадмием окружающей среды может происходить воздушным путем либо сточными водами при производстве щелочных аккумуляторов, катодолюминофоров, минеральных красок, при использовании кадмийсодержащих припоев, при кадмировании в гальванике [360].

Кадмий в донных осадках водотоков не зафиксирован. Выполнено определение **Cd** в сухих остатках водных проб по тем же точкам, содержание **Cd** в них от 0,001 до 0,12, в среднем $0,0033 \cdot 10^{-3} \%$. В полях преимущественно низких содержаний **Cd**, отмечены отдельные ореолы с относительно повышенным содержанием его. Наиболее крупные аномальные ореолы расположены в пределах Косвинского аномального по никелю, железу и редким элементам района с центром в районе Кизеловского угольного бассейна и на берегах Воткинского водохранилища.

Содержание **Cd** в почвах составляет 0-13 (до 100), в среднем $0,3 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – 0,0). В южной половине территории **Cd** в почвах не зафиксирован. Выделяется два аномальных района. В первом, картируется крупная аномальная зона в Кизеловском угольном бассейне (по 62 опорным точкам с концентрациями **Cd** $1-13 \cdot 10^{-3} \%$ (10-130 ОДК). В этом районе выделяется еще 10 аномалий **Cd** по 2-13 точкам с концентрациями **Cd** $1-8 \cdot 10^{-3} \%$ (10-80 ОДК). Второй – северо-западный аномальный район включает 8 участков с превышением ПДК, крупнейшие из них два – аномальная зона в районе с. Бачманово (9 точек) и АЗ в районе п. Майкор (8 точек) с концентрациями **Cd** 10-20 ОДК. Основные кадмиевые аномалии совпадают с контурами свинцово-цинковых аномалий и контролируются глубинными разломами.

Галлий (Ga)

Галлий входит в группу халькофильных элементов, относится к группе не лимитируемых элементов и характеризуется слабой подвижностью в большинстве ландшафтов. Содержание **Ga** в донном осадке составляет 0,07-4, в среднем

$1,2 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $1,0 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока содержание **Ga** – от менее $0,1 \cdot 10^{-3}$ до $1,5 \cdot 10^{-3} \%$, среднее лежит в интервале «менее $0,1 \cdot 10^{-3}$ ». Аномальные участки по донному осадку ($3-4 \cdot 10^{-3} \%$) установлены в водотоках в северо-западной, южной и крайне восточной частях изученной территории. На востоке повышенные содержания **Ga**, по-видимому, сопутствуют титаномагнетитовому и медному оруденению; в западной половине они вероятно вызваны колебанием фона в распространенных здесь осадочных комплексах пород.

Содержание **Ga** в почвах составляет $0-5 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $1,2 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $1,3 \cdot 10^{-3} \%$), что ниже кларка Ga в почвах по Л.Н. Овчинникову ($2,3 \cdot 10^{-3} \%$) и кларка в земной коре ($1,9 \cdot 10^{-3} \%$ – по А.П. Виноградову) (рис. 14.13).

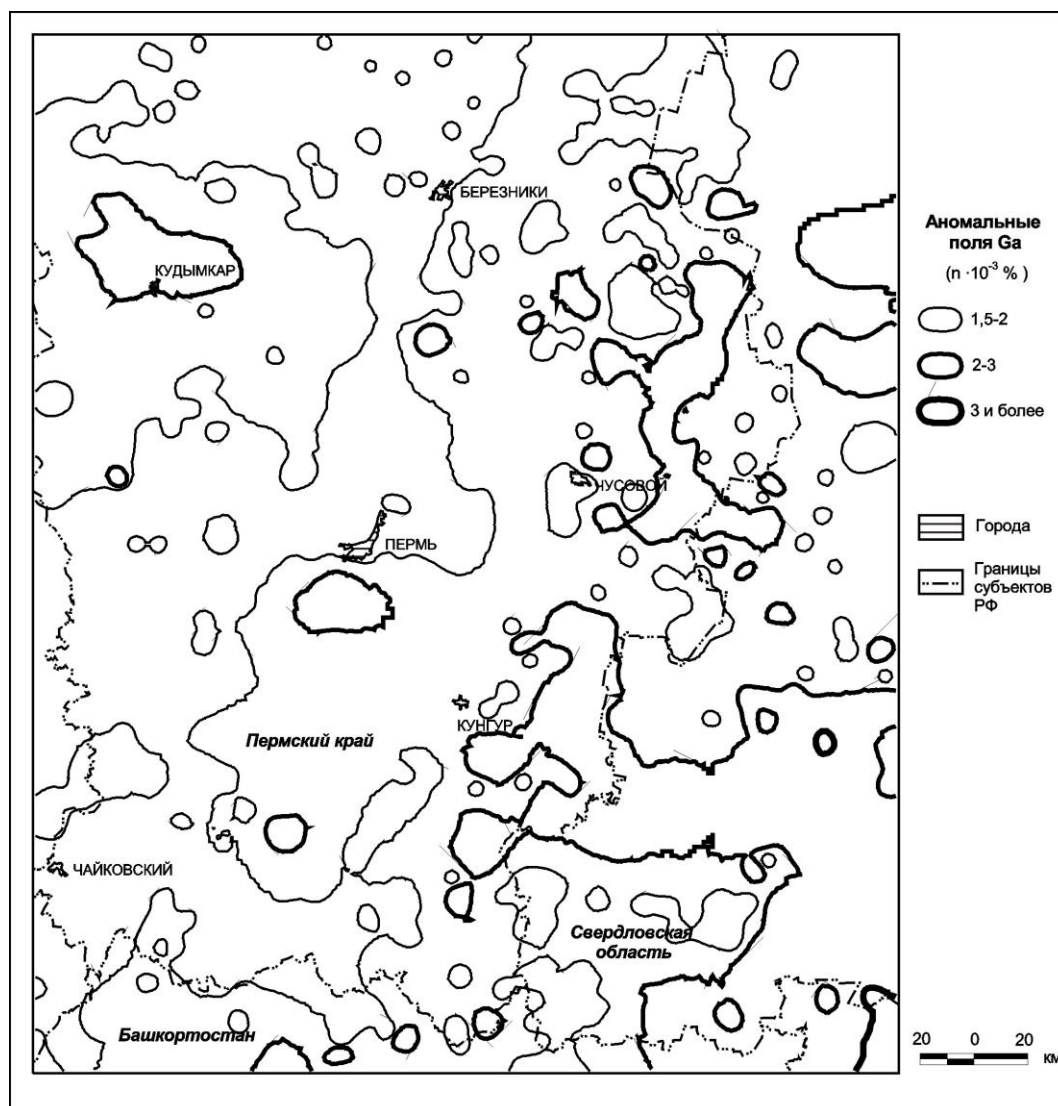


Рис. 14.13. Распределение галлия в почвах

Среднефоновое значение **Ga** в южной половине территории немного выше, чем в северной – соответственно 1,3 и $1,1 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 1,5 и 1,0).

Концентрация аномальных зон (превышающих ПДК) территориально существенно не отличается. В северной половине геохимическое поле более мозаично – аномалии 2-3 ПДК многочисленны, но имеют локальный характер. В южной половине аномалии 2-3 ПДК занимают большие площади, особенно в центральной и юго-восточной части, полностью охватывают Кукуштанский аномальный по меди район.

Ртуть (Hg)

Ртуть относится к халькофильным металлам, является одним из самых токсичных элементов (1 класс опасности, входит в список 17 наиболее токсичных загрязнителей). Она характеризуется высокой миграционной способностью, обладает широким спектром действия, накапливается в растениях, организмах животных и человека. Основными техногенными источниками поступления ртути в ландшафты являются металлургические производства, производства электрических ламп, объекты сжигания углеводородного сырья, предприятия коксования угля. По трансляционному показателю вредности, ПДК ртути в почвах составляет $0,21 \cdot 10^{-3} \%$; поскольку предел обнаружения спектральным анализом $10 \cdot 10^{-3} \%$, ее содержание определялось с помощью атомно-абсорбционного анализа, чувствительность которого $0,02 \cdot 10^{-3} \%$. Содержание **Hg** в донных осадках на территории от 0 до 0,1211, в среднем $0,002 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $0,0017 \cdot 10^{-3} \%$), что в 2 раза выше кларка **Hg** в почвах ($0,001 \cdot 10^{-3} \%$). В почвах (по 1076 определениям) содержание **Hg** от 0,0005 до 0,0672, в среднем $0,0005 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $0,00047 \cdot 10^{-3} \%$) – многие точки значительно превышают кларк, но уровень ПДК не достигают. В поверхностных водах содержание **Hg** составляет $0,0075 \cdot 10^{-3} \text{ мг/дм}^3$, что в 9 раз меньше среднего содержания **Hg** в речном стоке ($0,069 \cdot 10^{-3} \text{ мг/дм}^3$).

Выделяются многочисленные точечные и небольшие аномалии по 1-3 точкам несколько аномальных зон (АЗ) с повышенными содержаниями ртути (рис. 14.14).

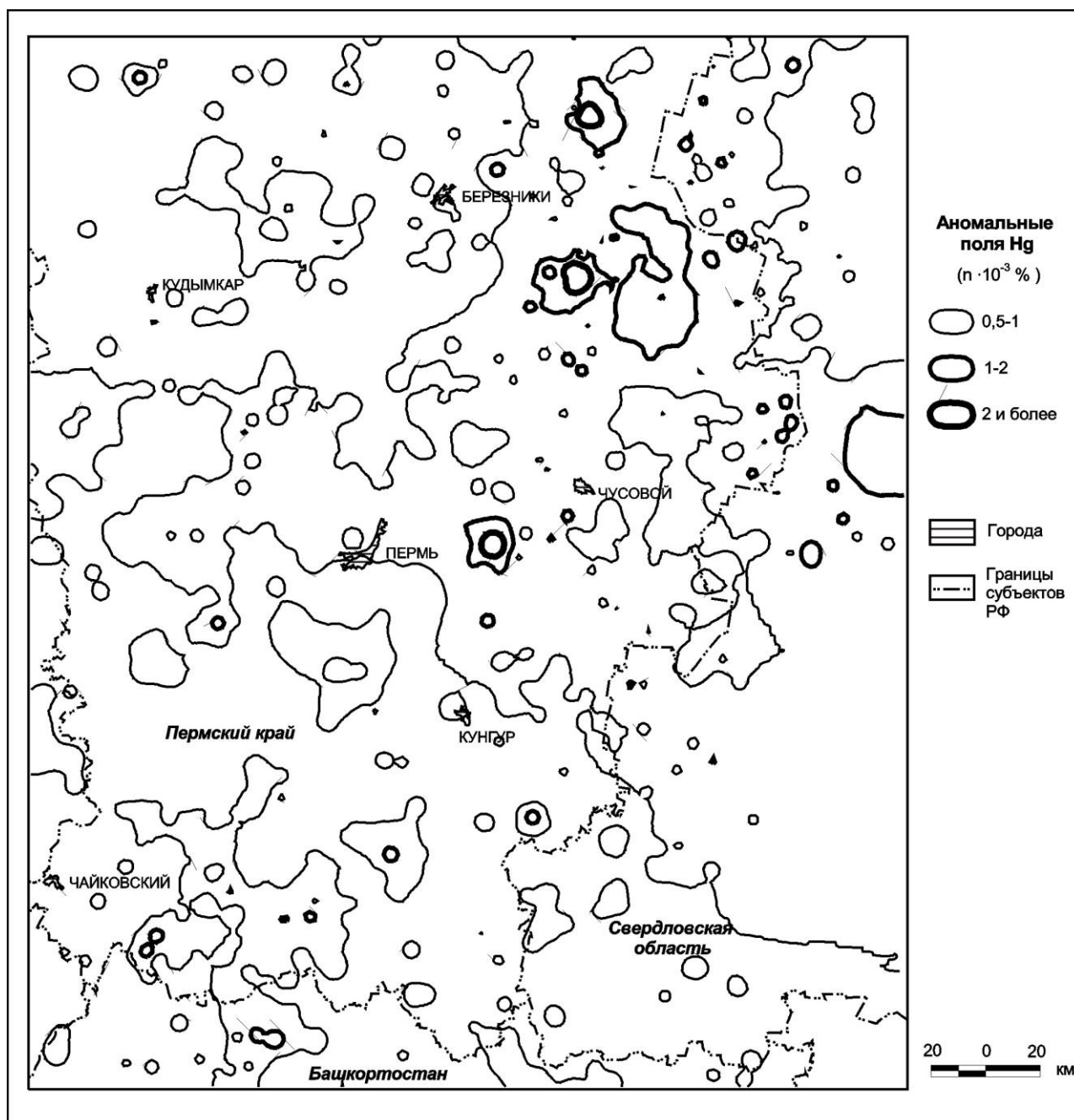


Рис. 14.14. Распределение ртути в почвах

1). Верхнейвинская АЗ в верховье рр. Яйвы, Чикман, Кадь. Картируется в почвах по 7 опорным точкам с содержанием $10,2-13,9 \cdot 10^{-6} \%$ площадью 30 х 30 км.

2). Верхнеусьвинская АЗ – в верховье рр. Усьвы и Косьвы. Это крупнейшая аномалия, площадью 60 х 40 км, картируется в почвах по 30 опорным точкам с содержанием $9,5-13,9 \cdot 10^{-6} \%$.

3). Кизеловско-Губахинская АЗ в районе гг. Кизел, Губахе и по долине р. Косьвы. Максимальные значения по донным осадкам: **Hg** $25 \cdot 10^{-6} \%$ – западнее г. Кизела и $16,6 \cdot 10^{-6} \%$ – в донных осадках Широковского водохранилища. Повышенные содержания **Hg** здесь вероятно связано со сбросом сточных вод промышленных предприятий и шахтных водоотливов в речную сеть. В почвах картируется аномалия по 5 опорным точкам с содержанием $9-67,2 \cdot 10^{-6} \%$ площадью 30 х 30 км.

4). Чусовская АЗ в районе г. Чусовой. Картируется в почвах по 5 опорным точкам с содержанием $9,8-13,9 \cdot 10^{-6} \%$ площадью 30 х 25 км.

5). Верхнекойвинская АЗ в верховье рр. Койвы. Картируется в почвах по 7 опорным точкам с содержанием $9,5-13,9 \cdot 10^{-6} \%$ площадью 15 х 15 км.

6). Юго-Камская АЗ прослеживается прерывисто от г. Перми вниз по р. Каме и нижних течениях ее притоков до юго-западных границ территории. Наибольшие содержания **Hg** в донных осадках до $34,4 \cdot 10^{-6} \%$ на участке р. Сосновы и $31,0 \cdot 10^{-6} \%$ на участке правых притоков нижнего течения р. Сивы. Контур этой АЗ совпадает с областью распространения медистых песчаников.

7). Кудымкарская АЗ прослеживается прерывисто от р. Лопвы до р. Обвы. Западнее п. Юрла, в правом притоке р. Лопвы установлено максимальное содержание в донных осадках **Hg** – $121,1 \cdot 10^{-6} \%$. В нижнем течении р. Иньвы и р. Обвы содержание **Hg** – до $12 \cdot 10^{-6} \%$. Природа этих участков неясна, однако, при геолого-съёмочных работах здесь отмечались находки самородной ртути в шлихах. Также повышенными содержаниями характеризуются донные осадки малых рек в г. Перми (до $11,7 \cdot 10^{-6} \%$), г. Лысьве (до $20,1 \cdot 10^{-6} \%$), п. Верхнечусовские Городки (до $21,1 \cdot 10^{-6} \%$). Несмотря на то, что содержания **Hg** в донных осадках не превышает ПДК, необходимо учитывать ее спо-

способность накапливаться в верхнем слое поверхностных образований и что наиболее опасно – в животных и растительных организмах [189].

14.4. Характеристика и пространственное распределение литофильных элементов

Цирконий (Zr)

Цирконий входит в группу литофильных элементов, относится к группе не лимитируемых элементов. Он характеризуется, как слабоподвижный и инертный водный мигрант [36]. Содержание **Zr** в донном осадке составляет 2-100, в среднем $12,6 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $10 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока среднее содержание **Zr** – $5 \cdot 10^{-3} \%$, максимальное – $30 \cdot 10^{-3} \%$. По сухому остатку (изолиния – $7 \cdot 10^{-3} \%$) выделяется обширный Косьвинско-Чусовской аномальный блок, занимающий площадь около 36 тыс. км² в бассейне рек Косьва, Усьва, Койва, Чусовая и др. В западной части этого блока приурочено большинство выявленных водосборов с аномальным ($30 \cdot 10^{-3} \%$ и более) содержанием **Zr** в донном осадке: Косьва-Чусовское междуречье в нижнем течении р. Косьва выше г. Губаха и район г. Кизел (1,2 тыс. км²), р. Бол. Сурмог (300 км²) и др. Этот аномальный блок охватывает локализованные здесь аномальные районы по бериллию, ниобию, фтору и аномальные участки по другим элементам редкометальной группы. Это предполагает наличие здесь редкометально-флюоритовой металлогенической обстановки, сходной с таковой в расположенной севернее Центральноуральской металлогенической зоне и указывает на геологическое происхождение избытка циркония. В северо-западной части территории, в основном в бассейне р. Коса также установлен участок с аномальным ($30 \cdot 10^{-3} \%$ и более) содержанием **Zr** в донном осадке.

Содержание **Zr** в почвах составляет $0-300 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $38 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $35 \cdot 10^{-3} \%$), что выше кларка **Zr** в почвах ($30 \cdot 10^{-3} \%$) и кларка в земной коре ($17 \cdot 10^{-3} \%$) по А.П. Виноградову. Среднефоновое значение **Zr** в

южной половине территории в 6 раз ниже, чем в северной – соответственно $10,2$ и $65,0 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 10 и 60). Все аномалии выше ПДК и по донному осадку, и по почвам сосредоточены в северо-западной, восточной и северо-восточной частях Пермского края (рис. 14.15).

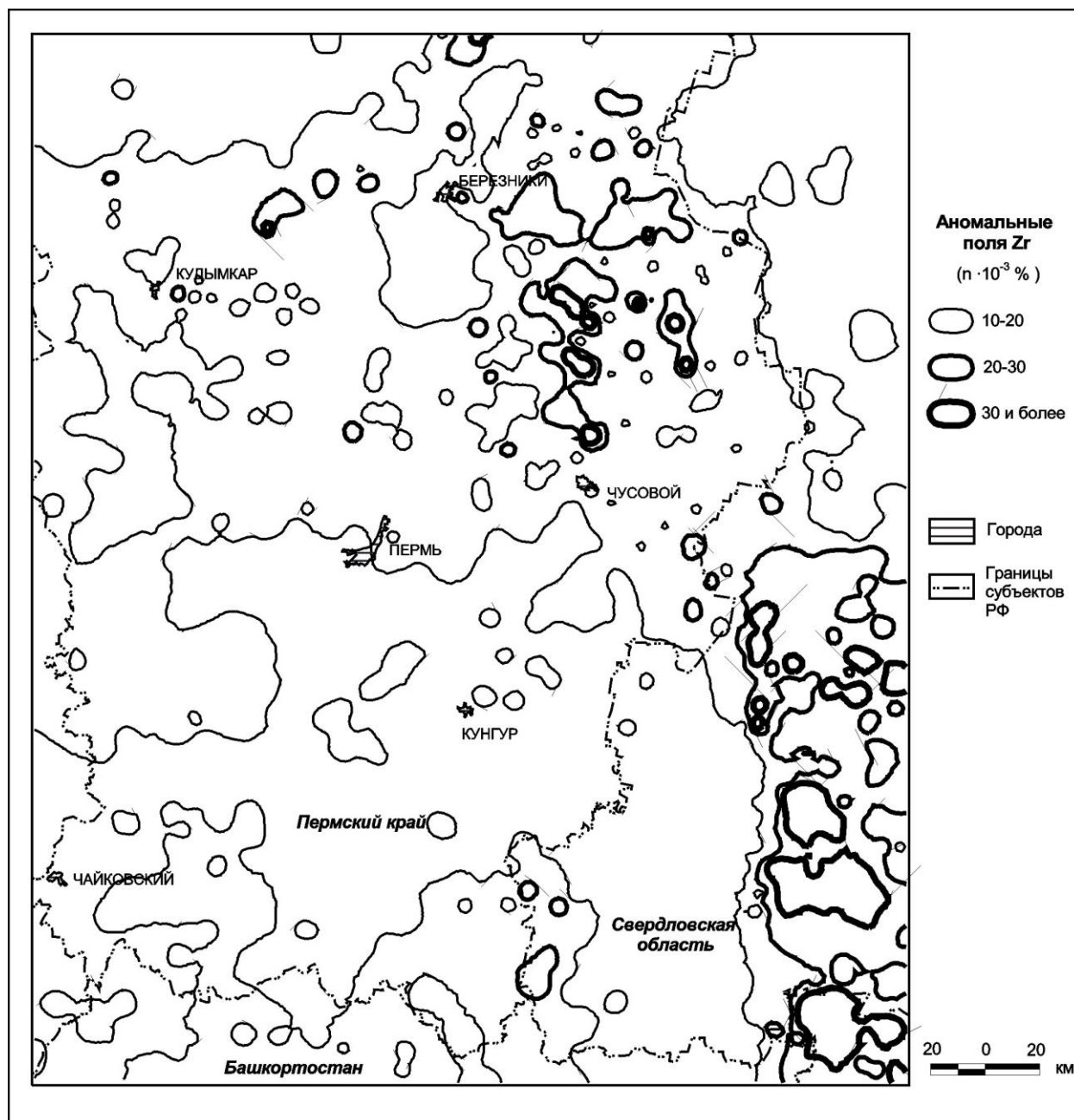


Рис. 14.15. Распределение циркония в почвах

В северной половине территории в почвах фон **Zr** составляет $1,5-2$ ПДК, на этом высоком фоне выделяются аномалии с еще более высоким содержанием 3 и более ПДК – по 6 в северо-западной и северо-восточной частях (карти-

руемые по 4-40 точкам) с точечными значениями до 10 ПДК. Наиболее крупные аномалии установлены в бассейнах рек Коса, Лолог, Иньва, Велва, Чермоз, Глухая Вильва, Яйва и в районе охватывающую промзону от г. Гремячинск до г. Александровск.

Бериллий (Be)

Бериллий входит в группу литофильных элементов, относится к легким металлам и является одним из опаснейших в экологическом отношении элементом (1 класс опасности). Кларковые содержания **Be** в почвах составляют – $0,6 \cdot 10^{-3}\%$, в земной коре – $0,38 \cdot 10^{-3}\%$ (по В.И. Виноградову). Аномалии бериллия среди других элементов редкометальной ассоциации образуют аномальные геохимические районы (узлы) и прослеживаются, в основном, на Южном Урале (Вишневогорский, Карталинский, Джетыгаринский), где аномальные значения бериллия составляют от 6 до 40 г/т. Загрязнение атмосферы, воды и почвы бериллием вызывается, главным образом, сжиганием топлива, выхлопными газами автотранспорта, выбросами отходов промышленных предприятий (Н.С. Глазырина и др., 1998ф).

Содержание бериллия в донном осадке 0,15-0,7, в среднем $0,16 \cdot 10^{-3} \%$; максимальные концентрации **Be** в сухом остатке поверхностного стока составляют $2,0 \cdot 10^{-3} \%$. В восточной части территории выделен Койвинский аномальный по бериллию район площадью около 10 тыс. км². Среднее содержание **Be** в этом районе в сухом остатке превышает $2,0 \cdot 10^{-3} \%$, что в пересчете на породы зоны дренирования с учетом коэффициента водной миграции (0,05) дает значение 0,04 %, а максимальное усредненное содержание достигает рудного уровня – 0,4 %. Это предполагает наличие здесь редкометально-флюоритовой металлогенической обстановки, сходной с таковой в расположенной севернее Центральноуральской металлогенической зоне. В то же время, в западной части района не исключена добавка **Be** в поверхностный сток за счет углей Кизеловского угольного бассейна.

Содержание **Be** в почвах составляет в целом 0-10, в среднем $0,7 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – 0,6), что соответствует кларкам. В южной половине территории установлены крайне низкие значения **Be** в почвах – 0-0,3, в среднем $0,036 \cdot 10^{-3} \%$. В северной половине его содержание составляет 0-10, в среднем $1,3 \cdot 10^{-3} \%$; поэтому, все аномальные участки с превышением ПДК по **Be** установлены – в северо-западной, северной и восточной частях территории. Выделяется около 30 аномальных участков по всей этой территории (рис. 14.16).

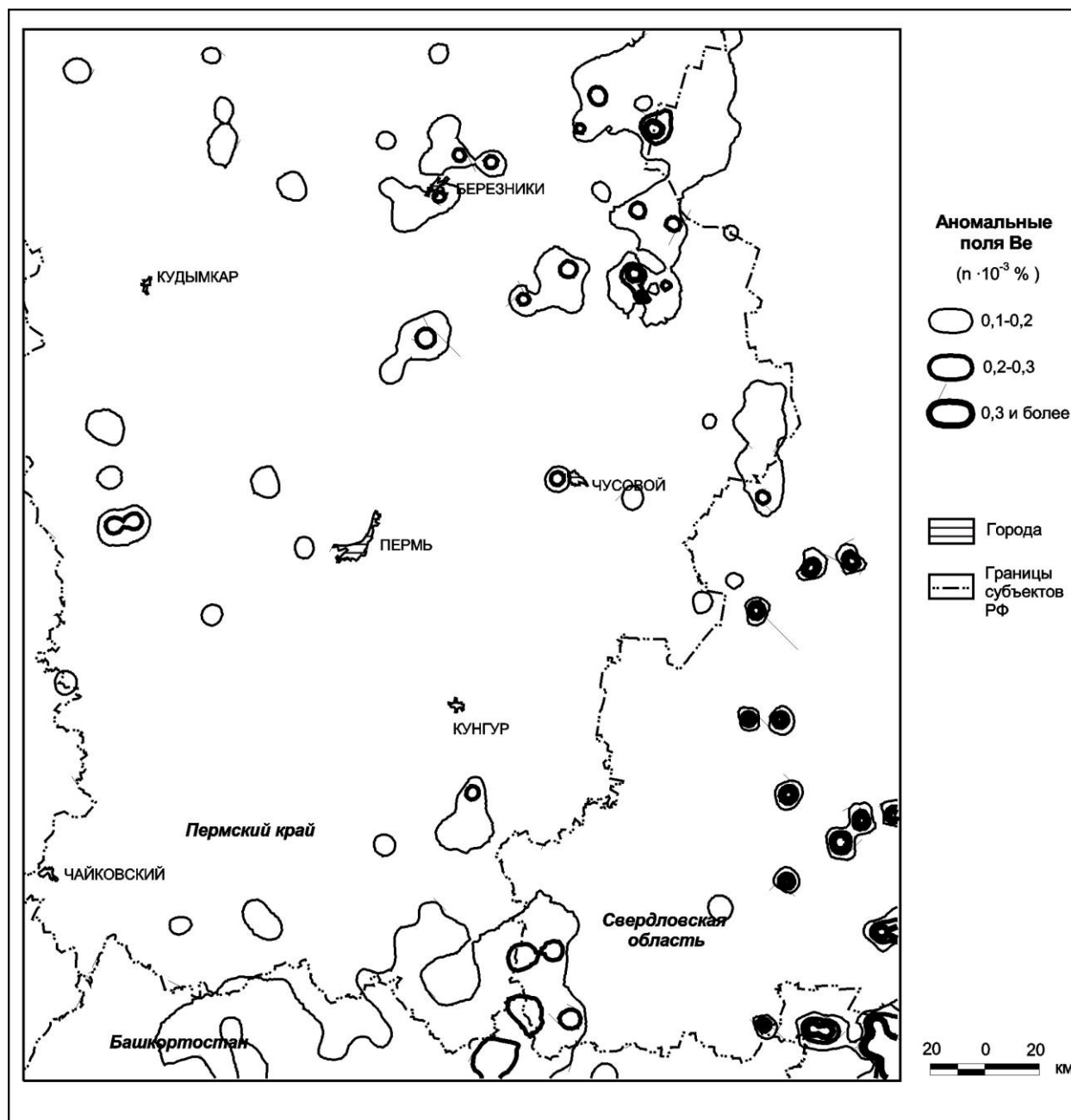


Рис. 14.16. Распределение бериллия в почвах

Закартированы 3 крупные аномальные зоны с площадями по 5-6 тыс. км²: в бассейне рек Иньвы и Чермоза (по 62 опорным точкам с содержанием **Be** 2-8 ПДК); в бассейне рек Усьвы и Косьвы с охватом Кизеловского угольного бассейна (по 85 опорным точкам с содержанием **Be** 2-10 ПДК) и аномальные зоны северо-западного простирания от верховий р. Чусовой до устья р. Косьвы (по 43 опорным точкам с содержанием **Be** 2-6 ПДК). Ряд аномалий может иметь природное происхождение – контролируется структурно-тектоническим фактором и как отмечено выше, в восточной части территории может иметь металлогеническую специализацию (проявление магматизма, наличие углеродистых сланцев, т.е. характеризуется обстановкой характерной к бериллиевому орудуенению). Однако не исключается загрязнение почв техногенным путём, поскольку отмечается приуроченность аномалий к крупным населённым пунктам (где бериллий может поступать за счет сгорания в котельных каменных углей, содержащих **Be**), а также к собственным участкам разработки угольных месторождений.

Барий (Ba)

Барий входит в группу литофильных элементов, относится к малоопасным элементам (3 класс опасности). Содержание **Ba** в донном осадке составляет 15-500, в среднем $21,1 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $20 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока среднее содержание **Ba** $5 \cdot 10^{-3} \%$, при максимальном – $420 \cdot 10^{-3} \%$. В западной части территории выделен обширный Кудымкарско-Янаульский аномальный блок (площадь его по изолинии $50 \cdot 10^{-3} \%$ составляет 52 тыс. км²; при этом суммарная площадь с содержанием $100 \cdot 10^{-3} \%$ и более составляет 25 тыс. км²). Повышенное содержание бария связывается с распространением верхнепермской галечно-песчано-глинистой пестроцветной (маласоидной) формации (медистых песчаников), которая является, вероятно, баритсодержащей, что подтверждается находками барита.

Содержание **Ba** в почвах составляет $0-700 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $33,3 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $30 \cdot 10^{-3} \%$), что ниже кларка **Ba** в почвах ($50 \cdot 10^{-3} \%$), и кларка в

земной коре по А.П. Виноградову ($65 \cdot 10^{-3} \%$). Среднефоновое значение **Ва** в южной половине территории в 2-3 раза ниже, чем в северной – соответственно 16 и $50 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 20 и 40). Поэтому концентрация аномальных участков (превышающих ПДК) наблюдается только в северной половине, но в основном это небольшие и точечные аномалии с содержанием преимущественно 1-1,6 ПДК. Лишь в 3 точках (на западе в районе с. Юксеево и на востоке в 20 км к западу и востоку от г. Кизела содержание достигает 9,6-11,2 ПДК) (рис. 14.17).

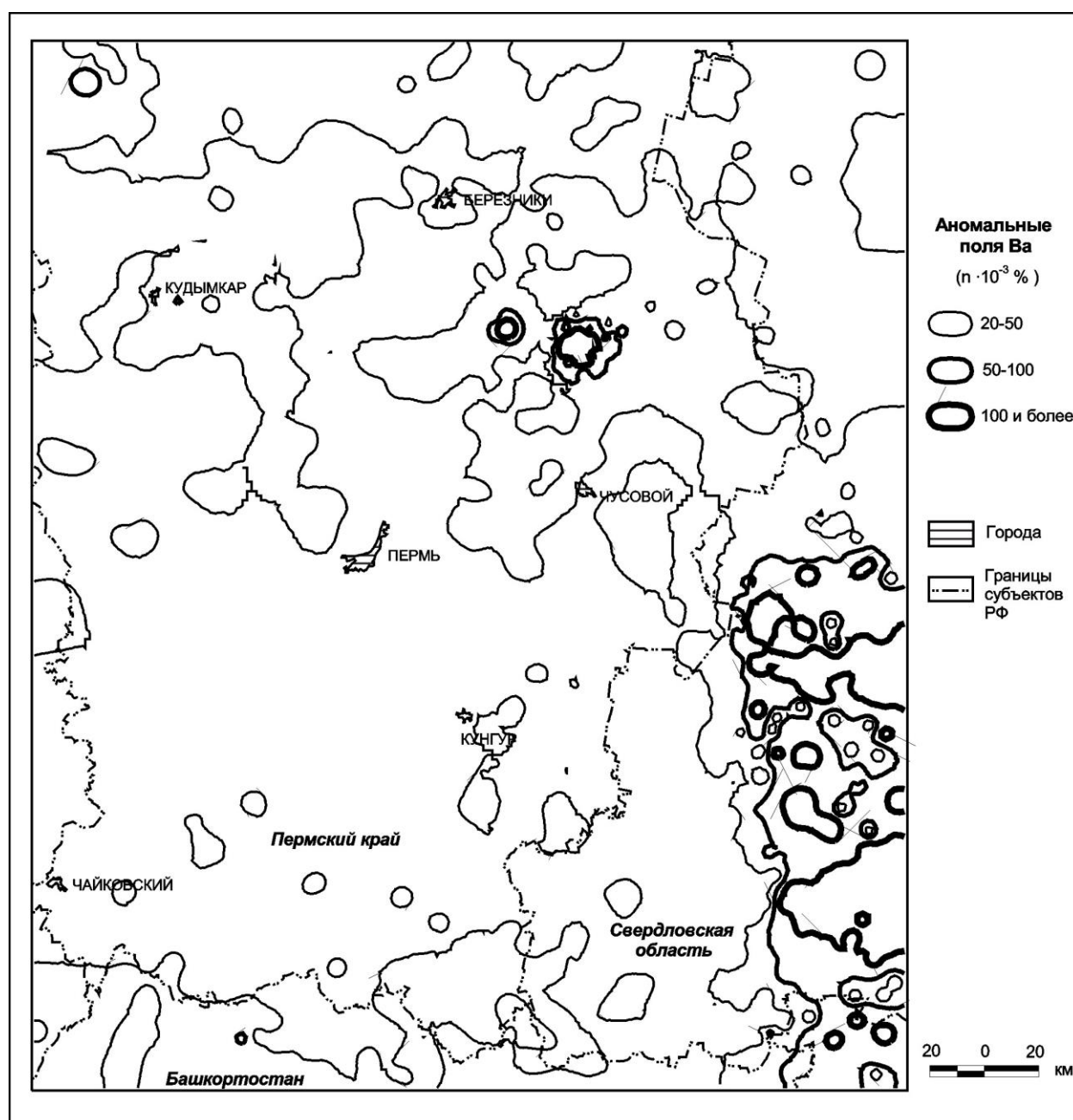


Рис. 14.17. Распределение бария в почвах

Крупнейшая по площади аномалия по Ва (площадь около 1000 км² по 8 опорным точкам с содержанием 1,6 ПДК) закартирована в западной части области в междуречье рр. Коса и Иньва. Содержание бария в почвах г. Перми не очень высокое – от 0 до 100, в среднем $40 \cdot 10^{-3} \%$, что составляет 0,6 ПДК, а по максимальной точке выше его в 1,6 раза, аномалии имеют локальный характер. Это свидетельствует о том, что по барии в почвах нет существенного техногенного загрязнения.

Стронций (Sr)

Стронций входит в группу литофильных элементов, относится к малоопасным элементам (3 класс опасности), обладает хорошей миграционной способностью. Содержание **Sr** в донном осадке составляет 15-100, в среднем $17 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $15 \cdot 10^{-3} \%$); в сухом остатке поверхностного стока содержание Sr очень высокое – от 5 до $1000 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $100 \cdot 10^{-3} \%$. Отмечается крайне высокая степень дифференциации его в сухом остатке при небольших колебаниях в донном осадке. В восточной (горной) части изученной территории содержания **Sr** не превышают $30-40 \cdot 10^{-3} \%$. В западной и южной части на уровне высокого фона по сухому остатку ($70-100 \cdot 10^{-3} \%$) выделяется Кунгурский аномальный блок (площадью около 40 тыс. км² по изолинии $150 \cdot 10^{-3} \%$), охватывающий водосборы рек Сылва, Ирень, Быстрый Танып, Тулва, Шаква, Буй и др. Здесь стронций является спутником кальция, образует собственные минералы типа целестина в общей зоне распространения месторождений гипса, ангидрита, солей и собственно стронциевого оруденения (Мазуевское месторождение стронция, общей площадью около 20 км²) залегающих в породах эвапоритовой, глинисто-карбонатной, известняковой, галечно-песчано-глинистой, регрессивно-параллической геологических формаций нижней перми. В донных осадках лишь в нескольких единичных точках отмечается превышение ПДК в 1-1,7 раз. Высокие содержания **Sr** в водотоках Кунгурского аномального блока, особенно в центральной его части позволяет классифицировать эту террито-

рию, как эндемичную по избыточному содержанию стронция, требует контроля со стороны медицинских служб за частотой заболевания костной системы проживающего здесь населения.

Содержание **Sr** в почвах составляет $0-150 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $8,6 \cdot 10^{-3} \%$ (по медиане – $7 \cdot 10^{-3} \%$), что ниже кларка **Sr** в почвах по Л.Н. Овчинникову ($38 \cdot 10^{-3} \%$) и по Д.П. Малюге ($30 \cdot 10^{-3} \%$) и кларка в земной коре ($30 \cdot 10^{-3} \%$ - по А.П. Виноградову). Среднефоновое значение **Sr** в южной половине территории ниже, чем в северной – соответственно $6,6$ и $10,4 \cdot 10^{-3} \%$ (при медианах 4 и $10 \cdot 10^{-3} \%$) (рис. 14.18).

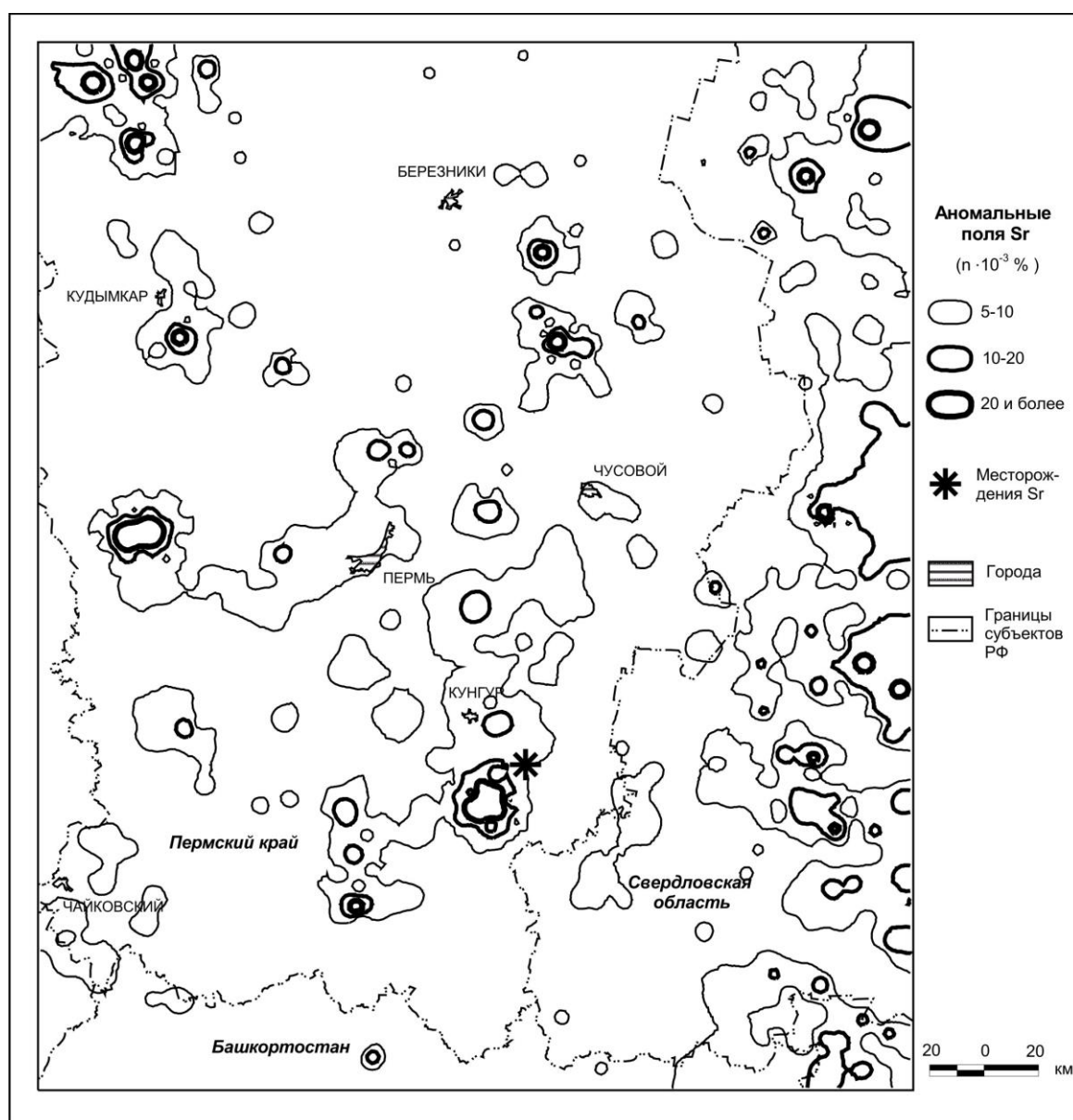


Рис. 14.18. Распределение стронция в почвах

Поэтому южная половина характеризуется очень низким фоном Sr в почвах ($3-6 \cdot 10^{-3} \%$); очень редко отмечаются небольшие повышения до $10-30 \cdot 10^{-3} \%$ и таким образом Кунгурский аномальный блок (выделенный по сухому остатку водотоков), в почвах не находит отражения. Мазуевское стронцевое месторождение (по опорным точкам), в почвах также не нашло отражения. Однако, в 25 км к юго-западу от с. Мазуевка установлено самое высокое на рассматриваемой территории содержание Sr – $150 \cdot 10^{-3} \%$ (2,5 ПДК). В северной половине фон Sr выше в 1,5-2 раза, чем в южной части, но в целом также невысокий. Установлена также одна точка с превышением ПДК (в 10 км юго-западнее с. Юкseeво – 1,7 ПДК).

Фосфор (P)

Фосфор входит в группу литофильных элементов, в экологическом отношении, он входит в группу высокоопасных элементов (1 класс опасности). Наиболее опасными являются искусственные формы и соединения фосфора. Фосфор относится к группе слабо подвижных водных мигрантов [340]. Природа аномалий фосфора может быть различной: от явно техногенной в крупных городах и на отдельных площадях с интенсивной сельскохозяйственной нагрузкой (за счет нерационального внесения удобрений) до естественной, связанной с фосфоритами, месторождения которых на платформенной части известны в отложениях палеозойского и мезозойского возрастов (Бобровское и др.). В природных условиях известны 3 аллотропных модификаций фосфора, существенно различающихся в экологическом отношении – белый P (минеральный) характеризуется высокой химической активностью, обладает свойством самовоспламеняться в воздухе; красный P (биогенный) не ядовит, не воспламеняется, является активным компонентом биогеохимического круговорота; черный P (техногенный, полученный искусственным путем) [36].

Кларковые содержания фосфора по разным авторам различные: в почвах составляют – $80 \cdot 10^{-3} \%$ (по А.П. Виноградову) и $73 \cdot 10^{-3} \%$ (по Л.Н. Овчинникову); в земной коре – $93 \cdot 10^{-3} \%$ (по В.И. Виноградову) и $120 \cdot 10^{-3} \%$

3% (по А.Е. Ферсману). По донным осадкам среднее значение фосфора лежит в интервале «менее $30 \cdot 10^{-3} \%$ », максимальное – $50 \cdot 10^{-3} \%$. Большинство аномалий расположено в восточной (горной) изученной части территории, в районе рек Чусовой, Косьвы, Лысьвы, а также р. Косы на западе территории. Аномалии фосфора в водах мелких водотоков отмечалось ранее – в бассейне среднего течения р. Чусовой, в притоках р. Камы в пределах гг. Перми и Соликамска.

Характеристика фосфора в почвах очень неоднозначная. Содержание его в целом колеблется в широких пределах – от 0 до $3000 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $66 \cdot 10^{-3} \%$ (определены 2 медианы – 0 и $100 \cdot 10^{-3} \%$) (рис. 14.19).

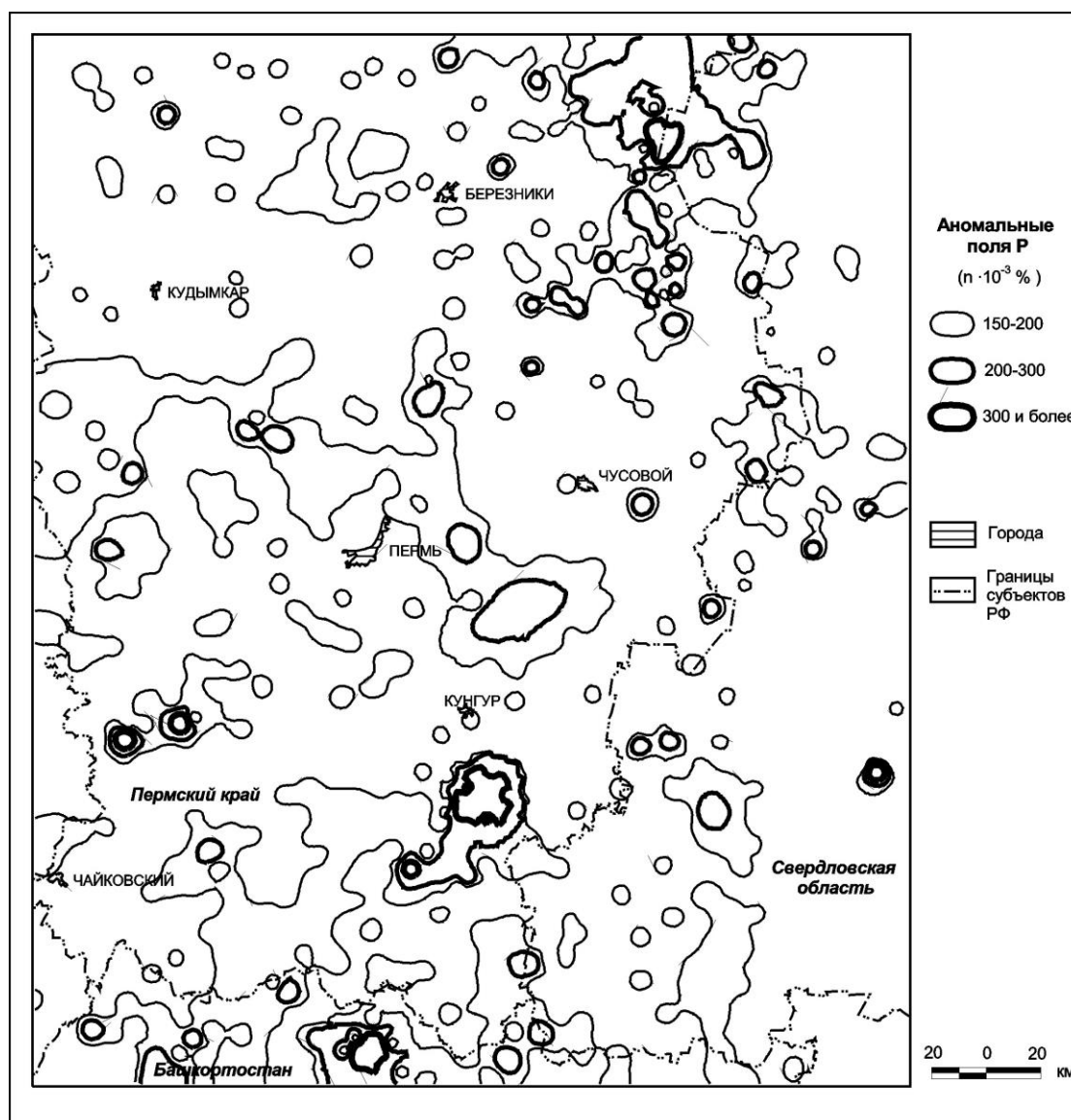


Рис. 14.19. Распределение фосфора в почвах

В южной половине территории его содержание $0-6000 \cdot 10^{-3} \%$, в среднем $135,5 \cdot 10^{-3} \%$ (при медиане – $100 \cdot 10^{-3} \%$); в северной половине территории содержание фосфора значительно меньше – от 0 до $70 \cdot 10^{-3} \%$. В северной части аномальными являются редкие отдельные точки. Все аномалии по фосфору расположены в южной половине территории и всю эту огромную территорию только по одному этому показателю можно отнести к зоне экологического бедствия (фон – 5 и более ПДК). На фоне высоких значений фосфора выделяются обширные аномалии (особенно на юге) с еще более высоким содержанием фосфора – до 10-20, на правом берегу Воткинского водохранилища 2 точки с содержанием фосфора – до 25; а южнее с. Орда установлено максимальное содержание – 150 ПДК [161, 189].

14.5. Корреляционный и факторный анализ структуры геохимических полей

Для анализа генетических особенностей и структуры геохимических полей применялись методы математической статистики – факторный и корреляционный анализы, системный анализ геохимических данных, основанный на установлении пространственных визуальных и статистических связей выделенных геохимических полей между собой, геологическими, структурно-тектоническими условиями площади и техногенными объектами – потенциальными источниками загрязнения геологической среды.

Для определения влияния факторов на распределение микроэлементов и установления связей между группами микроэлементов, пробы почв были распределены на совокупности по литологии, гипсометрии, ландшафтам. Вероятно в силу того, что пробы отбирались с учётом условий однородной среды (преимущественно невысокий рельеф, преимущественно песчано-глинистый тип почв), эти факторы не оказали существенного влияния на распределение эле-

ментов (каких-либо существенных корреляционных связей не выявлено).

Корреляционный анализ проведен по нескольким выборкам, характеризующим разные территориальные части Пермского края: общей по всем пробам северной половины края; отдельно – восточной части (Предуральский краевой прогиб и Западный Урал), северо-западной части (платформенная часть) и в последней выделен Кудымкарский район (с использованием дополнительных точек до уровня масштаба 1:200 000) и по южной половине Пермского края. Коэффициенты парной корреляции (Кпк) по 27 элементам показывают различные связи между ними.

Анализ общей выборки проб северной половины края (891 точка), показывает на очень сильную дифференцированность общего геохимического поля микроэлементов (что также хорошо видно в их площадном распределении). Об этом свидетельствуют преимущественно слабые корреляционные связи между элементами, вероятно в силу их различной природы, и действия различных факторов, действующих с различной интенсивностью на этой большой территории. В этой общей выборке по коэффициентам парной корреляции (табл. 14.2) установлены 4 группы элементов со значительными положительными связями между собой: Pb-Ag (имеют самый высокий Кпк =0,97); Cu-Sn- Zn (Кпк =0,4-0,7); Cu-Sn-W (Кпк =0,5-0,7); Zn- Cd (Кпк =0,7). Ti очень слабо коррелирует с Co, Zr, Nb, Be, Y, Sc. Mn очень слабо коррелирует с Pb и Ag. Cr слабо коррелирует с W и Nb. Практически не коррелируется ни с кем Ba.

В выборке охватывающей пробы северо-западной части Пермского края установлены тоже 4 группы элементов, но с меньшими положительными связями между собой: Pb-Ag (Кпк =0,8); Cu-Sn (Кпк =0,4); Ti-Co (Кпк =0,4); Mn-Sr (Кпк =0,4). Zn очень слабо коррелирует с Cd, Ni, Co. В выборке по Кудымкарскому району (260 точек) установлены 3 группы элементов с положительными связями между собой: Pb-Zn-Sn-Ag-Cd (особенно высокие связи 0,7-0,9 в подгруппе Pb-Sn-Ag); Ni-Co (Кпк =0,6); Ti-Zr-Nb (Кпк =0,4-0,5). Cu имеет слабую связь с Ga, Ni, Co, Cr, Ba. Практически не коррелируется ни с кем Mn [202].

Таблица 14.2

Корреляционная матрица микроэлементов в почвах Пермского края

	Mn	Ni	Co	V	Ti	Cr	Zr	W	Mo	Cu	Zn	Pb	Sn	Ag	Cd	P	Be	Ba	Ge	Ga	Pt	Y	Hf	Sr	Li	Sc
Mn	1																									
Ni	0,06	1																								
Co	-0,01	0,15	1																							
V	0,07	0,05	0,07	1																						
Ti	-0,07	0,09	0,35	0,13	1																					
Cr	-0,02	0,05	0,19	0,16	0,18	1																				
Zr	0,06	0,04	0,25	0,02	0,30	0,21	1																			
W	0,01	0,00	0,02	-0,01	-0,01	0,34	0,00	1																		
Mo	0,04	-0,02	0,04	0,00	-0,05	0,02	0,01	-0,01	1																	
Cu	-0,02	0,05	0,13	0,02	0,08	0,20	0,13	0,51	-0,05	1																
Zn	-0,04	0,02	0,23	0,03	0,18	0,11	0,17	0,09	-0,06	0,36	1															
Pb	0,23	0,00	0,10	0,01	0,09	0,04	0,05	0,02	-0,03	0,08	0,07	1														
Sn	0,00	0,05	0,15	0,04	0,16	0,25	0,09	0,49	-0,06	0,71	0,40	0,17	1													
Ag	0,22	-0,01	0,10	0,01	0,08	0,03	0,03	0,01	-0,02	0,08	0,08	0,98	0,20	1												
Cd	-0,10	0,05	0,26	0,06	0,17	0,11	0,24	0,04	-0,22	0,27	0,66	0,10	0,32	0,09	1											
P	-0,03	-0,01	-0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,02	1										
Be	-0,15	0,09	0,36	0,08	0,29	0,15	0,08	0,01	-0,03	0,07	0,12	0,10	0,11	0,08	0,19	0,03	1									
Ba	0,03	0,00	0,06	0,00	0,01	0,03	0,04	0,01	-0,05	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,09	-0,02	0,12	1								
Ge	-0,07	0,08	0,17	0,06	0,13	0,10	0,17	0,00	-0,02	0,05	0,07	0,01	0,05	0,01	0,10	-0,02	0,14	-0,09	1							
Ga	-0,02	0,06	0,39	0,08	0,29	0,11	0,33	-0,01	-0,07	0,16	0,24	0,04	0,13	0,02	0,30	-0,01	0,23	0,16	0,18	1						
Pt	-0,02	-0,02	-0,05	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	-0,03	0,00	-0,04	-0,03	0,00	-0,07	1					
Y	-0,11	0,09	0,21	0,04	0,29	0,15	0,16	0,01	0,00	-0,02	0,09	0,02	0,06	0,00	0,14	0,03	0,31	0,02	0,10	0,20	-0,09	1				
Hf	-0,02	-0,02	-0,05	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	-0,03	0,00	-0,04	-0,03	0,00	-0,07	1,00	-0,09	1			
Sr	0,19	-0,01	0,06	-0,01	0,02	-0,06	0,05	0,00	-0,04	0,04	-0,02	0,00	0,00	-0,01	-0,03	0,02	-0,03	0,02	-0,09	0,05	-0,10	-0,08	-0,10	1		
Li	-0,02	0,02	0,07	0,01	0,13	-0,03	0,00	-0,01	-0,09	-0,02	-0,01	0,16	0,02	0,15	0,01	0,08	0,03	0,11	0,03	0,08	-0,01	0,01	-0,01	0,02	1	
Sc	-0,14	0,10	0,26	0,11	0,32	0,09	0,16	0,00	-0,08	0,08	0,06	0,04	0,07	0,02	0,16	0,02	0,42	0,10	0,09	0,24	-0,04	0,28	-0,04	-0,02	0,07	1
Nb	-0,14	0,32	0,17	0,13	0,28	0,27	0,31	0,07	-0,03	0,12	0,13	0,05	0,16	0,02	0,27	-0,01	0,23	0,02	0,11	0,22	-0,06	0,21	-0,06	-0,05	-0,03	0,29

В выборке охватывающей пробы восточной части Пермского края установлены 4 группы элементов со значительными положительными связями между собой: Pb-Ag-Mn (Кпк =0,5-0,99; практически абсолютно связаны между собой Pb и Ag); Cu-Sn-W-Cr (Кпк =0,4-0,8); Cu-Sn-Zn (Кпк =0,4-0,8); Ni-Co (Кпк =0,5).

В выборке охватывающей пробы южной половины Пермского края (839 точки), установлено 6 групп элементов со значительными положительными связями между собой: Pb-Zn-Mn (Кпк =0,5-0,6); Pb-Sn (Кпк =0,6); Ni-Co-Cr (Кпк =0,4-0,8); Ti-Zr-Nb (Кпк =0,4-0,5); Sr-P-Ce (Кпк =0,5-0,7); Be-Y-Yb (Кпк =0,5-0,8). Pb и Ag слабо коррелируются между собой (Кпк =0,2) в отличие от северных территорий. Практически не коррелируются ни с кем Ba и Mo, также как и на севере края.

Факторным анализом микроэлементов в почвах (32 переменных по пробам северо-западной части края за пределами промзон) выделено 5 главных факторов, охватывающих 70% общей дисперсии. Матрицы факторных нагрузок показывают на вклад каждого фактора в факторные нагрузки показателей. Зна-

чение факторов можно проинтерпретировать следующим образом. Фактор 1 вносит самый большой вклад в суммарную дисперсию, характеризует накопление в почвах – Pb, Ni, Co, Ti, Zn, Be, Nb, и в низшей степени – V, Cr, Zr, Cu, Ba, Y. Данный фактор можно проинтерпретировать, как «структурно-тектонический» (многие точки этого фактора приурочены к зонам тектонических нарушений или пространственно совпадают с локальными положительными структурами). Фактор 5 обусловлен главным образом фосфором, также имеет небольшие положительные нагрузки на Mo, Cu, Pb, Sn, Ba, Zn. Интерпретируется, как «техногенный» (точки тяготеют к загрязненным участкам, населенным пунктам, сельскохозяйственным угодьям). Факторы 2 (V, Mo, Sc, Be.), 3 (Cr, Zr, Cu, Ge, Ga.) и 4 (Mn, Ni, Co, Cr, Cu.) интерпретируются сложно – имеют меньшие нагрузки на элементы, обусловлены, вероятно, специфической специализацией блоков земной коры, не исключается антропогенное влияние. Все перечисленные факторы определены условно, в силу большой условности факторного анализа данной выборки, однако их необходимо учитывать [176].

14.6. Комплексные литогеохимические аномальные зоны

В результате обработки литогеохимических данных, в почвах Западного Урала и Приуралья установлено большое количество различных аномалий. Многие из них имеют небольшую площадь или зафиксированы по отдельным точкам, другие содержат обширные поля с превышением фона. Коррелируемость аномальных полей также различна. Одни аномалии изолированы, другие создают комплексные аномальные зоны и участки. В пространственном отношении основные аномалии сгруппированы в 21 комплексных литогеохимических аномальных зон (АЗ). В пределах этих аномалий установлено 20 микро-элементов с превышением ПДК или ОДК (Pb, Zn, Cd, Be, P, As, Ni, Co, Cr, Mo, Cu, Sb, Mn, V, Ba, Sr, Sn, Ti, Zr, Ga). Поэтому эти зоны также являются эколого-геохимическими [176].

По степени площадного распространения в контурах аномальных зон элементы условно разделены на следующие группы: элементы площадного очень широкого распространения (с распространением более 70%); элементы площадного распространения (50-70%); 30-50% – элементы площадного распространения; элементы локального распространения (10-30%); элементы точечного распространения (менее 10%). Пространственное размещение комплексных литогеохимических аномальных зон показано на рис. 14.20 [176]. В таблице 14.3. приводится их общая характеристика с элементами площадного и локального распространения.

1). Косинская АЗ с площадью 2579 км², расположена на северо-западе Пермского края в бассейне р. Косы (в пределах листов О-40-I, II), в пределах Камского свода. Практически полностью совпадает с одноименной геодинамической активной зоной выделенной по морфонеотектоническим показателям, а в южной части – по аэрокосмогеологическим исследованиям [165]. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Mn (1-6,7 ПДК, 50% площади АЗ), Cu (1-9,1 ПДК, 50% площади АЗ), Pb (1-3,3 ПДК, 50% площади АЗ), Cr (1-3,9 ПДК, 50% площади АЗ), Ti (1-1,4 ПДК, 50% площади АЗ), Ga (1-3,0 ПДК, 40% площади АЗ), Zn (1-2,7 ПДК, 30% площади АЗ), Cd (10 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Ni (1-26,3 ПДК, 20% площади АЗ), Ba (1-9,6 ПДК, 10% площади АЗ), Co (1,2 ПДК, 3% площади АЗ), V (4,0 ПДК, 3% площади АЗ), Sr (1,7 ПДК, 3% площади АЗ).

2). Иньвинская АЗ с площадью 3817 км², расположена в западной части Пермского края в бассейне р. Иньвы (в пределах листов О-40-VII, VIII). В структурно-тектоническом отношении находится в южной части Камского свода и северной части Верхнекамской впадины с пересечением трех валов – Кочевского, Кудымкарского и Воскресенского. В центральной, южной частях картирована Иньвинская, в восточной части Кондасская геодинамические активные зоны.

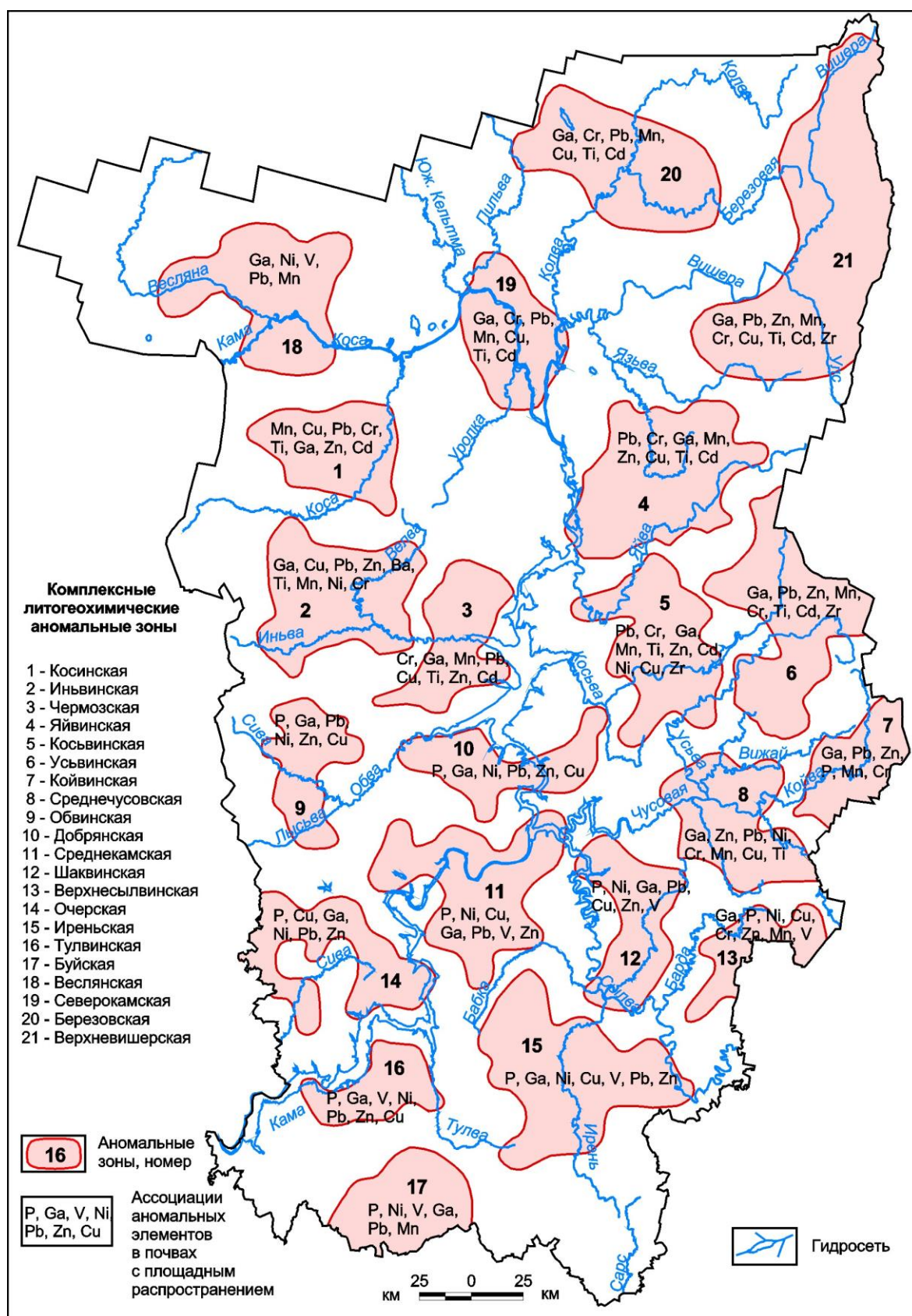


Рис. 14.20. Комплексные литогеохимические аномальные зоны Пермского Урала и Приуралья [176 с изменением]

Характеристика комплексных эколого-литогеохимических
аномальных зон [189]

Аномальная зона	Местоположение	Пло- щадь, км ²	Элементы (в скобках - уровень ПДК)	
			площадного распространения	локального распространения
1. Косинская	Бассейн р.Косы	2579	Mn (1-6,7), Cu (1-9,1), Pb (1-3,3), Cr (1-3,9), Ti (1-1,4), Ga (1-3), Zn (1-2,7), Cd (10)	Ni (1-26,3), Ba (1-9,6), Co (1,2), V (4,0), Sr (1,7)
2. Иньвинская	Бассейн р. Иньвы	3817	Ga (1-3), Cu (1-4,5), Pb (1-13,3), Zn (14,5), Mn (1-2), Ni (1-1,8), Ba (1- 1,6), Ti (1-2,0), Cr (1- 1,8)	Cd (10-30), P (3,5)
3. Чермозская	Бассейн р. Чермоза, низовье р.Иньвы	2336	Cr (1-1,8), Ga (1-2), Mn (1-6), Pb (1-5), Cu (1- 22,7), Ti (1-2), Zn (1- 3,6), Cd (10,0)	Ni (1-1,3), Sn (1,0)
4. Яйвинская	Бассейн рр. Яйвы, Глухой Вильвы	4667	Pb (1-133,3), Ga (1-2), Zn (1-4,5), Cu (1-30,3), Mn (1-6,7), Ti (1-1,4), Cd (10-130)	Cr (1-3,9), Ni (1,0), P (3,5), Ba (1-2,4)
5. Косьвинская	Бассейн р.Косьвы в среднем течении, низовье р.Яйвы	3486	Pb (1-6,7), Cr (1-2,6), Ga (1-2), Mn (1-6), Ti (1- 1,8), Zn (1,46,4), Cd (10-80), Ni (1-1,5), Cu (1-10,6), Zr (1-1,7)	Ba (1-1,5)
6. Усьвинская	Бассейн верховьев рр. Усьвы и Косьвы	4164	Ga (1-3), Pb (1-6,7), Zn (1,4-4,5), Cr (1-18,7), Mn (1-2,7), Cd (10-80), Ti (1-1,4), Zr (1-1,3)	Cu (1-24,3), Ba (1-3,2), P (10-15), Ni (1-1,3), V (1,0), Sn (3,3)
7. Койвинская	Бассейн р. Койвы в верхнем и среднем течении	1768	Ga (1-3), Pb (1-6,7), Zn (1,4-2,7), P (15), Mn (1-4), Cr (1-26,3)	Cu (1-4,5), Ba (1-3,2), Ti (1-1,4), V (2,0)
8. Среднечусовская	Бассейн р. Чусовой, среднее течение р.Лысьвы	3007	Ga (1-3), Zn (1-9,1), Pb (1-3,3), Ni (1-1,5), Cr (1-5,3), Mn (1-2,7), Cu (1-9,1), Ti (1-2)	Cd (10-30), V (1-4,7), Ba (1-1,6), Zr (1-2)
9.Обвинская	Бассейн р. Обвы в верховье, рр. Сивы и Лысьвы	1916	P (5-15), Ga (1-3), Pb (1-1,3), Ni (1-1,5), Zn (1,4-1,8), Cu (1-1,5)	V (1-1,3), Mn (1,0), Sr (1,0)
10.Добрянская	Бассейн рр. Добрянки, Гаревая, Ласьва, низовье р.Обвы	2219	P (5-15), Ga (1-1,5), Ni (1-1,5), Pb (1-1,3), Zn (1,4-1,8), Cu (1-1,5)	V (1-1,3), Mn (1-1,3)

Аномальная зона	Местоположение	Пло- щадь, км ²	Элементы (в скобках - уровень ПДК)	
			площадного распространения	локального распространения
11. Среднекамская	Бассейн р.Камы на участке от устья р.Чусовой до устья р.Нытвы	3980	P (5-10), Ni (1-250), Cu (1-105), Ga (1-3,0), Pb (1-1000), V (1-1,3), Zn (1,4-27,3)	Mn (1-3,3), Cr (1- 23,7), Mo (1-100), Ba (1,6), Ti (1-2), Cd (10-1000), Co (1-400), Sn (3,3)
12. Шаквинская	Бассейн рр. Шаквы, Кутамыш	2437	P (5-15), Ni (1,5), Ga (1- 3), Pb (1-1,7), Cu (1-1,5), Zn (1,4-2,7), V (1-1,3)	Mn (1-2,0), Mo (1-3)
13.Верхнесылвинская	Бассейн рр. Сылвы, Барда	1357	Ga (1-3), P (5-10), Ni (1-2,3), Cu (1-1,4), Cr (1-1,6), Zn (1-3,6), Mn (1-1,3), V (1,0)	Pb (1-3,3), Ti (1-2,0)
14. Очерская	Бассейн рр. Очера, Сивы	2837	P (5-25), Cu (1-1,5), Ga (1-2), Ni (1-1,3), Pb (1,0), Zn (1,4-1,8)	Mn (1,0)
15. Иреньская	Среднее течение р. Сылвы, бассейн р. Ирень	4889	P (5-150), Ga (1-3), Ni (1-2,5), Cu (1-3), V (1-1,3), Pb (1-1,3), Zn (1,4-9,1)	Mn (1-2,0), Mo (2,0), Sr (2,5)
16.Тулвинская	Левобережье Воткинского водохранилища, правобережье р. Тулвы	1527	P (5-10), Ga (1-2), V (1-1,3), Ni (1-3,8), Pb (1-1,3), Zn (1,4-1,8), Cu (1-1,5)	Mn (1,0)
17. Буйская	Бассейн верхнего и среднего течения р. Буй	2377	P (5-10), Ni (1-2,5), V (1-1,3), Ga (1-2), Pb (1,0), Mn (1-2)	Cu (1-1,5), Zn (1,4- 1,8), Ti (1,0)
18. Веслянская	Нижнее и среднее течение р.Весляны	4042	Ga (1-2), Ni (1-2), V (1-2), Pb (1-1,5), Mn (1-3)	Ni (1-3), Ba (1-3), P (1-5)
19. Северокамская	Бассейн р.Камы на участке от устья р.Пильвы до устья р.Вишеры	2632	Ga (1-2), Cr (1-1,6), Pb (1-1,5), Mn (1-3), Cu (1-3), Ti (1-2), Cd (1-10)	P (1-5), V (1-1,3), Ni (1-3)
20. Березовская	Бассейн среднего течения р.Колвы, нижнего и среднего течения р.Березовой	4265	Ga (1-2), Cr (1-2), Pb (1-1,5), Mn (1-3), Cu (1-3), Ti (1-2), Cd (1-10)	P (1-5), V (1-1,3), Ni (1-3)
21. Верхневишерская	Бассейн верхнего и среднего течения р.Вишеры	7991	Ga (1-2), Pb (1-1,5), Zn (1-2), Mn (1-3), Cr (1-2), Cu (1-3), Ti (1- 2), Cd (1-10), Zr (1-2)	P (1-5), V (1-1,3), Ni (1-3)

По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-3,0 ПДК, 100% площади АЗ), Cu (1-4,5 ПДК, 80% площади АЗ), Pb (1-13,3 ПДК, 50% площади АЗ), Zn (1-4,5 ПДК, 50% площади АЗ), Mn (1-2,0 ПДК, 30% площади АЗ), Ni (1-1,8 ПДК, 30% площади АЗ), Ba (1-1,6 ПДК, 30% площади АЗ), Ti (1-2,0 ПДК, 30% площади АЗ), Cr (1-1,8 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Cd (10-30 ПДК, 5% площади АЗ), P (3,5 ПДК, 5% площади АЗ) [176]. Формирование ее изображено на рисунке 14.21.

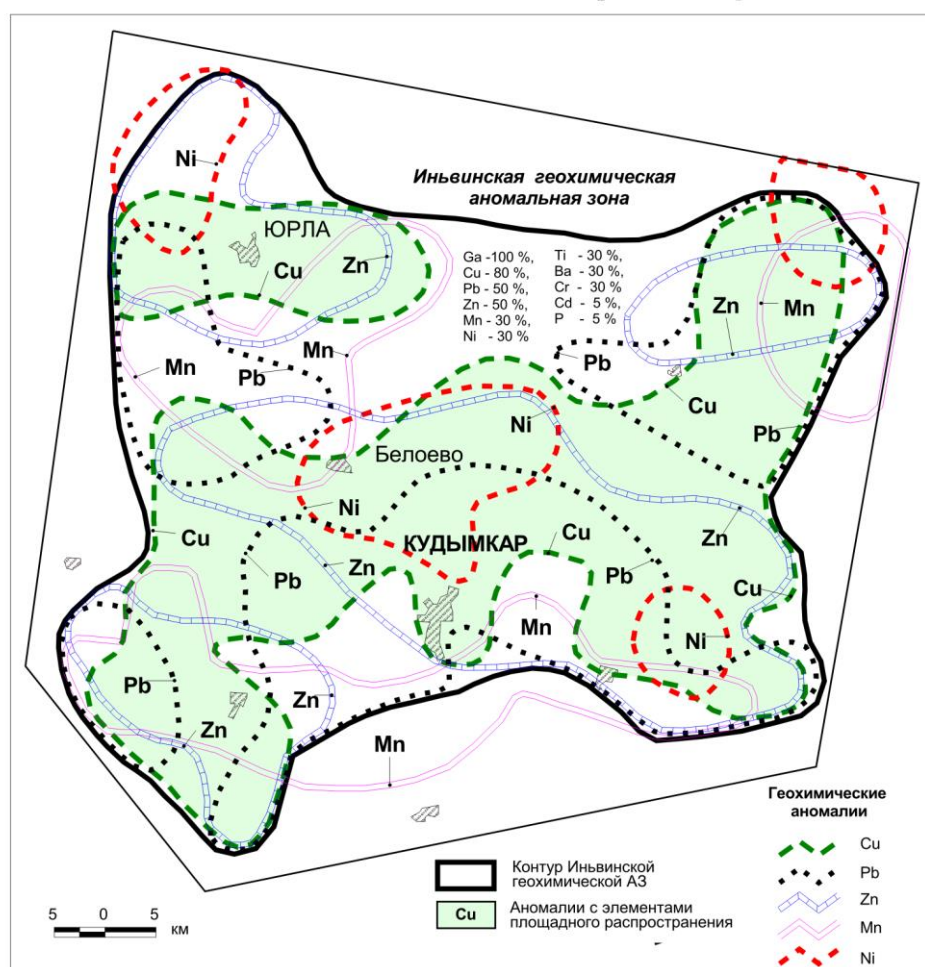


Рис. 14.21. Иньвинская геохимическая аномальная зона

3). **Чермозская АЗ** с площадью 2336 км², расположена в западной части Пермского края в бассейне р. Чермоза, низовье р.Иньвы (в пределах листов О-40-VIII, IX), в пределах Висимской впадины, занимает Майкорскую валообразную зону. В центральной части совпадает с Иньвинской геодинамической ак-

тивной зоной. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Cr (1-1,8 ПДК, 95% площади АЗ), Ga (1-2,0 ПДК, 90% площади АЗ), Mn (1-6,0 ПДК, 85% площади АЗ), Pb (1-5,0 ПДК, 85% площади АЗ), Cu (1-22,7 ПДК, 40% площади АЗ), Ti (1-2,0 ПДК, 40% площади), Zn (1-3,6 ПДК, 30% площади АЗ), Cd (10,0 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Ni (1-1,3 ПДК, 10% площади АЗ), Sn (1,0 ПДК, 5% площади АЗ).

4). Яйвинская АЗ с площадью 4667 км², расположена в северо-восточной части Пермского края в бассейне р. Яйвы, Глухой Вильвы (в пределах листов 0-40-III, IV, V). В структурно-тектоническом отношении западная часть АЗ расположена в пределах Березниковского выступа Соликамской депрессии, восточная часть – в пределах Западно-Кизеловского вала Западно-Уральской зоны складчатости. Практически половину площади занимают геодинамические активные зоны: на юго-западе – Соликамская, на юго-востоке – Косьвинская, на севере и в центре – Средневишерская. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Pb (1-133,3 ПДК, 90% площади АЗ), Ga (1-2,0 ПДК, 80% площади АЗ), Zn (1-4,5 ПДК, 50% площади АЗ), Cu (1-30,3 ПДК, 30% площади АЗ), Mn (1-6,7 ПДК, 30% площади АЗ), Ti (1-1,4 ПДК, 30% площади АЗ), Cd (10-130 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Cr (1-3,9 ПДК, 10% площади АЗ), Ni (1,0 ПДК, 10% площади АЗ), P (3,5 ПДК, 5% площади АЗ), Ba (1-2,4 ПДК, 5% площади АЗ). Фрагмент западной части Яйвинской АЗ, где сформированы техногенные аномалии [176], изображен на рисунке 14.22.

5). Косьвинская АЗ с площадью 3486 км², расположена в восточной части Пермского края в бассейне р. Косьвы в среднем течении и р. Яйвы в низовьях (в пределах листа 0-40-X). В структурно-тектоническом отношении западная часть АЗ расположена в Предуральском краевом прогибе (южной части Соликамской депрессии в пределах южной части Уньвинского выступа, северо-восточной части Косьвинско-Чусовской седловины – Ольховской валообразной

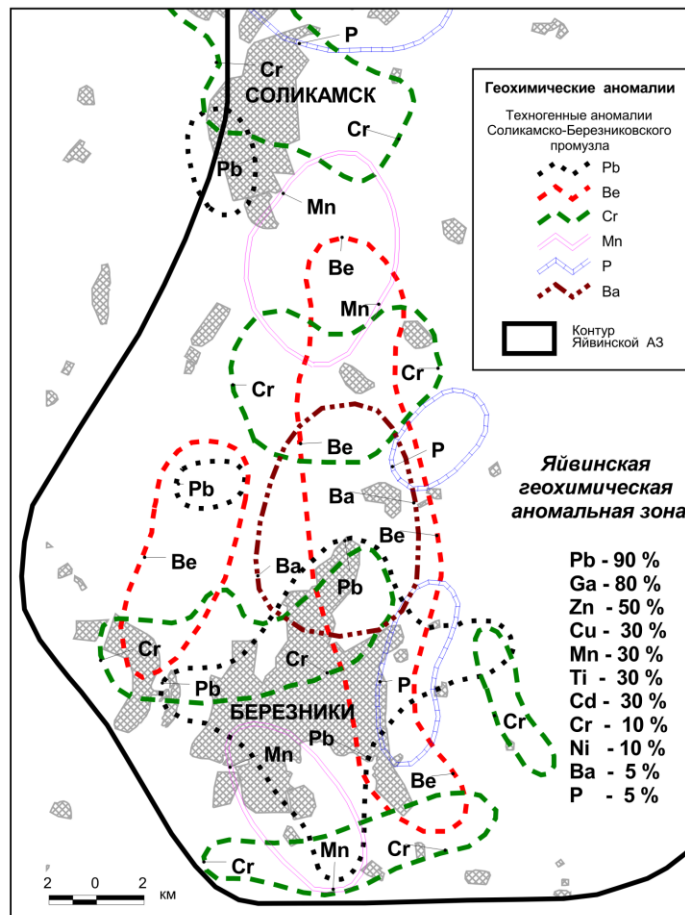


Рис. 14.22. Яйвинская геохимическая аномальная зона, западная часть

зоны), восточная часть - в Западно-Уральской зоне складчатости (южной части Западно-Кизеловского вала). Большую часть площади данной геохимической аномалии занимают геодинамические активные зоны: Среднечусовская и Соликамская. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Pb (1-6,7 ПДК, 90% площади АЗ), Cr (1-2,6 ПДК, 90% площади АЗ), Ga (1-2,0 ПДК, 80% площади АЗ), Mn (1-6,0 ПДК, 70% площади АЗ), Ti (1-1,8 ПДК, 50% площади АЗ), Zn (1,4-6,4 ПДК, 50% площади АЗ), Cd (10-80 ПДК, 50% площади АЗ), Ni (1-1,5 ПДК, 50% площади АЗ), Cu (1-10,6 ПДК, 40% площади АЗ), Zr (1-1,7 ПДК, 30 % площади АЗ). С локальным распространением Ba (1-1,5 ПДК, 10% площади АЗ).

б). Усьвинская АЗ с площадью 4164 км², расположена в северо-восточной части Пермского края в бассейне верховьев рр. Усьвы и Косьвы (в пределах ли-

стов 0-40-V, XI, XII), практически полностью в пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия. Большую часть площади данной геохимической аномалии занимает Косьвинская геодинамическая активная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-3,0 ПДК, 90% площади АЗ), Pb (1-6,7 ПДК, 90% площади АЗ), Zn (1,4-4,5 ПДК, 90% площади АЗ), Cr (1-18,7 ПДК, 60% площади АЗ), Mn (1-2,7 ПДК, 60% площади АЗ), Cd (10-80 ПДК, 30% площади АЗ), Ti (1-1,4 ПДК, 30% площади АЗ), Zr (1-1,3 ПДК, 30 % площади АЗ). С локальным распространением: Cu (1-24,3 ПДК, 15% площади АЗ), Ba (1-3,2 ПДК, 10% площади АЗ), P (10-15 ПДК, 5% площади АЗ), Ni (1-1,3 ПДК, 5% площади АЗ), V (1,0 ПДК, 5% площади АЗ), Sn (3,3 ПДК, 3% площади АЗ).

7). **Койвинская АЗ** с площадью 1768 км², расположена в восточной части Пермского края в бассейне р. Койвы в верхнем и среднем течении (в пределах листов О-40-XVII, XVIII), практически полностью в пределах в пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия. Большую часть площади данной геохимической аномалии занимает Среднечусовская геодинамическая активная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-3,0 ПДК, 90% площади АЗ), Pb (1-6,7 ПДК, 80% площади АЗ), Zn (1,4-2,7 ПДК, 80% площади АЗ), P (15 ПДК, 50% площади АЗ), Mn (1-4,0 ПДК, 50% площади АЗ), Cr (1-26,3 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным распространением: Cu (1-4,5 ПДК, 25% площади АЗ), Ba (1-3,2 ПДК, 10% площади АЗ), Ti (1-1,4 ПДК, 5% площади АЗ), V (2,0 ПДК, 3% площади АЗ).

8). **Среднечусовская АЗ** с площадью 3007 км², расположена в центрально-восточной части Пермского края бассейне р. Чусовой, среднем течении р. Лысьвы (в пределах листов О-40-XVI, XVII, XXIII). В структурно-тектоническом отношении находится в Предуральском краевом прогибе в пределах Юрюзано-Сылвинской депрессии и ЗУЗС. Большую часть площади данной геохимической аномалии занимает Среднечусовская геодинамическая ак-

тивная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-3,0 ПДК, 80% площади АЗ), Zn (1-9,1 ПДК, 80% площади АЗ), Pb (1-3,3 ПДК, 70% площади АЗ), Ni (1-1,5 ПДК, 50% площади АЗ), Cr (1-5,3 ПДК, 50% площади АЗ), Mn (1-2,7 ПДК, 35% площади АЗ), Cu (1-9,1 ПДК, 30% площади АЗ), Ti (1-2,0 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Cd (10-30 ПДК, 25% площади АЗ), V (1-4,7 ПДК, 5% площади АЗ), Ba (1-1,6 ПДК, 5% площади АЗ), Zr (1-2 ПДК, 5% площади АЗ),

9). Обвинская АЗ с площадью 1916 км², расположена в центрально-западной части Пермского края в бассейне р. Обвы, в верховье, рр. Сивы и Лысьвы (в пределах листов О-40-ХІІІ). В структурно-тектоническом отношении западная часть АЗ расположена в Верхнекамской впадине, восточная часть – в Ракшинской седловине, в южной части пересекает Верещагинский вал. Южную и северную части данной геохимической аномалии занимает Иньвинская геодинамическая активная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-15 ПДК, 100% площади АЗ), Ga (1-3,0 ПДК, 80% площади АЗ), Pb (1-1,3 ПДК, 70% площади АЗ), Ni (1-1,5 ПДК, 70% площади АЗ), Zn (1,4-1,8 ПДК, 50% площади АЗ), Cu (1-1,5 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: V (1-1,3 ПДК, 20% площади АЗ), Mn (1,0 ПДК, 5% площади АЗ), Sr (1,0 ПДК, 3% площади АЗ).

10). Добрянская АЗ с площадью 2219 км², расположена в центральной части Пермского края в бассейне рр. Добрянки, Гаревая, Ласьва, в низовье р.Обвы (в пределах листов О-40-ХІV, ХV). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке Русской плиты (Висимской впадины и Пермского свода) и Предуральского краевого прогиба (Косьвинско-Чусовской седловины), которые осложнены структурами 2 порядка - Васильевской, Межевской и Каменноложской валообразными зонами. Восточную половину данной геохимической аномалии занимает Среднекамская, а часть на западе – Иньвинская геодинамические активные зоны. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-15 ПДК, 100% площади АЗ), Ga (1-1,5 ПДК, 90%

площади АЗ), Ni (1-1,5 ПДК, 90% площади АЗ), Pb (1-1,3 ПДК, 85% площади АЗ), Zn (1,4-1,8 ПДК, 85% площади АЗ), Cu (1-1,5 ПДК, 60% площади АЗ). С локальным распространением: V (1-1,3 ПДК, 25% площади АЗ), Mn (1-1,3 ПДК, 20% площади АЗ).

11). Среднекамская АЗ с площадью 3980 км², расположена в центральной части Пермского края в бассейнах р.Камы на участке от устья р.Чусовой до устья р.Нытвы (в пределах листов О-40-XIV, XV, XX, XXI). В структурно-тектоническом отношении находится в пределах Пермского свода, осложненного Краснокамским валом и Лобановской валообразной зоной. Восточную часть занимает Среднекамская, а южную часть – Тулвинская геодинамические активные зоны. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-10 ПДК, 100% площади АЗ), Ni (1-250 ПДК, 95% площади АЗ), Cu (1-105 ПДК, 90% площади АЗ), Ga (1-3,0 ПДК, 80% площади АЗ), Pb (1-1000 ПДК, 75% площади АЗ), V (1-1,3 ПДК, 40% площади АЗ), Zn (1,4-27,3 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Mn (1-3,3 ПДК, 15% площади АЗ), Cr (1-23,7 ПДК, 10% площади АЗ), Mo (1-100 ПДК, 5% площади АЗ), Ba (1,6 ПДК, 5% площади АЗ), Ti (1-2,0 ПДК, 5% площади АЗ), Cd (10-1000 ПДК, 3% площади АЗ), Co (1-400 ПДК, 3% площади АЗ), Sn (3,3 ПДК, 3% площади АЗ). Фрагмент северной части Среднекамской АЗ, где сформированы техногенные аномалии на территории г.Перми [29, 196], изображен на рис. 14.23.

12). Шаквинская АЗ с площадью 2437 км², расположена в центральной части Пермского края в бассейнах рр. Шаквы, Кутамыш (в пределах листов О-40-XV, XVI, XXI, XXII). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке Русской плиты (Быско-Кунгурской впадины) и Предуральского краевого прогиба (Юрюзано-Сылвинской депрессии), в северной части осложнена Веслянской валообразной зоной. Северную часть данной геохимической аномалии занимает Среднекамская, юго-восточную часть – Верхнесылвинская геодинамические активные зоны.

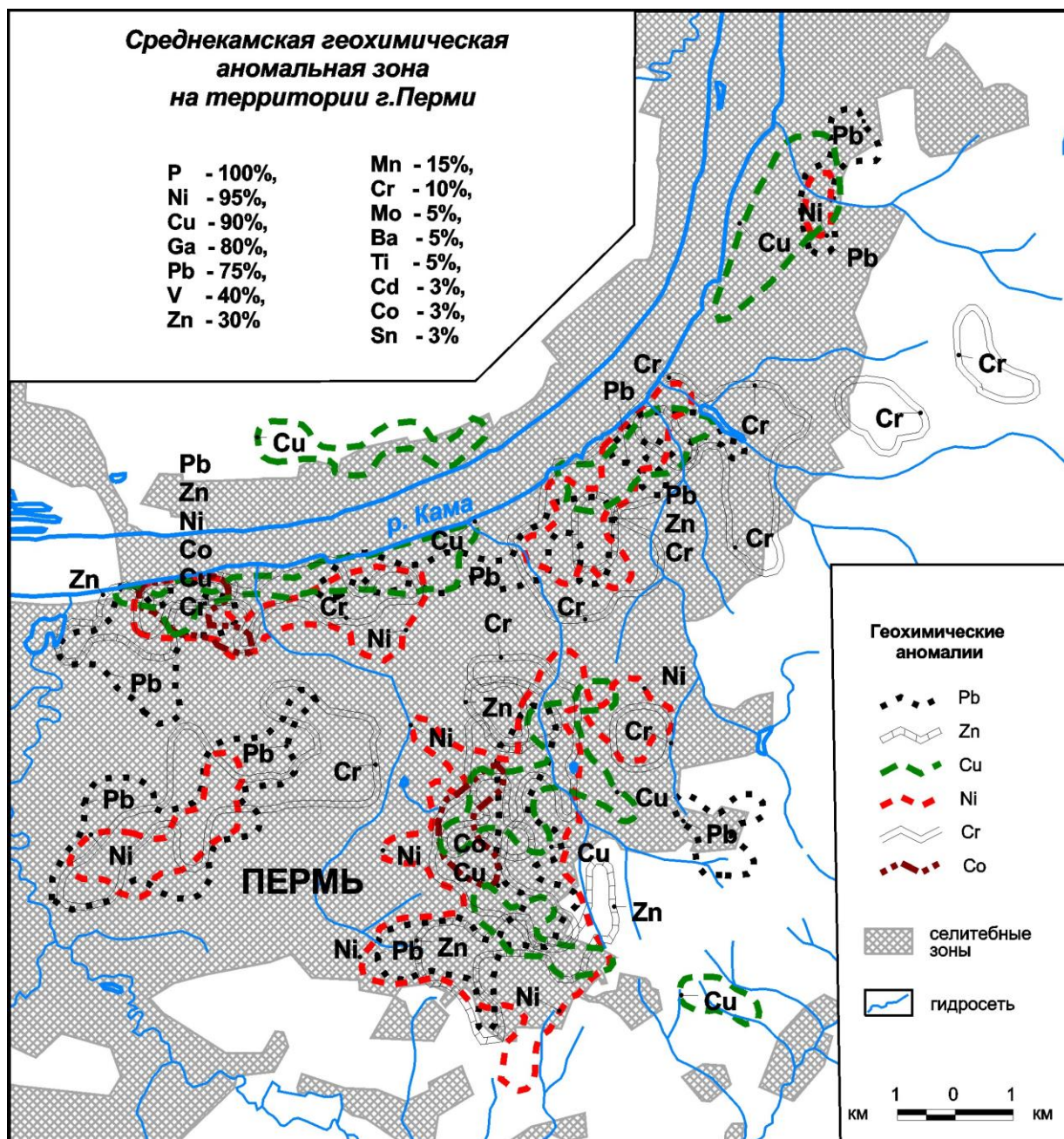


Рис. 14.23. Фрагмент Среднекамской геохимической аномальной зоны на территории г.Перми [196]

По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-15 ПДК, 100% площади АЗ), Ni (1,5 ПДК, 100% площади АЗ), Ga (1-3,0 ПДК, 90% площади АЗ), Pb (1-1,7 ПДК, 90% площади АЗ), Cu (1-1,5 ПДК, 80% площади АЗ), Zn (1,4-2,7 ПДК, 70% площади АЗ), V (1-1,3 ПДК, 60% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Mn (1-2,0 ПДК, 25% площади АЗ), Мо (1-3 ПДК, 5% площади АЗ).

13). Верхнесылвинская АЗ с площадью 1357 км², расположена в юго-восточной части Пермского края в верховье р. Сылвы, бассейне р. Барда (в пределах листов О-40-XXII, XXIII). В структурно-тектоническом отношении западная часть АЗ расположена в Предуральском краевом прогибе в пределах Юрюзано-Сылвинской депрессии, восточная часть – в Западно-Уральской зоне складчатости. Северную часть данной геохимической аномалии занимает Среднечусовская геодинамическая активная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-3,0 ПДК, 90% площади АЗ), Р (5-10 ПДК, 50% площади АЗ), Ni (1-2,3 ПДК, 50% площади АЗ), Cu (1-1,4 ПДК, 40% площади АЗ), Cr (1-1,6 ПДК, 30% площади АЗ), Zn (1-3,6 ПДК, 30% площади АЗ), Mn (1-1,3 ПДК, 30% площади АЗ), V (1,0 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным распространением: Pb (1-3,3 ПДК, 25% площади АЗ), Ti (1-2,0 ПДК, 20% площади АЗ).

14). Очерская АЗ с площадью 2837 км², расположена в юго-западной части Пермского края в бассейне р. Очеры, Сивы (в пределах листов О-40-XIX, XX). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Верхнекамской впадины (Кленовский выступ и Очерский вал) и Пермского свода (Осинский вал). В геодинамическом поле практически не выражена, за исключением самой южной части. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-25 ПДК, 100% площади АЗ), Cu (1-1,5 ПДК, 95% площади АЗ), Ga (1-2,0 ПДК, 90% площади АЗ), Ni (1-1,3 ПДК, 70% площади АЗ), Pb (1,0 ПДК, 40% площади АЗ), Zn (1,4-1,8 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным распространением Mn (1,0 ПДК, 10% площади АЗ).

15). Иреньская АЗ с площадью 4889 км², расположена в центрально-южной части Пермского края в среднем течении р. Сылвы, бассейне р. Ирень (в пределах листов О-40-XXI, XXVII, XXVIII). В структурно-тектоническом отношении расположена в основном в пределах Бымско-Кунгурской впадины (Сосновский выступ, южная часть Мазунинской и Веслянской зон поднятий), в южной части в пределах и Башкирского свода, на востоке - в Предуральском

краевом прогибе в пределах Юрюзано-Сылвинской депрессии. Северо-западную часть данной геохимической аномалии занимает Тулвинская, восточную часть – Верхнесылвинская геодинамические активные зоны. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-150 ПДК, 100% площади АЗ), Ga (1-3,0 ПДК, 90% площади АЗ), Ni (1-2,5 ПДК, 90% площади АЗ), Cu (1-3,0 ПДК, 80% площади АЗ), V (1-1,3 ПДК, 70% площади АЗ), Pb (1-1,3 ПДК, 50% площади АЗ), Zn (1,4-9,1 ПДК, 40% площади АЗ). С локальным и точечным распространением: Mn (1-2,0 ПДК, 15% площади АЗ), Mo (2,0 ПДК, 3% площади АЗ), Sr (2,5 ПДК, 3% площади АЗ).

16). Тулвинская АЗ с площадью 1527 км², расположена в юго-западной части Пермского края на левобережье Воткинского водохранилища, на правобережье р. Тулвы (в пределах листов О-40-XXV, XXVI). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке и в пределах Верхнекамской впадины (Андреевский выступ) и Пермского свода (Осинский вал). Большую часть данной геохимической аномалии занимает Тулвинская геодинамическая активная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-10 ПДК, 100% площади АЗ), Ga (1-2,0 ПДК, 90% площади АЗ), V (1-1,3 ПДК, 80% площади АЗ), Ni (1-3,8 ПДК, 70% площади АЗ), Pb (1-1,3 ПДК, 40% площади АЗ), Zn (1,4-1,8 ПДК, 40% площади АЗ), Cu (1-1,5 ПДК, 40% площади АЗ). С локальным распространением Mn (1,0 ПДК, 10% площади АЗ).

17). Буйская АЗ с площадью 2377 км², расположена в юго-западной части Пермского края в бассейне верхнего и среднего течения р. Буй (в пределах листов О-40-XXVI, XXXI, XXXII). В структурно-тектоническом отношении находится на стыке южной части Верхнекамской впадины и северо-западной части Пермского свода. В геодинамическом поле практически не выражена. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Р (5-10 ПДК, 100% площади АЗ), Ni (1-2,5 ПДК, 100% площади АЗ), V (1-1,3 ПДК, 90% площади АЗ), Ga (1-2,0 ПДК, 70% площади АЗ), Pb (1,0 ПДК, 40% площади АЗ), Mn (1-2,0 ПДК, 30% площади АЗ). С локальным распространением: Cu (1-

1,5 ПДК, 20% площади АЗ), Zn (1,4-1,8 ПДК, 10% площади АЗ), Ti (1,0 ПДК, 10% площади АЗ).

В северной части Пермского края по геохимическим материалам геологосъемочных работ выделены четыре крупные геохимические аномальные зоны: Веслянская, Северокамская, Березовская, Верхневишерская. Необходимо отметить, что геохимические анализы этих материалов достаточно противоречивы и необходимы специальные исследования по опорным точкам с лабораторным контролем для уточнения параметров распределения. Тем не менее, выделенные зоны реально существуют и подтверждаются многолетними исследованиями.

18). Веслянская АЗ с площадью 4042 км², расположена в северо-западной части Пермского края в нижнем и среднем течение р.Весляны (в пределах листов Р-39-XXXI, XXXVI), в пределах Камского свода. Большую часть данной геохимической аномалии занимает Верхнекамская, а северо-западную часть – Веслянская геодинамические активные зоны. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-2 ПДК), Ni (1-2 ПДК), V (1-2 ПДК), Pb (1-1,5 ПДК), Mn (1-3 ПДК), с локальным распространением: Ni (1-3 ПДК), Ba (1-3 ПДК), P (1-5 ПДК).

19). Северокамская АЗ с площадью 2632 км², расположена в северной центральной части Пермского края, в бассейне р.Камы на участке от устья р.Пильвы до устья р.Вишеры. В структурно-тектоническом отношении находится на стыке южной части Вычегодского прогиба, восточной части Камского свода и западной части Соликамской депрессии. Северную и частично центральную часть данной геохимической аномалии занимает Кельтминская, а восточную часть – Соликамская геодинамические активные зоны. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-2 ПДК), Cr (1-1,6 ПДК), Pb (1-1,5 ПДК), Mn (1-3 ПДК), Cu (1-3 ПДК), Ti (1-2 ПДК), Cd (1-10 ПДК), с локальным распространением: P (1-5 ПДК), V (1-1,3 ПДК), Ni (1-3 ПДК).

20). Березовская АЗ с площадью 4265 км², расположена в самой северной части Пермского края, в бассейне среднего течения р.Колвы, нижнего и среднего течения р.Березовой. В структурно-тектоническом отношении занимает части Тимана, Верхнепечорской депрессии и Западно-Уральской зоны складчатости. Большую часть данной геохимической аномалии занимает Колвинская геодинамическая активная зона. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-2 ПДК), Cr (1-2 ПДК), Pb (1-1,5 ПДК), Mn (1-3 ПДК), Cu (1-3 ПДК), Ti (1-2 ПДК), Cd (1-10 ПДК), с локальным распространением: P (1-5 ПДК), V (1-1,3 ПДК), Ni (1-3 ПДК).

21). Верхневишерская АЗ с площадью 7691 км², расположена в северо-восточной части Пермского края, в бассейне верхнего и среднего течения р.Вишеры. В структурно-тектоническом отношении практически полностью находится в пределах Центрально-Уральского поднятия и в юго-западной части – в пределах и Западно-Уральской зоны складчатости. Большую часть данной геохимической аномалии занимает Верхневишерская, а юго-западную часть – Средневишерская геодинамические активные зоны. По геохимическим показателям выделяется, как площадная аномалия по: Ga (1-2), Pb (1-1,5), Zn (1-2), Mn (1-3), Cr (1-2), Cu (1-3), Ti (1-2), Cd (1-10), Zr (1-2), с локальным распространением: P (1-5), V (1-1,3), Ni (1-3) [189].

14.7. Генетическая природа геохимических аномальных зон и комплексная эколого-геохимическая оценка

Таким образом, на территории Западного Урала и Приуралья закартированы 21 комплексных литогеохимических аномальных зон, проявленных по геохимическим показателям в почвенных горизонтах и донных осадках. В пределах восточной окраины Восточно-Европейской платформы особенно четко выражены Косинская и Иньвинская геохимические аномальные зоны (как по почвам, так и подземным водам), а также – Чермозская, Обвинская, Добрян-

ская, Среднекамская, Шаквинская, Верхнесылвинская, Иреньская, Тулвинская, Веслянская, Березовская, Северокамская геохимические аномальные зоны. В пределах Западно-Уральской зоны складчатости и Центрально-Уральского поднятия сформированы Верхневишерская, Яйвинская, Косьвинская, Усьвинская, Койвинская, Среднечусовская геохимические аномальные зоны.

Генетическая природа геохимических аномальных зон в основном комплексная. По преобладанию и с различной долей влияния двух групп факторов – природных и техногенных, все аномальные зоны условно можно разделить на четыре группы: 1) преимущественно природные, 2) техногенно-природные, 3) природно-техногенные, 4) преимущественно техногенные.

Основными факторами выделенных аномальных зон являются природные условия формирования геохимических полей – геодинамические (неотектонические), структурно-тектонические, литолого-петрографические, гидрогеологические, геоморфологические, физико-географические (ландшафтные), физико-химические и другие. Поэтому высокий фон многих химических элементов в почво-грунтах, донных осадках, водах этих аномальных зон обеспечен всем комплексом природных условий.

Пространственный анализ геохимических и других полей показывает на основную закономерность – пространственное совпадение практически всех геохимических аномальных зон с геодинамическими активными зонами, обусловленными высокой плотностью тектонических нарушений и выраженными по морфонеотектоническим показателям (рис. 14.24).

Отмечается приуроченность всех основных геохимических аномалий к зонам тектонических нарушений глубинных разломов, некоторым локальным поднятиям. т.е. контролирующую роль геохимических аномальных зон играет геодинамический (неотектонический) и структурно-тектонический факторы. Практически все крупные геохимические аномалии пространственно совпадают с зонами флюидопроницаемости, приуроченные к узлам пересечения рудоконтролирующих разрывных нарушений (которые прослеживаются в северо-

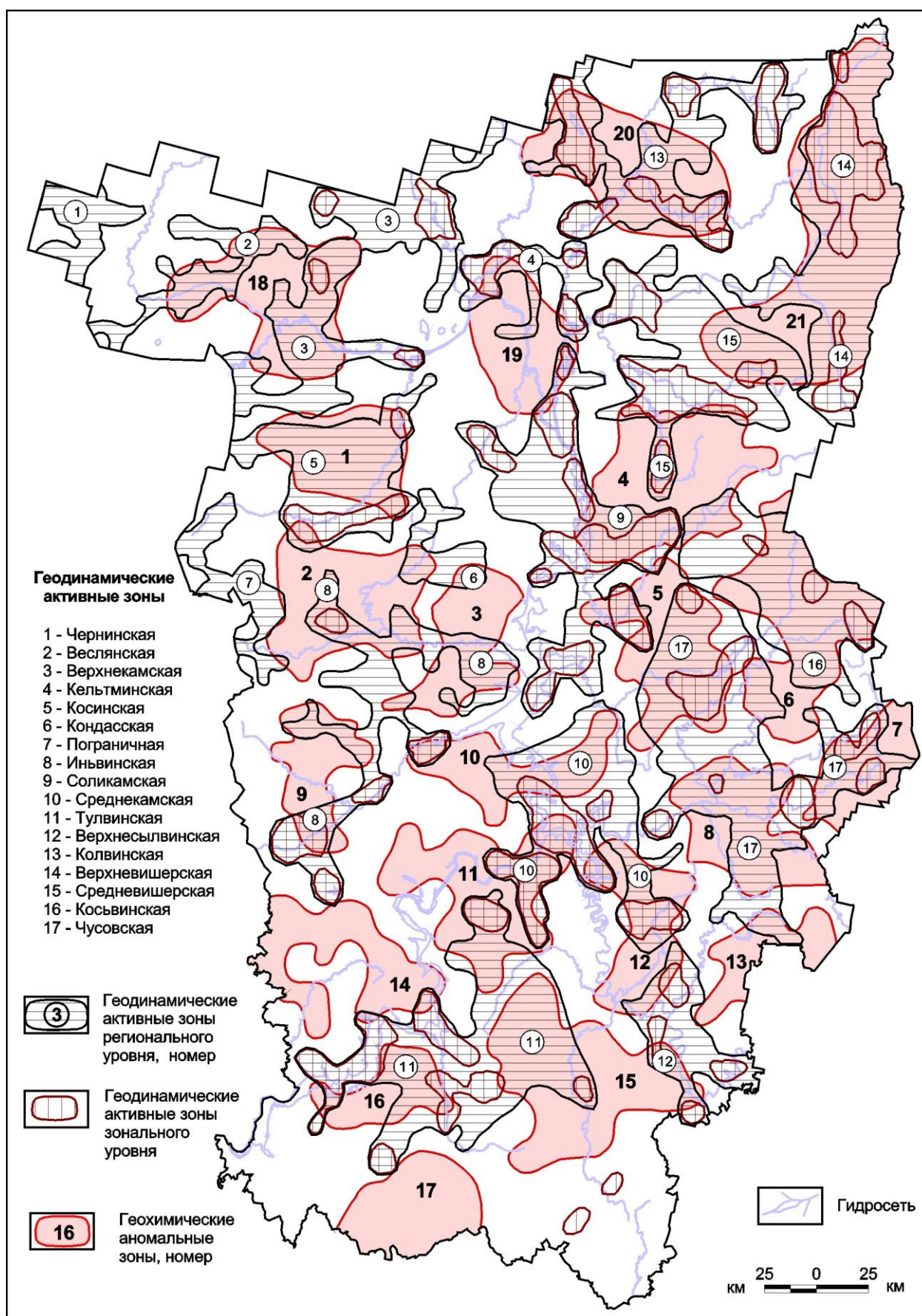


Рис. 14.24. Геодинамические активные зоны и литогеохимические аномальные зоны Пермского Урала и Приуралья

восточном направлении к Центрально-Уральскому поднятию), поэтому вероятна связь аномалий с месторождениями и рудопроявлениями полезных ископаемых [176].

Высокая современная геодинамическая активность в пределах геохимических аномальных зон подтверждается повышенной сейсмичностью этих территорий. Практически все геохимические аномальные зоны пространственно совпадают с сейсмоопасными зонами (по схеме сейсмического районирования Среднего Урала 1998г.), а некоторые из них – Чермозская, Добрянская, Шаквинская, Верхнесылвинская, Яйвинская, Косьвинская, Усьвинская, Койвинская попадают в контуры сейсмоопасных узлов 1 категории опасности.

Выделенные литогеохимические аномалии хорошо выражаются в гидрогеологических полях, подтверждаются гидрогеохимическими аномалиями, а в пределах геодинамических активных зон выражаются повышенным подземным стоком и водообильными зонами с высокодебитными родниками. Характерны аномалии по модулям подземного химического и подземного газового стока. В Пермском Приуралье в подземных водах отмечено высокое среднее содержание брома и бора с формированием обширных аномальных зон. Установлены 14 микроэлементов, формирующих аномалии: региональные (Ba, Mn, Ti), локальные (Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr) и точечные (Zn, Co, Mo).

По отношению к геофизическим полям, геохимические аномалии имеют различные сочетания. Комплексные и различные параметрические геохимические аномалии обычно находят выражение в геофизических полях – особенно в электромагнитных и гравиметрических, но при этом существует очень сложная структура взаимоотношений параметров в разных природных и природно-техногенных условиях [60].

Роль техногенеза в формировании современных геохимических зон очень большая. Его воздействие на природную среду носит планетарный, региональный и локальный характер, приводит к глобальному переформированию хими-

ческого состава всех природных сред. В Приуралье многие геохимические аномалии в пределах выделенных аномальных зон и отдельных аномалий вне пределов этих зон концентрируются в населённых пунктах, приурочены к автомобильным, железнодорожным, трубопроводным магистралям, промышленным, сельскохозяйственным и селитебным зонам и объектам. Особенно это выражено в трех аномальных зонах – Среднекамской, Косьвинской и Среднечусовской и частично в Яйвинской. В этих аномальных зонах наблюдается интенсивная техногенная концентрация химических элементов в пределах Пермско-Краснокамской, Кизеловско-Губахинской, Лысьвинско-Чусовской и Соликамско-Березниковской промзон.

Анализируя отмеченные закономерности и факты, к преимущественно природным отнесены: Косинская, Иньвинская, Чермозская, Усьвинская, Койвинская, Обвинская, Добрянская, Шаквинская, Верхнесылвинская, Очерская, Иреньская, Тулвинская, Буйская, Веслянская, Северокамская, Березовская, Верхневишерская геохимические аномальные зоны. К техногенно-природным отнесены: Среднекамская, Косьвинская, Среднечусовская и частично – Яйвинская геохимические аномальные зоны, при этом значительные их части в пределах промзон классифицируются, как природно-техногенные. Собственно техногенные аномалии имеют в плане локальный мозаичный характер, к ним относятся техногенные загрязненные участки в пределах любых территорий и зон.

Проведена комплексная эколого-геохимическая оценка состояния геологической среды по почвам и донным осадкам. Экологическая обстановка ранжирована (по критериям в разделе 15.3) на 4 класса: относительно удовлетворительная, напряженная, критическая, чрезвычайная. Составлена эколого-геохимическая карта Пермского края (рис. 14.25).

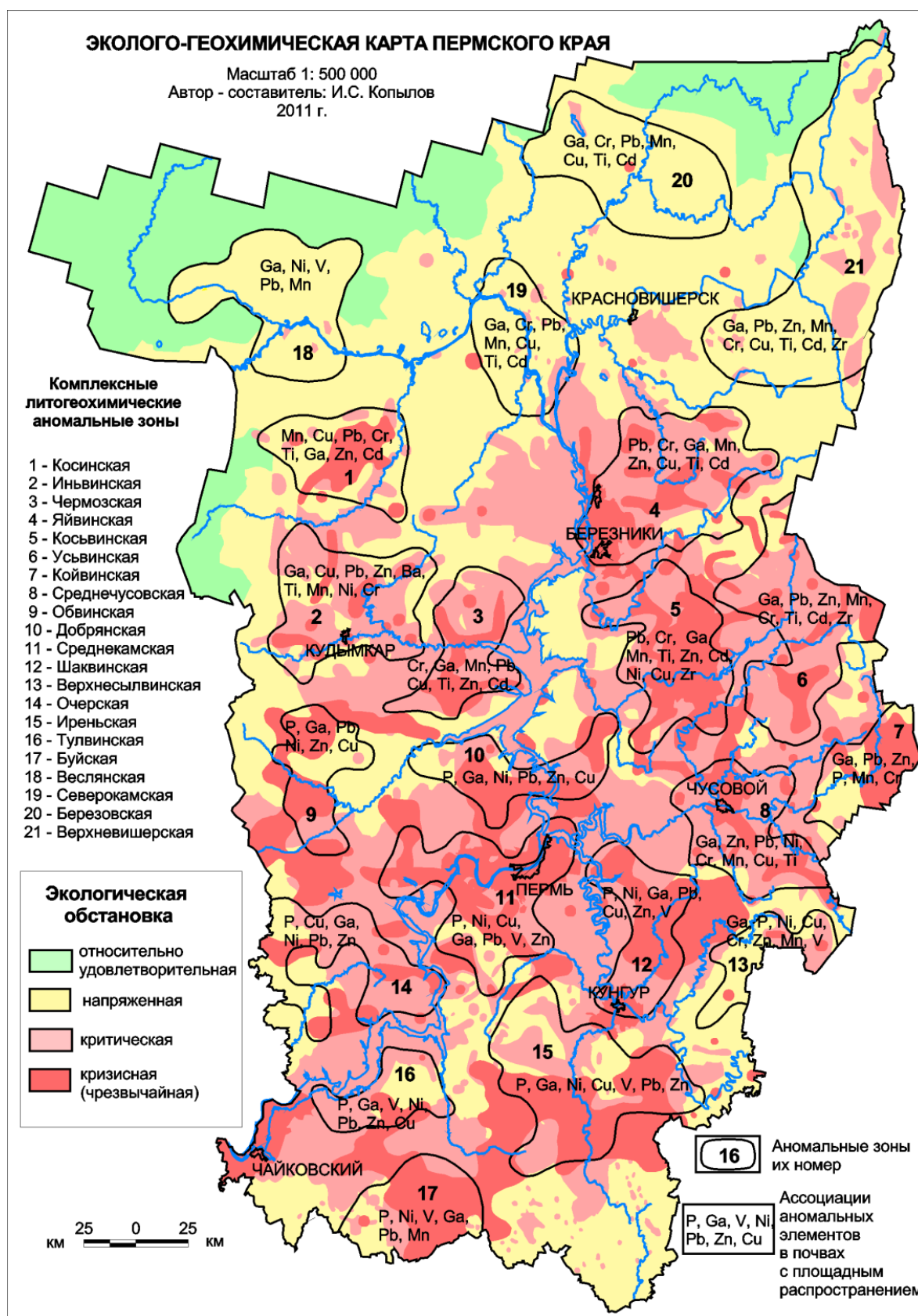


Рис. 14.25. Эколого-геохимическая карта Пермского края

Таким образом, результаты геохимических исследований имеют теоретическое и прикладное значение в трех основных аспектах:

- для решения экологических задач регионального геоэкологического картирования и оценки направленности изменения геологической среды;
- для оценки геодинамических (неотектонических) условий;
- для решения геологических задач по прогнозной оценке перспектив территории на комплекс полезных ископаемых

Выполненный геохимический анализ соответствует региональному уровню масштаба 1: 1 000 000–1:500 000. Основная задача следующего этапа геохимического изучения Западного Урала и Приуралья – проведение многоцелевого геохимического картографирования регионально-зонального уровня масштаба 1:200 000 с опорным геохимическим опробованием в районах аномальных геохимических полей.

Глава 15

КОМПЛЕКСНАЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

15.1. Теоретические аспекты геоэкологии, экологической геологии и геодинамики

Современная теоретическая и методологическая концепция геоэкологии и экологической геологии сформирована пока еще недостаточно четко, отсутствует общепринятый подход к определению задач и объектов изучения. Острые дискуссии вызывают вопросы теоретического характера, касающиеся геоэкологии – научного направления, активно развивающегося на стыке ряда фундаментальных наук – экологии, биологии, географии и геологии и их многочисленных направлений и прикладных наук, и поэтому затрагивающей интересы ученых и специалистов многих отраслей и специальностей. Преобладает два основных направления геоэкологии – с позиции географии и геологии, поэтому в ее структуре фактически существует два основных раздела – экологическая география и экологическая геология, имеющих много общего по объектам и предметам изучения.

Не ставя себе задачу детального анализа всей этой сложнейшей теоретической проблемы, автор считает необходимым кратко рассмотреть этот аспект и обозначить свою позицию в геоэкологии, методологические задачи которой формируют концептуальную основу регионального геоэкологического картографирования и рационального природопользования, что является высокоактуальным для освоения любых территорий.

Как известно, термин «экология» был введен Э. Геккелем (1869) в биологии, для обозначения общей науки об отношении организмов к окружающей среде (БСЭ, 3-е изд. 1978. Т.29), когда биологов интересовало в основном влияние окружающей среды на живые организмы. С середины XX века, как отмеча-

ет Н.М. Фролов [407] ситуация изменилась на противоположную и сама окружающая среда оказалась под угрозой живых организмов и, как результат обратной связи, – проблематичность продолжения разумной жизни на планете Земля. По мнению Ю.Одума [327] экология сейчас занимает особое место в ряду фундаментальных наук и вышла за пределы собственно биологии. Произошло перерастание биологической «малой» экологии в «большую» экологию, или биологию окружающей среды. В.Д. Федоров и Т.Г. Гильмонов [404] считают, что современная экологическая парадигма основывается на концепции экосистем, которая является главным объектом общей экологии, а предметом – являются законы формирования структуры, функционирования, развития и гибели экосистем. Существует уже более 120 определений экологии, более 1000 наук и экологических направлений, которые охватывают все области знания человечества. Существуют самые различные подразделения экологии по отношению к предметам, объектам, методам, способам изучения. Приводятся определения экологии, как комплекса (системы) научных дисциплин, связанного с изучением и оценкой взаимоотношений общества и природы и имеющего конечной целью их оптимизацию (гармонизацию). В этом комплексе Г.А. Воронов и М.А. Манташев [35] выделяют три основных направления: общую (в том числе и глобальную экологию), экологию человека и отраслевую экологию (биоэкологию, географическую экологию и геологическую экологию). Н.Ф. Реймерс [352] в структуре современной экологии выделяет четыре основных подразделения: биоэкологию, геоэкологию, экологию человека, социальную экологию и прикладную экологию; при этом в рамках геоэкологии выделяется: экология сред, ландшафтов, географических подразделений, экогеология и экогеоморфология. И.В. Круть [269] отмечает недостаток биоэкологического направления – чрезмерное доминирование биологического аспекта, ведущее к пренебрежению геосистемами, которые неправильно отождествляются с экосистемами, и ставит вопрос о необходимости построения общей экологической теории, которая явится синтезом разнородного научного знания (с

центральной геокомпонентой), причем в беспрецедентном для специальных наук масштабе и виде. Очевидно, центральной геокомпонентой является литосфера. Как указывает В.Н. Быков [26] все типы функций литосферы в той или иной мере связаны с экологическим прошлым и настоящим Земли. Аналогии в биологических и геологических системах, подтверждая единство материального мира, указывают на общие черты эволюционного развития.

Геологическое направление в экологии можно связать с учением В.И. Вернадского (1926) о биосфере, основанном на геохимии, в основе которого лежат законы функционирования системы «живые организмы (живое вещество) – среда обитания», опирающиеся на историко-геологический анализ развития живой оболочки Земли, в процессе ее эволюции [33].

Впервые предложенный К. Троллем (1939) термин «геоэкология», как «экология ландшафтов», поддерживается некоторыми современными географами в более широком понимании, включающим в объекты исследования кроме, природных, антропогенные ландшафты, а также геологическую среду (С.П. Горшков [57]). Формируется новое научное направление в трудах географов (экологическая география на основе системно-географического подхода), анализирующих географические природные экосистемы, закономерности и типологические модели в географической среде, биосфере и социосфере (А.И. Базилевич и др. [11], С.Б. Девяткова и др. [76]; С.А. Двинских и др. [75]).

Кроме этого, существует много других позиций, определяющих место геоэкологии, как в географии, так и в геологии. Н.М. Фролов [407, 408] отмечает, что экология – это наука о взаимодействии живого с окружающей средой, поэтому, она выходит за пределы биологических наук, становится междисциплинарной. В понятие об окружающей среде входит не только живое (объект биологии), но и неживое (объект наук о Земле). В связи с этим экологию, как одну из фундаментальных наук логично разделить на две части: «часть, в которой изучаются последствия взаимодействия живого с окружающей средой на живое (биоэкология) и часть, в которой изучаются последствия взаимодействия

живого с окружающей средой на неживое (геоэкология)».

Начиная с 1989 г. экологическая проблематика активно развивается в работах геологов (Е.А. Козловский, В.И. Осипов, В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Г.С. Вартанян, Н.М. Фролов, К.И. Сычев, А.Н. Павлов, В.Н. Островский, Л.А. Островский, В.В. Куриленко, В.А. Королев, В.Н. Быков, А.Я. Гаев, О.Н. Грязнов и др.). Государственное переустройство привело также к реформированию федеральной геологической службы (созданию министерства охраны окружающей среды, затем – природных ресурсов, затем – природных ресурсов и экологии), в которой стали меняться приоритеты от безудержной эксплуатации минерального сырья к более разумной природопользовательской политике. Прошел ряд конференций, посвященный проблемам геоэкологии и природопользования, большое количество публикаций посвящено экологическим проблемам гидрогеологии, инженерной геологии, геохимии, геофизики и других геологических наук [13, 16, 18, 31, 37, 40, 42, 49, 51, 64, 66, 67, 74, 155, 172, 185, 195, 250, 263, 272, 285, 286, 317, 335, 338, 434]. Не вдаваясь в исторический экскурс этих работ, можно отметить, что многие исследователи отмечают возникновение на стыке геологии и экологии нового научного направления – геоэкологии. Пока еще не оформлена достаточным образом ее теоретическая и методологическая концепция, отсутствует общепринятый подход к определению задач и объектам ее изучения, однако сделаны значительные шаги в этом направлении. Приведем несколько определений геоэкологии с позиции геологов, которые, на наш взгляд, наиболее характерно отражают их единство и различия; которые можно условно разделить на несколько подходов: «геобиосферный подход» (Е.А. Козловский, 1989), «литосферный подход» (К.И. Сычев, 1991), «геосферный подход» (В.И. Осипов, 1997) и «экосистемный подход» (В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, 1994, 1996, 1997, 2000), «литогeosферный» (В.Н.Быков, 2000).

Е.А. Козловский [118] под геоэкологией понимает научное направление, возникшее на стыке геологии и экологии и изучающее закономерные связи

между живыми организмами, в т. ч. человеком, техногенными сооружениями и геологической средой. Функциональной единицей предлагается считать «гео-экологическую систему», включающую в себя: растительность, живые организмы, в том числе и человека, геологическую среду (косное и биокосное вещество) и техногенные и хозяйственные объекты, т.е. компоненты, взаимно влияющие друг на друга и необходимые для поддержания жизни на Земле.

К.И. Сычев [381] под геоэкологией понимает междисциплинарную и общепланетарную науку, изучающую в естественных и техногенно нарушенных природных условиях закономерные изменения в литосфере, происходящие под действием внутренних (эндогенных) сил Земли с внешним влиянием атмосферы, гидросферы, биосферы и техносферы, и воздействие этих изменений на все сферы окружающей среды, в первую очередь на биосферу.

В.И. Осипов [331] под геоэкологией понимает междисциплинарную науку, изучающую неживое (абиотическое) вещество геосферных оболочек Земли как компоненту окружающей среды и минеральную основу биосферы. В центре внимания геоэкологии находится верхняя часть литосферы и процессы, происходящие в ней под влиянием природных и техногенных факторов. Таким образом, объектом геоэкологии является неживое (косное и биокосное) вещество геосферных оболочек Земли (верхней части литосферы, педосферы, атмосферы, гидросферы). Предметом геоэкологии следует считать всю сумму знаний о геосферных оболочках и их изменениях под влиянием природных и техногенных факторов, как многокомпонентных, иерархично построенных динамических системах с многоступенчатыми процессами саморегулирования.

В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг и др. [396] определяют геоэкологию, как междисциплинарную науку, изучающую состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно преобразованных экосистем высоких уровней организации. Она интегрирует все знания об экологических проблемах Земли и представляет собой триумvirат из биологических, геологических и почвенно-географических наук, ставя-

щих основной целью сохранение жизнеобеспечивающей среды и жизни на Земле. Объектом исследования геоэкологии являются природные и антропогенно нарушенные (преобразованные) экосистемы высокого уровней организации. Предметом исследования геоэкологии являются закономерности функционирования и эволюции естественных и антропогенных измененных экосистем высокого уровней организации.

В.Н.Быков [26, 27] определяет геоэкологию, как междисциплинарную науку, изучающую экологические функции геосферных оболочек Земли, закономерности их преобразования и сохранения жизнеобеспечивающих свойств среды. Геоэкология создает обобщенное знание на основе аналитической переработки результатов исследований медико-биологических, географических, геологических, почвоведческих и социально-экономических наук.

Таким образом, несмотря на многообразие мнений в настоящее время большинством ученых геоэкология рассматривается как междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов.

Представления автора на основе критического анализа всех этих и других взглядов более созвучны с «геосферным или геонимическим» подходом в определении геоэкологии, как междисциплинарной науки на основе системного анализа. В этом понимании геоэкология объединяет экологическую геологию и экологическую географию и находится на одной иерархической ступени с биоэкологией, социальной и промышленной (прикладной) экологией, с которыми тесно взаимодействует.

Характерно разнообразие мнений у разных исследователей в отношении соотношения между геоэкологией и экологической геологией. Как видно уже из приведенных определений геоэкологии, многие исследователи, считают ее междисциплинарной наукой, включающей в блок своих основных объектов и задач исследований геологическую и географическую часть. Из этого следует, и

как отмечают В.Т. Трофимов, и Д.Г. Зилинг [396], что экологическая геология занимает более низкую иерархическую ступень по сравнению с геоэкологией и сопоставима с экологической географией (но не с экологическим почвоведением, т.к. это будет подструктурой экологической географии – ред. автора). Под «экологической геологией» предлагается понимать новое научное направление в геологии, изучающее верхние горизонты литосферы (включая подземные воды и газы) как одну из абиотических компонент экосистем высоких уровней организации. Ее предметное поле формируется на пересечении биологии и геологии, а собственно предметом исследования являются экологические функции приповерхностной части литосферы. Объект исследований – традиционные для геологических наук сферы Земли (литосфера и ее экологические свойства), а в системном плане – эколого-геологические системы [396].

Подавляющее большинство исследователей признают, что объектом исследований эколого-геологических наук является *геологическая среда (ГС)*. Понятие «геологической среды» введено Е.М. Сергеевым (с позиции инженерной геологии), под которой понимались любые горные породы, которые слагают верхнюю часть литосферы и рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека [365, 366]. Однако в настоящее время существует много других определений и понятий ГС, которая рассматривается (с позиции геоэкологии), как составная часть экотопа, нообиогеоценозов и экосистем (А.Я. Гаев, Г.Н. Карпов [38]). А.Д. Говард и И Ремсон [50] к геологической среде относят рельеф, грунт и другие рыхлые материалы, коренные породы, подстилающие грунт, а также естественные процессы, которые видоизменяют ландшафт и сопутствующие факторы, такие, как растительность и многолетняя мерзлота, влияющие на развитие этих процессов.

В современном понимании ГС – это часть геосфер, открытая многокомпонентная система, имеет вполне четкую верхнюю границу – поверхность рельефа и нижнюю непостоянную границу, которая зависит от

многих факторов и в первую очередь – от характера техногенного воздействия. С позиции системного анализа, по Г.А. Голодковской и Ю.Б. Елисееву [52] ГС является открытой системой и рассматривается только в совокупности с техносферой как природно-техническая система. Геологическая среда включает в себя почвы, горные породы, подземные воды, газы, органические вещества, находящиеся во взаимодействии; она характеризуется геологическими, геофизическими и геохимическими полями и находится под влиянием многообразных внешних, в том числе антропогенных нагрузок (М.В. Кочетков, Г.С. Вартанян, М.С. Голицын [259]). Некоторые исследователи к ГС относят компоненты, традиционно считающиеся частью географической среды – рельеф, ландшафты, почвы многолетнюю мерзлоту. С геологической средой тесно связаны компоненты других природных сред - атмосферного (приземного) воздуха, снежного и растительного покрова, поверхностных вод. Все эти компоненты окружающей природной среды – геологической и географической сред можно объединить в одно понятие – ***природно-геологическая среда (ПГС)***, которая может считаться основным объектом геоэкологического изучения. При этом подчеркивается, что базовым компонентом природной среды является геологическая среда.

В рамках «экологической геологии» продолжается дискуссия о теоретической основе и основных проблемах этого научного направления. Так, В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг [400] теоретическим базисом экологической геологии определяют учение об экологических функциях литосферы (при этом, к основным экологическим функциям литосферы относят ресурсную, геодинамическую и геофизико-геохимическую функции). А.Я. Гаев [37, 39] отмечает, что объектом исследований эколого-геологических наук является геологическая среда, которая является составной частью экотопа, нообиогеоценозов и экосистем. В.А. Королев [244] считает исследование экологических функций литосферы (воздействие литосферы на экосистемы) псевдопроблемой, а действительно актуальные теоретические проблемы экологической геологии связаны с

изучением воздействия человека через объекты техносферы на геологическую среду. Поэтому, объектом исследования экологической геологии должны являться эдафотопы вторичных (техногенных) биоценозов, испытывающие наиболее сильные техногенные воздействия, а предметом исследования – закономерности их изменения в зоне интенсивного техногенеза. Иную позицию занимает МПР России, где термин «геоэкология» понимается, как синоним «экологической геологии» (М.В. Кочетков и др. [260]). Вероятно такая же позиция у многих специалистов ВСЕГИНГЕО, а также у разработчиков методики по составлению «Эколого-геологической схемы» ВСЕГЕИ, поскольку основным картируемым элементом на эколого-геологических картах предложены ландшафты или геоморфологические элементы [100, 296, 390-393], хотя основным объектом исследований также считается геологическая среда.

Научное содержание *экологической геологии* наиболее полно разработано В.Т. Трофимовым и Д.Г. Зилингом [396], которые в ее структуре выделяют три основных раздела – 1) эколого-геологическое ресурсоведение, 2) экологическую геодинамику и 3) экологическую геохимию и геофизику. Кроме этого многими исследователями выделяются различные направления эколого-геологического содержания, как разделы дисциплин – экологическую гидрогеологию (гидрогеоэкологию), экологическую инженерную геологию, экологическую геоморфологию, экологическую неотектонику и др. Последнее направление было предложено Н.Н. Николаевым [318], как самостоятельный раздел неотектоники, рассматривающий ее, как геодинамику техногенных движений, обусловленных антропогенной деятельностью. Н.И. Корчуганова [248] считает понятие «*экологическая неотектоника*» более широким и включает в него «изучение изменений приповерхностных частей литосферы под влиянием, как техногенных воздействий, так и природных катастрофических и медленных геологических эндогенных и экзогенных процессов». По мнению автора, последнее определение выходит за рамки неотектоники и отражает суть *экологической геодинамики* – науки, которая входит в состав экологической геологии

и находится на стыке геоэкологии, инженерной геологии, современной и новейшей геодинамики. Однако в предмет изучения экологической геодинамики необходимо добавить еще изучение влияния геодинамических процессов и их экологических последствий на биоту и человеческое сообщество.

Методологической основой геоэкологии, по мнению автора, должен быть системный анализ компонентов геологической и географической среды. Основным объектом исследований должна быть природно-геологическая среда в совокупности с техногенными комплексами и объектами. Предметом геоэкологии (в разделе экологической геологии) являются эколого-геологические (эколого-геодинамические, эколого-геохимические, эколого-гидрогеологические) закономерности и формирование геоэкологических условий в результате естественного развития и воздействия техногенеза. Возникает необходимость изучения геосферы, биосферы, техносферы и социосферы; моделирования и прогнозирования происходящих в них процессов; рационального природопользования и контроля с целью сохранения продуктивной природной среды для нынешних и будущих поколений людей.

15.2. Концепция и общая методология региональных геоэкологических исследований и картографирования

Под геоэкологическим картографированием понимается отображение на топографической основе определенного масштаба экологического состояния геологической среды (как многокомпонентного объекта с быстро изменяющимися во времени и пространстве свойствами) в естественных условиях и ее изменений, вызванных хозяйственной деятельностью [259, 260, 291, 408]. Целью геоэкологического картографирования, по мнению Г.А. Голодковской и М.Б. Куринова [53] является создание моделей, которые могли бы использоваться для определения предельно-допустимых нагрузок на окружающую среду, обоснования и организации геоэкологического мониторинга, прогнозирова-

ния геоэкологической ситуации, принятия управляющих решений и, в конечном счете, для выбора концепции экономического развития региона и экологической политики.

К региональным геоэкологическим картам (ГЭК), которые составляются на федеральном и территориальном уровнях с целью обоснования рационального природопользования, охраны геологической среды и стабильного хозяйственного и социального развития территории (для субъектов РФ и их крупных районов) и которые составляются на федеральном и территориальном уровнях можно отнести карты мелкого и среднего масштаба 1:1 000 000 – 1:200 000.

Несмотря на значительный опыт проведения геоэкологического картографирования в России, существующие методики составления ГЭК разработаны недостаточно; до сих пор отсутствуют единые принципы составления итоговых геоэкологических карт, унифицированные методики их составления, а также типовые геоэкологические легенды. Это было отмечено на Всероссийской конференции «Геоэкологическое картографирование» (Москва, ВСЕГИНГЕО, 1998) и на Международной конференции «Экологическая геология и рациональное недропользование» (Санкт-Петербург, СПбГУ, 2000) и др. Главным недостатком, как отмечает Ю.К.Шипулин [418] является отсутствие общепринятой концепции геоэкологического картографирования. Недостаточно разработаны научно-методические основы и критерии региональной оценки экологической опасности и риска освоения территорий. Поэтому, многие региональные методики базируются на различных подходах к выделению основных элементов на ГЭК – географических ландшафтов и ГС (ВСЕГИНГЕО), геоморфологических ландшафтов и геологической среды (ВСЕГЕИ), геохимических полей (ИМГРЭ), а также различных геологических, инженерно-геологических, геоморфологических, геоботанических, природно-территориальных и других комплексов. В большинстве методик в качестве итоговых ГЭК предлагаются двухлистовые картографические модели, где на одном листе отображаются геоэкологические условия (ситуация, состояние ГС), на втором по одному из пока-

зателей или по интегральному показателю в бальной форме отображается степень экологической опасности или риска. В.Н. Островский и Л.А. Островский [337] считают, что целесообразно составление только одной карты – экологического состояния ГС, при этом в качестве основы для районирования целесообразно использовать гидрогеологическое районирование на геологической основе.

Автор считает, что оценка состояния геологической среды требует системного, объективного и оптимального отображения геоэкологической (эколого-географической и эколого-геологической) информации средствами современной картографии и не должна зависеть от ведомственных интересов, однако должна учитывать специализацию предприятий и региональные условия территорий.

На основании анализа теоретических и методических разработок в различных направлениях изучения ГС [3, 14, 94, 97-102, 293-299, 322, 390-394, 400] и многолетнего личного опыта геоэкологических исследований различных частей России – Сибири, Урала, Приуралья, Севера и Дальнего Востока автором разработана *концепция регионального геоэкологического изучения и картографирования* территорий применительно к платформенным континентальным регионам [144, 155, 156, 169, 172, 195, 198]. Основной методологической задачей является картографическое моделирование состояния природно-геологической среды, представляющее собой процесс создания информационно-картографической модели – атласа карт геологического и экологического содержания, которые позволяют анализировать состояние среды в целом и по отдельным компонентам, прогнозировать их изменение во времени и пространстве.

Основными принципами концепции регионального геоэкологического картографирования являются: 1) системный подход к проведению картографирования, предполагающий сопряженное выполнение соподчиненных работ для решения задач на разных иерархических уровнях:

обзорного (масштаб 1:2 500 000 – 10000000), субрегионального (1:1 000 000 - 1:1 500 000), регионального (1:500 000 - 1:200 000), местного (1:50 000 – 1:25 000 и крупнее); 2) оптимизация – обеспечивается минимально достаточным объемом проводимых исследований и данных (количественный аспект) и правильностью выбора объектов исследований, маршрутов или точек наблюдений (качественный аспект); 3) комплексность и приоритетность предполагающие изучение всех компонентов природно-геологической среды, с применением широкого комплекса методов, с приоритетом по геодинамическим и геохимическим методам; 4) объективность выполнения работ, обеспечиваемая построением объективной картографической модели, достоверно и адекватно отражающая геоэкологическую обстановку. Достигается на организационном и практическом уровне проведения работ; 5) критериальность и экологичность картографирования обуславливающиеся объективными критериями и показателями состояния природно-геологической среды на основе системы экологических норм; 6) результативность и динамичность – предполагающие унификацию, систематизацию данных, формирование информационных банков; моделирование на основе постоянно пополняющихся баз данных, позволяющих отражать современное состояние природно-геологической среды; 7) многофункциональность системы заключающаяся в способности выполнять функции информации, оценки, прогноза.

Картографическое моделирование состояния ГС представляет собой процесс создания информационно-картографической модели – атласа (в том числе электронного) параметрических, аналитических и синтетических карт геологического содержания, которые позволяют анализировать состояние ГС в целом и по отдельным компонентам, прогнозировать их изменение во времени и пространстве.

Методологическое обоснование построения геоэкологической карты заключается в следующем. *Геоэкологическая карта (ГЭК)* представляет собой

графическое изображение ГС, в составе которой выделяются четыре основных компонента: рельеф (поверхность литосферы), породы и почвогрунты, природные воды и формы проявления экзогенных геологических процессов. В совокупности они составляют фоновую ландшафтную и гидрогеологическую основу геоэкологической карты. Ландшафтные подразделения выделяются по комплексу признаков, ведущим из которых является геоморфологический признак – рельеф, с которым коррелируются все остальные. Гидрогеологические подразделения выделяются на геологической основе.

Ведущую роль в формировании ландшафтов, гидрогеологических и геохимических полей, экстремальных состояний объектов играют геодинамические условия, обусловленные глубинным строением земной коры и степенью активности современных тектонических движений. Геодинамические активные зоны земной коры могут влиять на живые организмы, создавать при этом, так называемые геопатогенные зоны.

Методически традиционная ГЭК строится следующим образом. Разрабатываются легенда и критерии основной и дополнительной геоэкологической информации, способы их отображения. Основными элементами ГЭК являются ландшафты с фоновой геохимической характеристикой и водоносные комплексы (изображаются наиболее выразительным средством – цветом), геодинамические и гидрогеодинамические зоны, выделенные по морфонеотектоническому и структурно-гидрогеологическому анализам (изображаются штриховкой), геохимические и гидрогеохимические аномалии с градацией по экологической значимости (изображаются изолиниями или контурами компонентов, превышающих предельно допустимые концентрации). Дополнительными элементами ГЭК являются: критерии оценки геохимической и геодинамической устойчивости ландшафтов, модуль техногенной нагрузки (показываются крапом), природные неблагоприятные геологические объекты и процессы, техногенные объекты и источники воздействия на ГС (изображаются другими знаками и линиями).

В последние годы во всех видах геологического картографирования, в т.ч. и геоэкологическом, все более широкое применение находят методы автоматизации на основе компьютерных технологий картографирования. Особенно широко внедряются технологии географических информационных систем (ГИС технологии), которые обеспечивают качественно новые возможности использования геоэкологической информации.

Геоинформационное картографирование – это автоматизированное создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний (А.М. Берлянт [21]). Электронные карты обладают рядом преимуществ перед традиционными «бумажными», основными из которых является большая информативность, многовариантность, оперативность, возможность создания картографических моделей нового типа (трехмерные, динамичные, мультимедийные, звуковые и др.). При геоэкологическом геоинформационном картографировании территории Пермского края автором использовались программные средства Arc View GIS и Arc GIS.

Разработанные принципы картографирования и методика построения ГЭК позволяют применять их, как универсальную схему картографического моделирования состояния ГС для различных платформенных регионов, способствуют эффективности изучения литосферы и служат концептуальной основой регионального геоэкологического картографирования и информационной базой природоохранной политики.

Схема формирования системы регионального геоэкологического изучения и картографирования состоит из четырех основных блоков – подсистем, которые являются также методологическими этапами ее формирования (рис. 15.1) [155, 156].

1). Формирование информационной базы данных по методам и объектам в ГИС-технологиях. Основными методами являются: геологические и космогеологические, геоморфологические, геодинамические, геохимические, геофизические, гидрогеологические, инженерно-геологические; основными

объектами – приповерхностные литосфера, рельеф и ландшафты, гидросфера, атмосфера, фитосфера, техносфера.

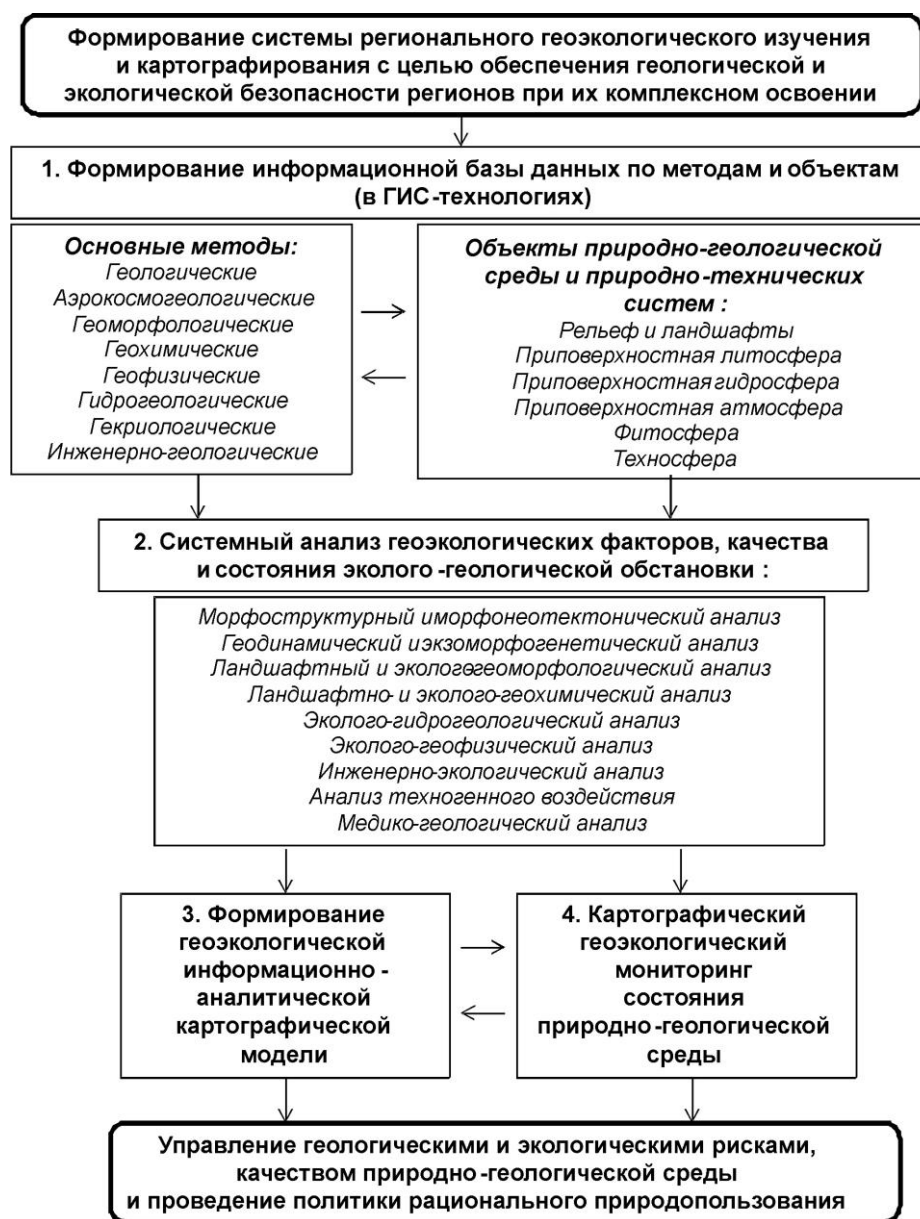


Рис. 15.1. Модель концепции региональных геоэкологических исследований и картографирования [155, 156]

2). Системный анализ геоэкологических факторов, качества и состояния эколого-геологической обстановки и установление причинно-следственных связей – морфоструктурный, морфонеотектонический, линеаментно-геодинамический, экзоморфогенетический, эколого-геоморфологический,

ландшафтно- и эколого-геохимический, эколого-геофизический, эколого-гидрогеологический, инженерно-экологический, техногенного воздействия, медико-геологический анализы.

3). Формирование геоэкологической информационно-картографической модели с применением ГИС-технологий для решения задач федерального и регионального уровня. Это основной картографический этап – создание параметрических, аналитических, синтетических карт геоэкологического содержания; разработка критериев оценки состояния ГС, районирование и ранжирование экологических обстановок. Составляется комплект региональных ГЭЖ, к которым относятся карты мелкого и среднего масштаба (1:1 000 000 – 1:200 000), при этом, применение ГИС позволяет трансформировать их в любой масштаб карт (с учетом кондиционности фактического материала).

Итоговая модель – геоэкологическая карта в четырехлистном варианте, отображающая отдельно поверхностную и глубинную обстановки т.е. – ландшафтную, литосферную, гидросферную составляющие и общую степень экологического состояния: эколого-ландшафтно-геохимическая (с выделением ландшафтных комплексов, геохимических аномалий, геологических процессов, элементов техносферы и др.), эколого-геодинамическая карта (с выделением геодинамических активных зон и сейсмоопасных участков), гидрогеоэкологическая карта (с выделением водоносных комплексов, участков различной степени защищенности подземных вод, гидрогеохимических аномалий) и интегральная карта экологической оценки состояния природно-геологической среды (на основе системы экологических норм по 4 классам: нормы, риска кризиса, бедствия).

4). Картографический геоэкологический мониторинг состояния природно-геологической среды с целью прогноза изменения эколого-геологической обстановки, опасных процессов и зон (объектов) с повышенным социально-экологическим риском вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

В конечном итоге вся система направлена на выполнение основной цели – геоинформационное обеспечение пространственными геоэкологическими данными для устойчивого и безопасного развития территорий, управления геологическими и экологическими рисками и качеством природно-геологической среды при проведении на федеральном и региональном уровнях политики рационального природопользования, обеспечения геологической и экологической безопасности территорий и городов [156, 430].

15.3. Принципы и критерии оценки состояния природной среды

Общая (интегральная) оценка состояния природной (природно-геологической) среды является сложнейшей методико-методологической задачей эколого-геологических исследований. Сложность ее заключается в слабой разработанности научно-концептуальной базы геоэкологии и недостаточном пока еще практическом опыте в разных природно-территориальных, геолого-техногенных и ландшафтно-геохимических условиях. Критериями выделения зон экологического состояния экосистем служит ряд показателей, которые разделяются на тематические (индикационные биотические), пространственные и динамические. Поскольку единого интегрального показателя состояния экосистемы в природе не существует, оценка ее осуществляется на основе определенного числа наиболее представительных показателей, с учетом вышеперечисленных критериев.

В настоящее время существует несколько подходов к обоснованию, ранжированию и классифицированию состояния геологической среды (ГС). Они базируются на концепции предельно-допустимых концентраций (ПДК) или других количественных оценках состояния ГС, на различных комплексных, качественных и композиционных оценках, рассматривая ГС, как природно-техногенную систему, которая ранжируется на несколько категорий, градаций баллов или классов экологического состояния. В нормативно-методических и

инструктивных геологических документах МПР РФ, а также во многих публикациях выделяется разное число таких градаций. На региональном уровне геоэкологических исследований наиболее часто предлагается трех-, четырех- и пятибалльная шкала оценок. Трехбалльная шкала рекомендуется ВСЕГИНГЕО (1990): в «Требованиях к ГЭИК масштаба 1:200 000-1:100 000» [390] с выделением трех категорий территорий с различным состоянием ГС – слабоизмененные, средне измененные и интенсивно измененные; в «Требованиях к ГЭИК масштаба 1:1 000 000-1:500 000» [391] с выделением трех градаций состояния ГС – удовлетворительное, условно удовлетворительное и неудовлетворительное. В «Методических указаниях по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:1 000 000-1:500 000» [296] рекомендуется выделять уже четыре градации состояния ГС – благоприятное, условно благоприятное, неблагоприятное и весьма неблагоприятное (в соответствии с «Критериями оценки экологической обстановки территорий» [265]). При этом за главный картографируемый показатель берется интегральный (суммарный балл определяемый экспертным путем). По классификации ВСЕГЕИ [100, 299] выделяются 5 категорий экологической ситуации: благоприятная, удовлетворительная, напряженная, кризисная, и катастрофическая. В мировой практике чаще всего используется шестибалльная шкала измененности верхних горизонтов литосферы (оценки ее состояния): неизменная, слабоизмененная, среднеизмененная, сильноизмененная, очень сильно измененная и катастрофически измененная. При этом, первая степень (класс состояния) характеризуется значениями прямых критериев ниже ПДК (фона), вторая степень – близкими значениями критериев оценки к ПДК или фону, остальные степени измененности превышают ПДК и фон.

Выделение всех классов состояний не имеет строгого обоснования принятых градаций по отношению к ПДК и фону, и по своей сущности, все они являются «договорными». Как указывают В.Т.Трофимов и Д.Г.Зилинг [396-400], оптимальной на современном этапе является именно четырехранговая оценоч-

ная структура, разработанная для экосистем Б.В.Виноградовым [34], выделяющего четыре уровня природно-антропогенных экологических нарушений – нормы, риска, кризиса и бедствия. В соответствии с этим выделяются: класс удовлетворительного (благоприятного), условно удовлетворительного (относительно неблагоприятного), неудовлетворительного (весьма неблагоприятного) и катастрофического состояния. При использовании предложенного подхода самым важным и принципиальным является даже не столько число выделенных зон и классов состояний, а обязательность соответствия между собой состояния экосистемы в целом и ее абиотической составляющей. Только в этом случае обеспечивается эколого-геологическая оценка состояния объекта исследований. Можно согласиться с данным подходом к эколого-геологическому районированию и оптимальности четырехранговой оценочной структуры, однако авторы в своих работах при выделении классов эколого-геологического состояния приводят различные значения прямых критериев геохимической оценки (ПДК), что затрудняет непосредственное практическое применение этих разработок.

Общая методология геоэкологической оценки является составной частью региональных геоэкологических исследований и картографирования, включает системный анализ природно-геологических и техногенных факторов и ряд методических приемов, связанных классифицированием и ранжированием по экологическому состоянию (рис. 15.2).

Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния разработаны нами для различных природных и урбанизированных территорий [144, 169, 184]. Комплекс критериев оценки состояния природно-геологической среды регионов разработан на основе четырехранговой оценочной структуры [162, 169, 207, 208, 214].

Критерии оценки экологического состояния природно-геологической среды и ее компонентов использованные при составлении карты интегральной геоэкологической оценки Пермского края приведены в табл. 15.1.



Рис. 15.2. Общая методология геоэкологической оценки [214]

Наиболее объективной территорией для проведения экологической оценки, как отмечают многие исследователи является водосборный бассейн. Академик Н.М. Страхов [375] отмечал, что мобилизация веществ осуществляется лучшим образом на водосборных площадях. В соответствии с «Методическими указаниями...[296]» объектом для экологической оценки являются бассейны поверхностного и подземного стока, границами их являются водоразделы и основные дрены. На основе эколого-гидрографического районирования Пермского края (рис. 2.1) выделено 7 основных эколого-гидрографических районов, в пределах которых с учетом границ водосборных бассейнов рек III-V порядка выделено 320 участков с площадями 300-700, в среднем 500 км², для которых произведена оценка экологического состояния ГС.

Таблица 15.1

Критерии оценки состояния природно-геологической среды и ее компонентов

Компоненты природной среды	№ компонента	Геоэкологические параметры и процессы (показатели)	Экологическая оценка (цифры в скобках – оценочные баллы)			
Литогенная основа	1	Сейсмичность в баллах	Допустимое <5 (1)	Умеренно опасное 5-6 (2, 3, 4)	Опасное 7-8 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >8 (8, 9, 10)
	2	Геодинамическая активность (плотность линейных элементов и трещин), балл	Допустимое 1-2 (1)	Умеренно опасное 3 (2, 3, 4)	Опасное 4 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное 5-6 (8, 9, 10)
	3	Пораженность территории ЭГП в % (карст, овраги, оползни, осыпи, обвалы, болота и др.)	Допустимое <5 (1)	Умеренно опасное 5-20 (2, 3, 4)	Опасное 20-30 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >30 (8, 9, 10)
Ландшафты	4	Степень нарушенности ландшафтов (в %)	Не измененные <10 (1)	Слабо измененные 10-25 (2, 3, 4)	Средне измененные 25-50 (5, 6, 7)	Сильно измененные >50 (8, 9, 10)
Почвы	5	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади). Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности	Допустимое < 1 < 1 < 1 (1)	Умеренно опасное 1-1,5 1-2,5 1-5 (2, 3, 4)	Опасное 1,6-3 2,6-10 5,1-20 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >3 >10 >20 (8, 9, 10)
	6	Радиоактивное загрязнение (мкр/час)	Допустимое <16 (1)	Умеренно опасное 16-25 (2, 3, 4)	Опасное 26-35 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >35 (8, 9, 10)
Донные осадки	7	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади). Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности	Допустимое < 1 < 1 < 1 (1)	Умеренно опасное 1-1,5 1-2,5 1-5 (2, 3, 4)	Опасное 1,6-3 2,6-10 5,1-20 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >3 >10 >20 (8, 9, 10)
Подземные воды	8	Химическое загрязнение подземных вод зоны активного водообмена (ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	Допустимое < 1 < 1 (1)	Умеренно опасное 1-5 1-50 (2, 3, 4)	Опасное 5-10 5-100 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >10 >100 (8, 9, 10)
Поверхностные воды	9	Хим. загрязнение поверхностных вод (ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	Допустимое < 1 < 1 (1)	Умеренно опасное 1-5 1-50 (2, 3, 4)	Опасное 5-10 5-100 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >10 >100 (8, 9, 10)
	10	Загрязнение поверхностных вод пестицидами	Допустимое (1)	Умеренно опасное (2, 3, 4)	Опасное (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное (8, 9, 10)
Приповерхностная атмосфера	11	Комплексное загрязнение воздуха (модульное количество выбросов ЗВ, т/км ²)	Невысокое <2 (1)	Среднее 2-4 (2, 3, 4)	Высокое 4-10 (5, 6, 7)	Очень высокое >10 (8, 9, 10)
Суммарная оценка состояния природной среды и ее компонентов			Благоприятное (<20)	Условно благоприятное (20-40)	Неблагоприятное (40-60)	Весьма неблагоприятное (>60)

В качестве оценочных критериев рассматриваются 7 основных компонентов: почвы, донные осадки, литогенная основа, подземные воды, поверхностные воды, ландшафты (растительность), приповерхностная атмосфера.

Эти крупные подразделения разбиты на более мелкие единицы (показатели). Всего выделено 11 наиболее важных показателей.

Каждый критерий (показатель) по каждому участку оценивался по 10 балльной шкале, учитывающих 4 класса экологического состояния в зависимости от степени экологической опасности.

Экологическая оценка состояния природно-геологической среды приведена в баллах, главный картографируемый показатель – интегральный (суммарный) балл, определяющий экологическое состояние геологической среды и ее компонентов: благоприятное состояние < 20 баллов (на карте – зеленый цвет); условно благоприятное – 20-40 баллов (желтый цвет); неблагоприятное – 40-60 баллов (розовый цвет); весьма неблагоприятное > 60 (красный цвет).

15.4. Комплексная (интегральная) оценка и районирование территории Пермского края по экологическому состоянию природной среды

Основные результаты по геоэкологическим исследованиям и картографированию территории Пермского края (Копылов и др., 2001ф), [142, 143, 169, 172, 184, 185, 195, 199, 202] в оценочном блоке основных карт представлены четырехлистном вариантом геоэкологической карты (ГЭК) составленным автором. Ниже представлены схематические и уменьшенные варианты этих карт:

- первый лист – собственно геоэкологическая карта (или эколого-ландшафтно-геохимическая) (рис. 15.3, 15.4),
- второй лист – гидрогеоэкологическая карта (рис. 15.5, 15.6),

– третий лист – эколого-геодинамическая карта (карта геодинамических активных зон – рис. 15.7),

– четвертый лист – карта оценки геоэкологического состояния (интегральной геоэкологической оценки) (рис. 15.8, 15.9).

Первые три карты являются фактологическими, построенными путем совмещения информации, отображенной на многих исходных интегральных и параметрических картах (ландшафтных, геологических, геодинамических, гидрогеологических, геохимических, гидрогеохимических, ЭГП, сейсмичности, техногенной и ситуационной нагрузки и других). Отображая компоненты геологической и географической среды, первая – по ландшафтам, вторая – по литосфере, третья – по гидросфере, вместе, они являются моделью, которая характеризует состояние природной среды на конкретный промежуток времени. На картах визуально видно, какая высокая техногенная нагрузка существует в Пермском крае.

В настоящее время в крае лишь небольшие площади на севере и востоке условно можно отнести к природным ландшафтам. Огромные территории занимают техногенно-измененные и техногенно образованные ландшафты (селитебные и промышленные зоны, сельскохозяйственные земли, транспортные коммуникации, карьерные поля, золоотвалы, шламоотстойники). Многие из них являются прямыми источниками загрязнения природно-геологической среды. Сформировались огромные по территории комплексные аномальные геохимические поля по многим компонентам – подземным и поверхностным водам, донным осадкам, почвенному покрову. На изученной части территории комплексные гидрогеохимические АЗ занимают площадь 78200 км², составляя 48,7% всей территории края; комплексные литогеохимические АЗ занимают площадь 67993 км², составляя 42,3 %.

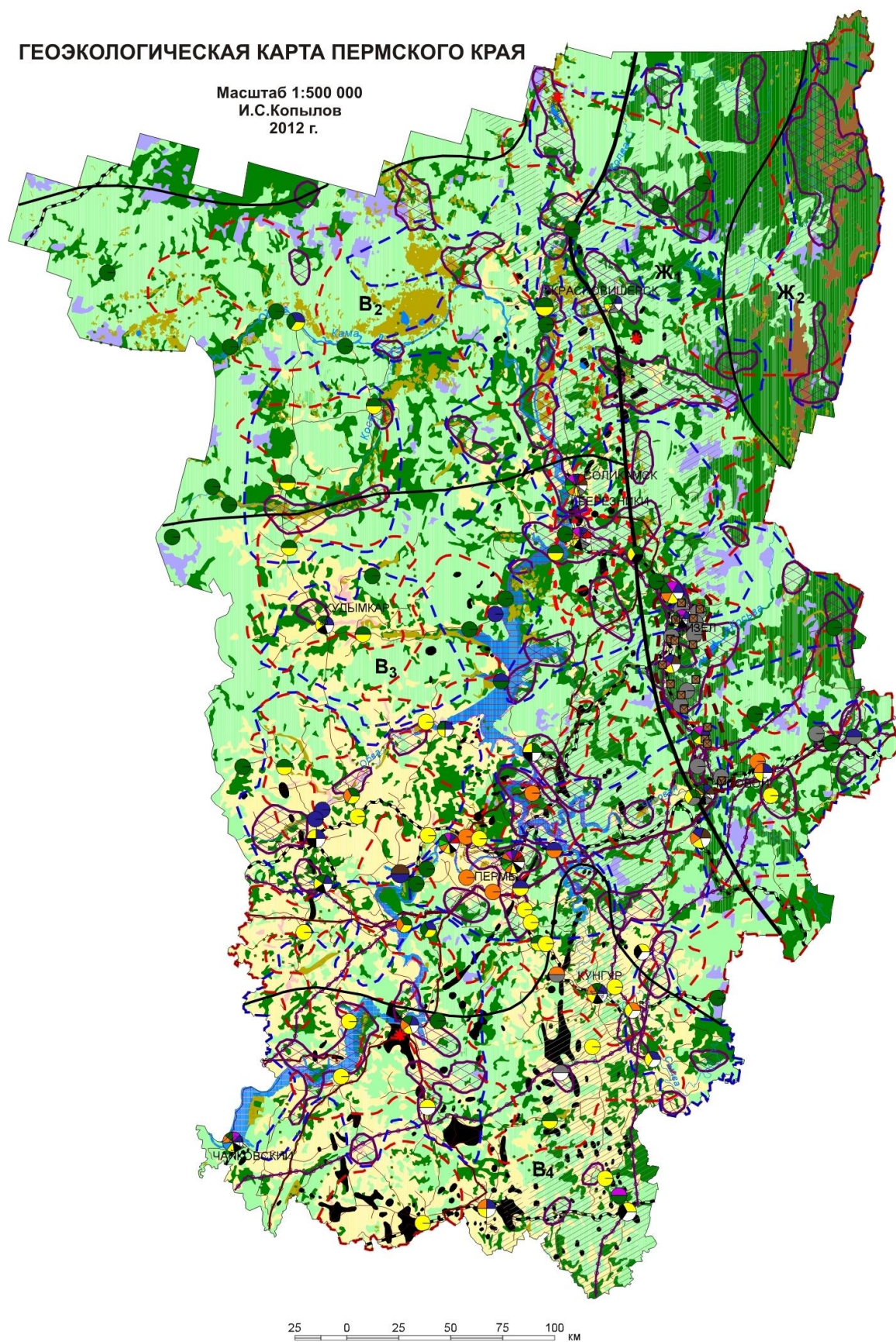


Рис. 15.3. Геоэкологическая карта Пермского края

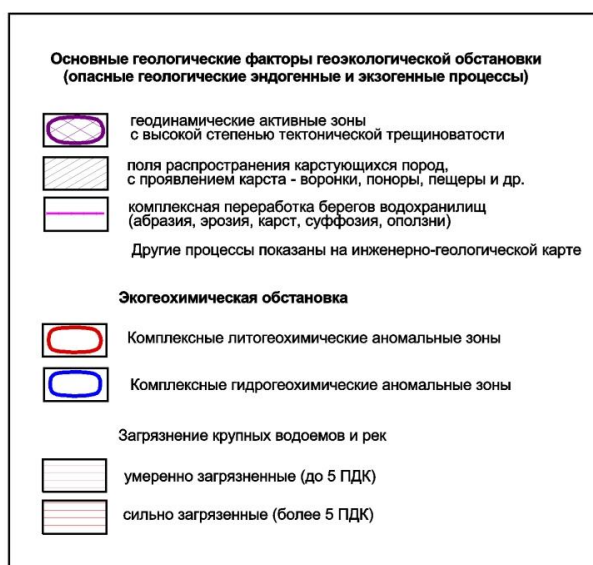
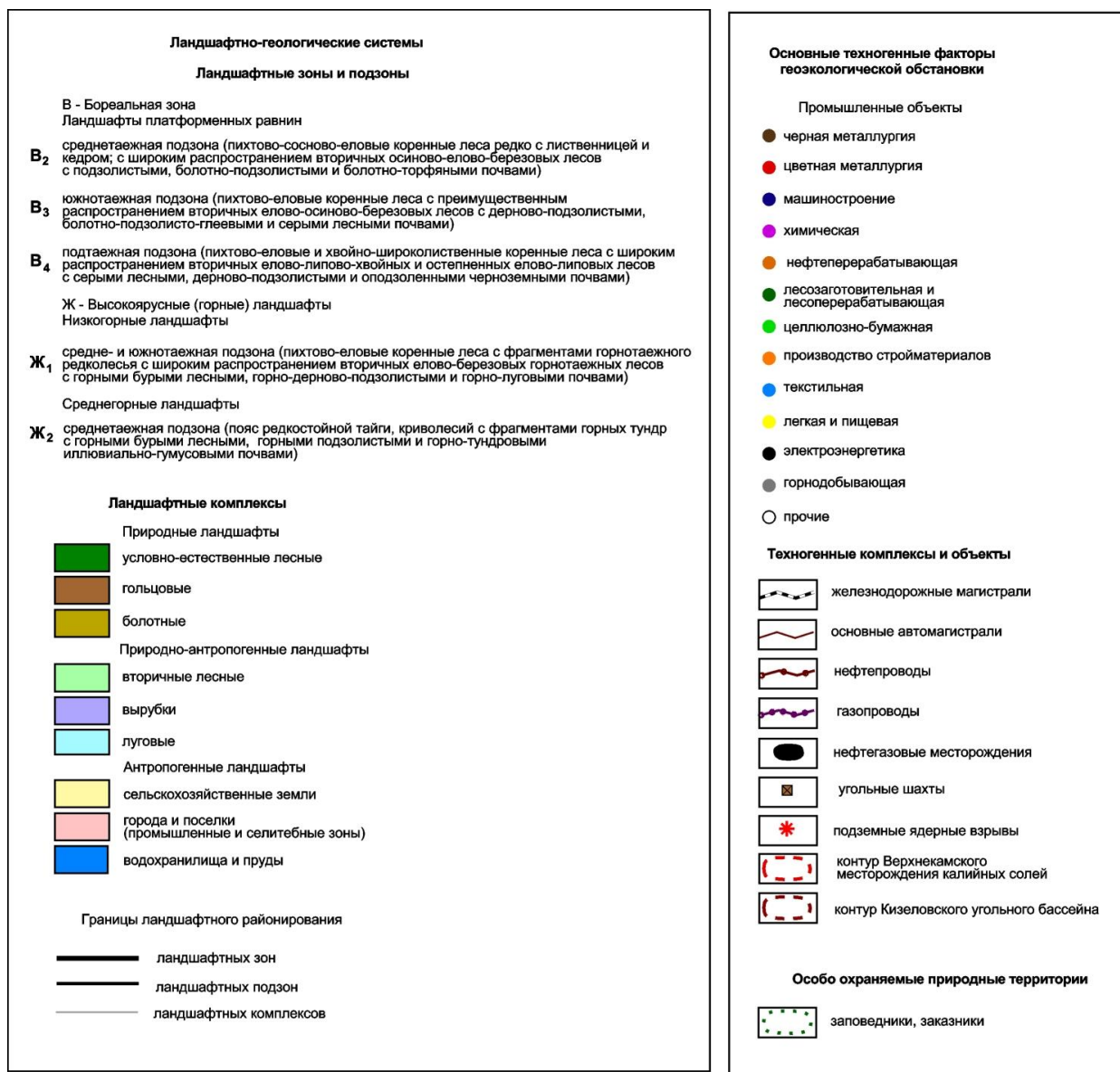


Рис. 15.4. Легенда к геоэкологической карте Пермского края

**ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
ПЕРМСКОГО КРАЯ**

Масштаб 1:500 000
И.С.Копылов
2012 г.

The map displays the Perm Krai with 14 numbered regions, each containing specific chemical elements and geological features. The regions are outlined in blue and numbered 1 through 14. The elements listed in each region are as follows:

- Region 1:** Mn, Ni, Br, B, Ba, Be, Pb, Cr, Sr, Zn, R, P1a-ar, C2-3, P1sl, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 2:** Pb, Mn, Ba, P, Sb, O1-2, O2-3, V1, R.
- Region 3:** Mn, Ba, Br, Be, Bi, Pb, Cr, Co, Ni, Zn, P1k, D2-C1, P1sl, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 4:** B, Br, Ba, Mn, F, Ni, Be, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 5:** Br, Ba, Mn, V, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 6:** Br, Ba, Cd, Mn, Ni, Be, Pb, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 7:** B, Br, Mn, Cd, Ti, Pb, F, Ba, Ni, Sr, V, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 8:** Be, Cd, Ni, Cr, Pb, Mn, V1, R, O2-3, D2-C1, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 9:** Br, B, Ba, Ni, Sb, Cd, Mn, Be, Pb, Cr, Sr, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 10:** Br, Cd, Mn, Cr, Be, Ba, Sr, F, Ni, V, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 11:** Ti, Ba, Sr, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 12:** Cd, Mn, Ti, R, Be, Ba, Ni, Pb, D2-C1, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 13:** B, Br, Ba, Mn, Sb, Pb, Ti, Sr, V, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.
- Region 14:** Mn, Br, B, Ti, Ba, Be, Sr, Pb, P1a-ar, P1ss, P2ur, P3sd, T1, J2.

The map also shows the Kama River (Кама) and the city of Perm (Пермь). A scale bar at the bottom indicates distances from 0 to 100 km.

414

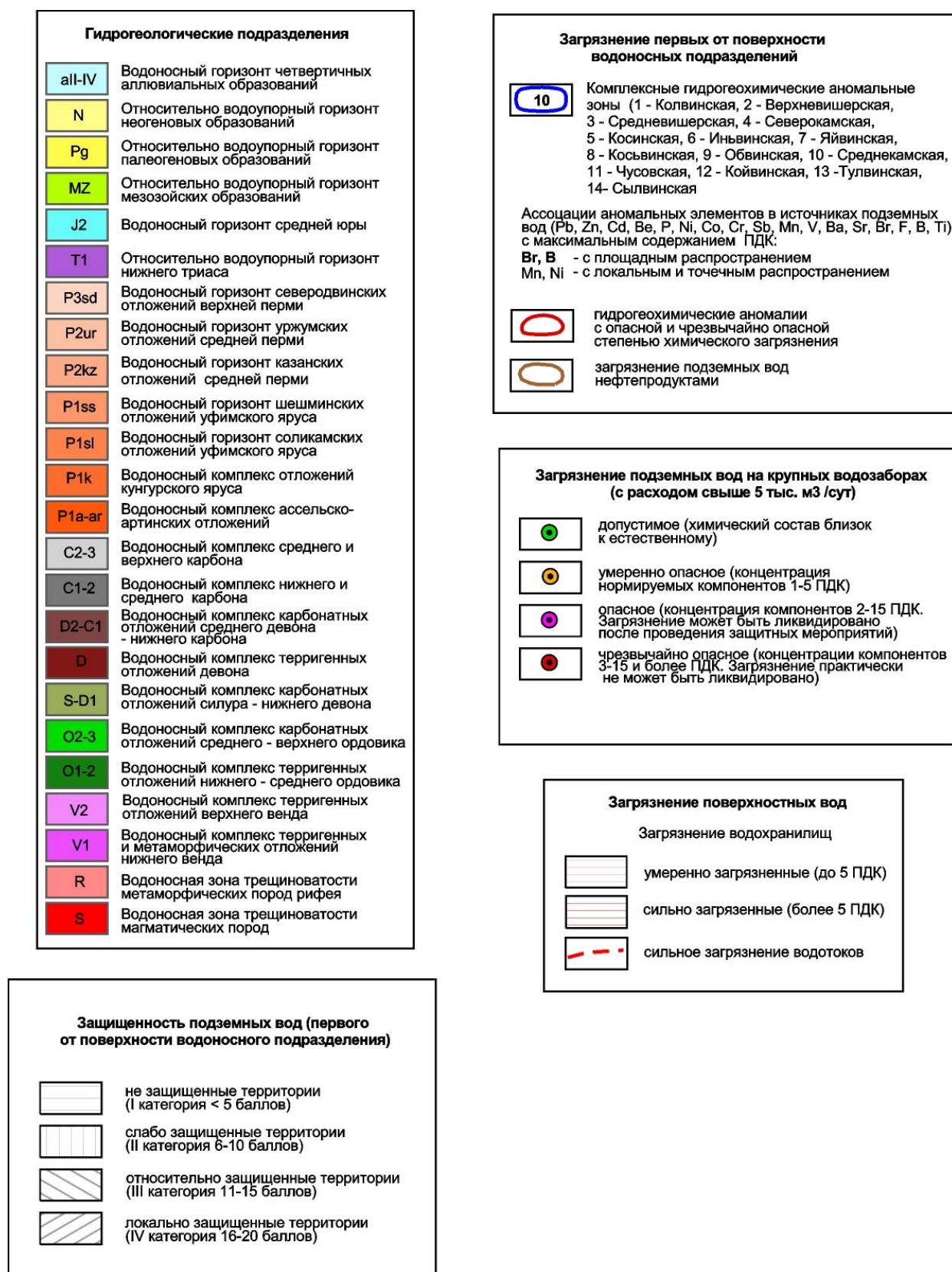


Рис. 15.6. Легенда к гидрогеоэкологической карте Пермского края

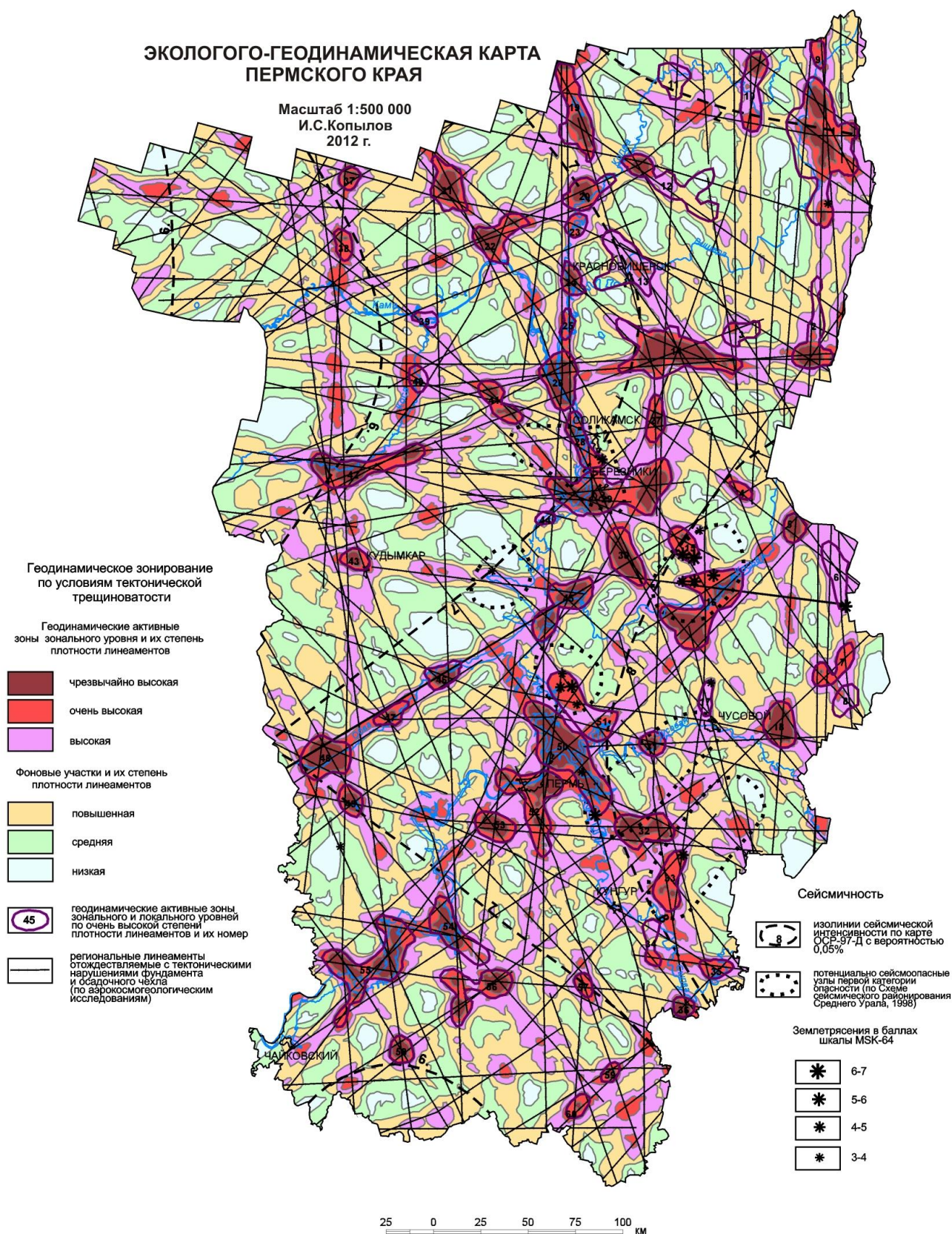


Рис. 15.7. Эколого-геодинамическая карта Пермского края

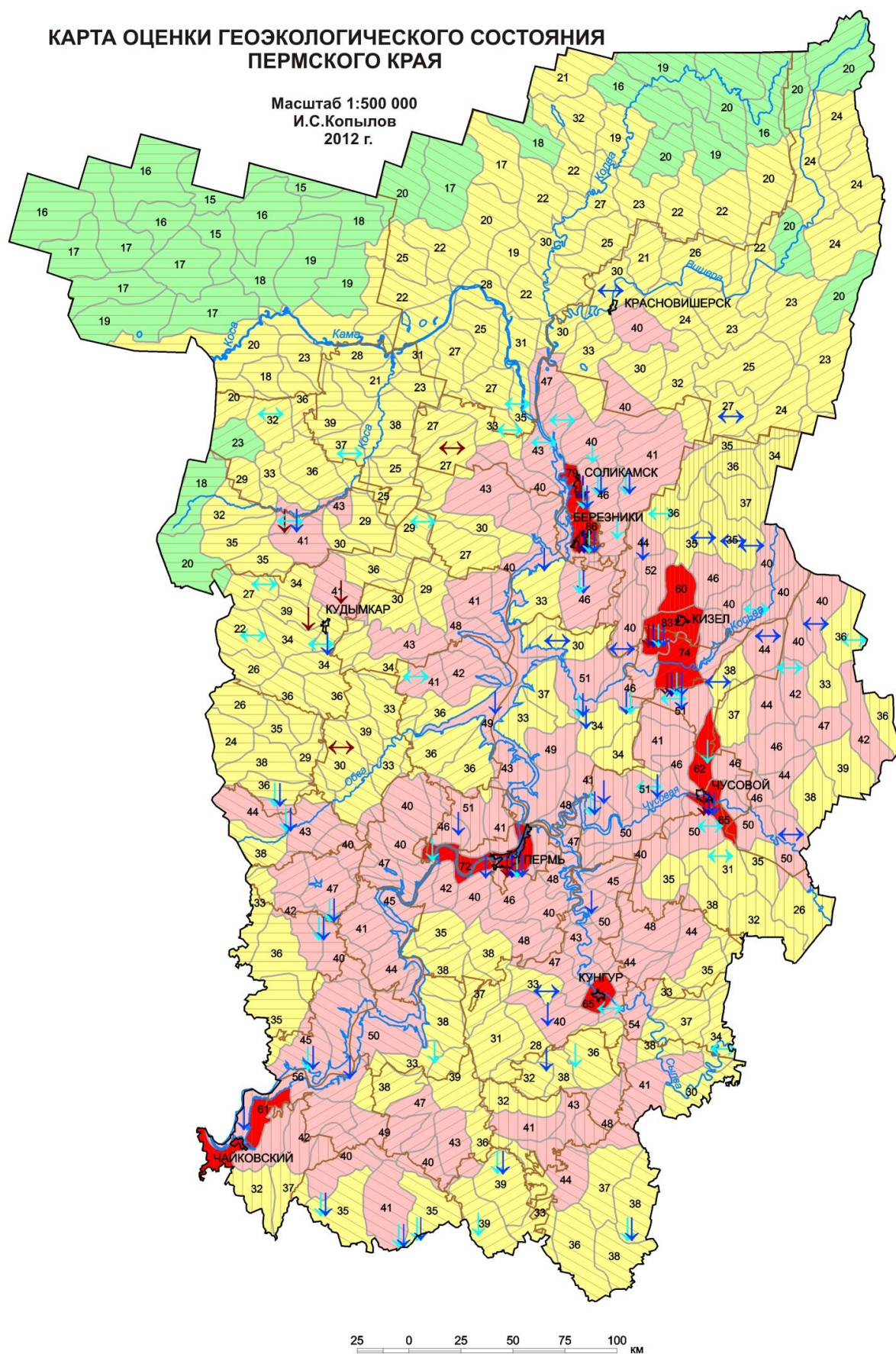


Рис. 15.8. Карта оценки геоэкологического состояния Пермского края

Критерии оценки состояния природной среды и ее компонентов

Компоненты природной среды	№ компонента	Геоэкологические параметры и процессы (показатели)	Экологическая оценка (цифры в скобках - оценочные баллы)			
Почвы	1	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади распространения). Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности	Допустимое <1 <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-1,5 1-2,5 1-5 (2, 3, 4)	Опасное 1,6-3 2,6-10 5,1-20 (5,6,7)	Чрезвычайно опасное >3 >10 >20 (8, 9,10)
	2	Радиоактивное загрязнение (мкр/час)	Допустимое <16 (1)	Умеренно опасное 16-25 (2, 3, 4)	Опасное 26-35 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >35 (8, 9,10)
Донные осадки	3	Химическое загрязнение (по ПДК в зависимости от класса опасности и площади распространения). Элементы: 1 класс опасности 2 класс опасности 3 класс опасности	Допустимое <1 <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-1,5 1-2,5 1-5 (2, 3, 4)	Опасное 1,6-3 2,6-10 5,1-20 (5,6,7)	Чрезвычайно опасное >3 >10 >20 (8, 9,10)
	4	Пораженность территории ЭПТ в % (карст, овраги, оползни, осыпи, обвалы, болота и др.)	Допустимое <5 (1)	Умеренно опасное 5-20 (2, 3, 4)	Опасное 20-30 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >30 (8, 9,10)
Подземные воды	5	Эндемические процессы (сейсмичность в баллах)	Допустимое <5 (1)	Умеренно опасное 5-6 (2, 3, 4)	Опасное 6-9 (5, 6, 7)	Чрезвычайно опасное >9 (8, 9,10)
	6	Химическое загрязнение подземных вод зоны активного водообмена (в ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности (с учетом состояния на водозаборах)	Допустимое <1 <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-5 1-50 (2, 3, 4)	Опасное 5-10 5-100 (5,6,7)	Чрезвычайно опасное >10 >10-100 (8, 9,10)
Поверхностные воды	7	Химическое загрязнение поверхностных вод (в ПДК): 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	Допустимое <1 <1 <1 (1)	Умеренно опасное 1-5 1-50 (2, 3, 4)	Опасное 5-10 5-100 (5,6,7)	Чрезвычайно опасное >10 >10-100 (8, 9,10)
	8	Загрязнение поверхностных вод пестицидами	Допустимое (1)	Умеренно опасное (2, 3, 4)	Опасное (5,6,7)	Чрезвычайно опасное (8, 9,10)
Ландшафты	9	Степень нарушенности (в%)	Практически не измененные <10 (1)	Слабо измененные 10-25 (2, 3, 4)	Средне измененные 25-50 (5, 6, 7)	Сильно измененные >50 (8, 9, 10)
Приповерхностная атмосфера	10	Комплексное загрязнение воздуха (модульное количество выбросов ЗВ, т/км²)	Низкое <2 (1)	Среднее 2-4 (2, 3, 4)	Высокое 4-10 (5, 6, 7)	Очень высокое 10-122 (8, 9, 10)
Суммарная оценка состояния природной среды и ее компонентов			Благоприятное <20	Условно благоприятное (20-40)	Неблагоприятное (40-60)	Весьма неблагоприятное >60

Влияние геологической среды на здоровье людей

Заболееваемость населения по районам края (количество случаев на 3000 населения)

	1700 - 2500
	2501 - 3500
	3501 - 4500
	4501 - 6000
	6001 - 8500

Экологическое состояние компонентов природной (в том числе геологической) среды

Цвет контура	Экологическое состояние природной среды		
	Суммарный оценочный балл	Экологическое состояние	Экологические зоны для экосистем
	<20	Благоприятное	Нормы
	20-40	Условно благоприятное	Риска
	40-60	Неблагоприятное	Кризиса
	>60	Весьма неблагоприятное	Бедствия

контуры участков экологической оценки (на основе эколого-гидрографического районирования)

Направленность изменений компонентов природной (в том числе геологической) среды

Характер направленности	Компоненты			
	геологической среды			природной среды
	почва и техногенная нагрузка	донные осадки	подземные воды	поверхностные воды
улучшение				
стабилизация	↔	↔	↔	↔
ухудшение	↓	↓	↓	↓

Рис. 15.9. Легенда к карте оценки геоэкологического состояния Пермского края

Трудно оценить влияние тех или иных факторов техногенных или природных процессов или их результатов на здоровье людей или на биосферу в целом, поскольку специальных исследований в региональном плане в Пермском крае не проводилось. Однако рис. 15.10 (Копылов и др., 2001ф) дает наглядное представление о заболеваемости населения в сравнении с геолого-экологическими условиями.

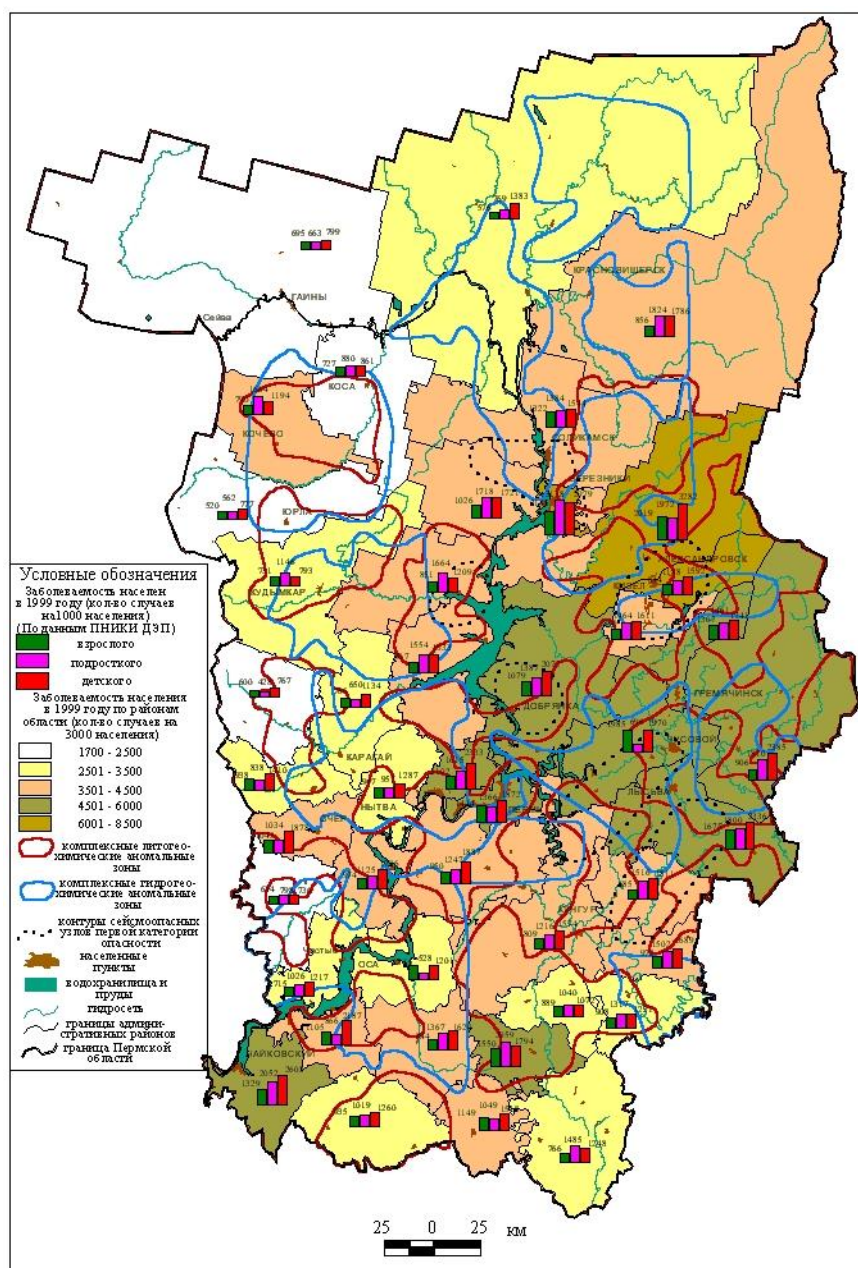


Рис. 15.10. Схема заболеваемости населения Пермского края совмещенная с основными аномальными геохимическими зонами

Наибольшее число заболеваний у всех категорий населения края отмечается именно в зонах геохимических аномалий, геодинамических активных зон, формирующих территории с неблагоприятными, весьма неблагоприятными экологическими условиями.

Также достаточно сложно оценить в настоящее время в Пермском крае региональную направленность изменения природной среды среды. Достоверность этой оценки должна основываться на длительных мониторинговых и режимных наблюдениях по всем ее компонентам, по всей территории. Существующая сеть мониторинга охватывает лишь ограниченные участки наблюдений за подземными и поверхностными водами, а также ЭГП на водохранилищах. Данные этих наблюдений, а также нерегулярные периодические наблюдения свидетельствуют в основном об ухудшении качества вод, об истощении их запасов, реже отмечается некоторая стабильность. Мониторинговых долговременных исследований по почвам, донным осадкам, растительности, снегу в крае не проводилось и имеющиеся эпизодические сведения не несут достаточной информации об этих объектах.

Общие принципы и критерии оценки экологического состояния природно-геологической среды были изложены в разделе 15.3.

Экологическая оценка состояния природно-геологической среды (интегральная геоэкологическая оценка) Пермского края характеризуется следующим образом.

1). Территории с благоприятными экологическими условиями выделены в северо-западной и северо-восточной части Пермском крае и занимают 15% ее территории. К ним отнесены площади с природными условно-естественными лесными или природно-антропогенными (вторичными лесными, частично вырубками, луговыми) ландшафтами и в целом имеют благоприятную (допустимую) степень нарушенности среды. Характеризуется редким развитием слабых по интенсивности и локальных по распространенности природных (в основном это заболоченности) и техногенных опасных

(экологически неблагоприятных) объектов и процессов. Геохимические локальны, характеризуются допустимой степенью загрязнения и не превышают ПДК.

2). Территории с условно благоприятными экологическими условиями занимают наибольшие площади в северной и западной, менее в южной частях края и отдельными пятнами распространены в центральной и восточной частях области. При этом, в северной половине края преобладают значения суммарного оценочного балла до 30, а в южной половине края 30-40 баллов. Общая площадь 48 % территории Пермского края. К ним также отнесены территории с природными ландшафтами (но условно-естественные леса сочетаются с крупными болотными массивами, гольцами в горных районах); преобладают природно-антропогенные ландшафты; в южной и западной части края также развиты сельскохозяйственные антропогенные ландшафты. В целом, характерна удовлетворительная (малая) и напряженная (средняя) степень нарушенности среды, которая характеризуется регулярным проявлением (развитием) разных по интенсивности (но преимущественно слабых) и локальных по распространенности природных и техногенных экологически неблагоприятных процессов и явлений (реже, особенно в восточных районах проявляются опасные ЭГП гравитационного типа и карст, на северо-западе - болота). Геохимические аномалии характеризуются умеренно-опасной степенью загрязнения, в основном не превышают 1,5-5 ПДК (в зависимости от классов опасности); выделяются отдельные локальные и точечные геохимические аномалии с более высоким уровнем ПДК.

3). Территории с неблагоприятными экологическими условиями занимают в Пермском крае большие площади, особенно в центральных и восточных районах, а также в юго-западной и юго-восточной частях края. Общая их площадь 35% территории. К ним отнесены территории природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов; в последних преобладают сельхозугодья, но развиты также селитебные и промышленные зоны,

занимающие значительные площади. В сельскохозяйственных районах преобладает напряженная (средняя) степень нарушенности среды, в промышленных районах отмечается кризисная степень нарушенности среды, которая характеризуется регулярным проявлением умеренно опасных природных и техногенных ЭГП (процессы переработки берегов водохранилищ, карст, оползни, овраги и др.). Выделяются обширные геохимические аномалии, часто с опасной степенью загрязнения (до 3-20 ПДК в зависимости от классов опасности).

4). Территории с весьма неблагоприятными экологическими условиями занимают относительно небольшую площадь, до 3 % территории Пермского края. Выделяется 6 участков: 1). Соликамско-Березниковский (79-86 баллов); 2). Александровско-Кизеловско-Губахинский (60-83); 3). Гремячинско-Чусовской (62-65); 4). Пермско-Краснокамский (72-73); 5). Чайковский (61); 6). Кунгурский участок (61 балл). Эти территории представляют собой практически полностью антропогенные ландшафты с развитием промышленных и селитебных зон. Отмечается катастрофическая степень нарушенности среды, которая характеризуется повсеместным распространением опасных и особо опасных ЭГП и техногенных процессов (существует прямая угроза техногенных или карстовых провалов, подтопления, переработке берегов, сейсмичности - обусловленной повышенной геодинамической активностью). Установлены обширные геохимические аномалии по всем средам с ореолами и потоками с чрезвычайно опасной степенью загрязнений, превышающих 3-20 ПДК (иногда сотни и тысячи ПДК). Отмечается самый высокий уровень заболеваемости населения. Эти районы классифицируются (по классификациям ВСЕГИНГЕО, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ и др.), как территории с катастрофическим экологическим состоянием.

Глава 16

ОЦЕНКА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ И ЕЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

16.1. Районирование и оценка территории по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов

Современная концепция безопасной эксплуатации и развития территорий градопромышленных комплексов основана на идее принятия и внедрения «опережающей стратегии безопасного развития» территорий. В основе этой стратегии находится градостроительное планирование с учетом природных рисков, управление развитием природно-техногенных процессов и явлений, принятие оперативных решений, основанных на системе прогнозирования возникновения ситуаций снижения устойчивости территории, связанных в основном с возникновением и развитием опасных природных процессов. Базовым принципом стратегии является предупреждение и прогнозирование, а не ликвидация последствий опасных процессов и явлений.

Районирование по условиям развития опасных техноприродных процессов (ОПТП) с комплексной оценкой экологического состояния природной среды является важнейшей задачей инженерно-экологических исследований с оценкой территорий по степени опасности возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера.

Геодинамика и техногенез представляют собой два мощных современных фактора планетарного и регионального уровней, которые приводят к глобальному изменению окружающей среды обитания человека и геологической среды, в частности.

Изучение геодинамических зон и применение линеаментно-геодинамического и морфонеотектонического анализа имеют огромное значение для решения различных практических задач. Неотектонические условия играют одну из основных ролей при определении геодинамических и геоэкологических условий территорий. Состояние окружающей природной среды зависит от многих факторов, и контролируется, прежде всего, геодинамическими условиями, обусловленными глубинным строением земной коры и степенью активности современных тектонических движений. В строении земной коры выделяются два основных геодинамических элемента – относительно монолитные геоблоки со стабильным неотектоническим режимом и геодинамические активные зоны со значительно более высокой мобильностью неотектонических движений. Поэтому, при характеристике геоэкологических условий важно выделить эти геоблоки и определить степень неотектонической активности, которая отражается на формировании морфоструктур, геохимических, геофизических полей, водоносных зон, геопатогенных аномалий, в увеличении диапазона экзогенных геологических процессов, на степени инженерной устойчивости территории, на сейсмичности территории.

Результаты методов по выявлению активных геодинамических зон (линеаментно-геодинамического и морфонеотектонического анализа) должны в обязательном порядке использоваться при геоэкологическом районировании территорий с оценкой техноприродных опасностей развития чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Методические основы районирования территорий по степени риска возникновения ЧС природного и техногенного характера были разработаны автором совместно с А.В. Коноплевым, В.В. Михалевым, С.В. Пьянковым [232, 240] в процессе совместной работы Пермского госуниверситета, ФГУП «Геокарта-Пермь», ГУ ГО ЧС. На основе материалов геологических, геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических съемок было проведено районирование территории Пермского края масштаба

1:500 000 (и отдельных районов масштаба 1:200 000) с выделением зон повышенного уровня риска возникновения ЧС техногенного и природного характера [240].

Методологический подход. Для выделения административно-территориальных единиц с повышенным уровнем природного и техногенного риска развития ЧС проводилось оценочное районирование в масштабе 1:500 000 (на первом этапе) и 1:200 000 (на втором этапе) с использованием схемы перекрестного районирования по основным условиям развития ОПТП. Отличие предложенной схемы районирования от других схем, разработанных И.В. Поповым, Г.А. Голодковской, В.Т. Трофимовым и др., состоит в том, что в ней учитывается техногенная составляющая инженерно-геологических условий, а также факторы, определяющие не только относительно статичные характеристики литосферы, но и динамические показатели внешних на нее воздействий.

Основной принцип исследований базируется на системном подходе – комплексности, преемственности и соподчинению масштабов работ. Районирование территорий по риску возникновения ЧС на региональном уровне является единым, не зависимо от масштаба работ. Типологическое районирование (ранжирование условий) проводилось по двум основным индивидуальным информационным группам: регионально-геологическим и социально-техногенным условиям развития ОПТП. При разработке таксонов индивидуального районирования и выбора критериев их выделения учитывался фактор детальности работ и специфика отдельных территорий. Для систематизации и ранжирования таксонов была разработана классификационная схема признаков индивидуальных видов районирования с оценкой их значимости по шкале баллов, присвоенных экспертно каждому индивидуальному признаку районирования с разбивкой на 4 градации.

Методика районирования по условиям развития ОПТП

Методика заключалась в следующем. Районирование проводится в два основных этапа: 1) региональный этап масштаба 1:500 000 (в границах субъектов РФ) и 2) зональный этап масштаба 1:200 000 (в границах отдельных административно-территориальных единиц с повышенным уровнем природного и техногенного риска развития ЧС). При этом проводится два вида индивидуального районирования - по основным регионально-геологическим условиям развития ОПТП и по социально-техногенным условиям развития ОПТП.

Индивидуальное районирование территории Пермского края по основным регионально-геологическим условиям развития ОПТП проводилось с использованием тектонического, неотектонического, геоморфологического и гидрогеологического признаков, которые в совокупности характеризуют современную геодинамическую активность. По их основным признакам обособлены районы I-IV порядков. Районы I порядка выделены по сейсмичности (на основе карты общего сейсмического районирования ОСР-97-С территории РФ). По данным ИФЗ РАН на территории Пермского края выделяется зона наивысшей для всей Восточно-Европейской платформы и Урала сейсмической активности. Вероятность сейсмической опасности может повышаться в пределах территориальных единиц с аномально высоким уровнем техногенной нагрузки. Районы II порядка выделялись по коэффициенту суммарной эрозионной расчлененности рельефа, рассчитанному в условных единицах $\text{м} \cdot \text{км} / \text{км}^2$. Этот показатель характеризует современные геоморфологические и неотектонические условия. Районы III порядка выделены по показателю суммарной линейной плотности мегатрещин. Это наиболее важный геодинамический (тектонический) показатель, при расчете которого учитывались данные среднемасштабного (1:100 000-1:200 000) аэрокосмического дешифрирования. Сопоставление полученных данных показывает, что современная сеть линеаментов и мегатрещин наложена на более древний структурный каркас разломной тектоники и отображает

новейшие деформации пород. Развиваясь на нем и взаимодействуя с ним, она создает постоянно действующий тектонический каркас, который определяет интенсивность современных геологических процессов, протекающих в заключительную фазу неотектонического этапа развития Пермского Предуралья. Районы (участки) IV порядка выделялись по гидрогеологическому показателю – модулю подземного стока. Установлено, что чем выше модуль подземного стока, тем выше вероятность неотектонической активности и, следовательно, выше вероятность развития ОПТП.

Индивидуальное районирование территории Пермского края по социально-техногенным условиям развития ОПТП позволило выделить основные таксоны – комплексы I-IV порядков. Комплексы I порядка обособлены по плотности населения (в чел/км²) – важнейшему показателю, характеризующему степень освоенности территорий. «Человеческий» фактор несомненно занимает приоритетное положение при оценках «уязвимости» территорий от развития ЧС техноприродного характера. Комплексы II порядка выделены с учетом степени общей техногенной нагрузки в границах территориально-административного деления Пермского края. Комплексы III порядка выделены по суммарной линейной плотности магистральных и межпромысловых нефтепроводов и газопроводов, км/км². Большую потенциальную опасность представляют сотни пересечений нефте- и газопроводов с реками, железными и автомобильными дорогами. Комплексы IV порядка выделены по важнейшему техногенному фактору территории – площади подработанных пространств калийными рудниками, напрямую обуславливающими проседание земной поверхности

Пространственные картографические модели по индивидуальным видам районирования территории по каждому информационному блоку создавались с использованием программы ArcView. Сопряжение разнородной информации и пространственное суммирование таксонов было выполнено с использованием Model Builder, который является составной частью Spatial Analyst. В

дальнейшем все карты информационных блоков были преобразованы в грид и методом оверлейного суммирования таксонов были составлены схемы индивидуального районирования.

Конечными таксонами при совмещении двух видов районирования по регионально-геологическим и социально-техногенным условиям развития ОПТП являются природно-технические системы (ПТС), которые были обособлены путем наложения друг на друга независимых индивидуальных по содержанию подсистем районирования. В результате была составлена интегральная схема районирования по природно-техногенным условиям развития ОПТП, на которой выделены ПТС с низкой, средней и высокой вероятностью развития опасных техноприродных процессов.

Проведенное районирование на первом этапе территории Пермскому краю по условиям развития позволило выделить 9 основных территориально-промышленных комплексов (ТПК): 1). Пермско-Краснокамский, 2). Соликамско-Березниковский, 3). Лысьвенско-Чусовской, 4). Кизеловско-Губахинский, 4). Добрянско-Полазненский, 6). Кунгурский, 7). Чайковский, 8). Осинский, 9). Ординско-Суксунский. Все перечисленные ТПК охватывают большие по площади территории и характеризуются высокой вероятностью развития ОПТП, а также неблагоприятными и весьма неблагоприятными экологическими условиями, которые отвечают категориям экологического кризиса или бедствия (рис. 16.1, табл. 16.1).

Результаты данного районирования практически полностью подтверждают результаты геоэкологического районирования масштаба 1:500 000 и комплексной оценки экологического состояния природно геологической среды на территории Пермского края, проведенных автором в процессе регионального геоэкологического картографирования [184]. Но в отличие от первого вида районирования (являющегося результатом уже свершившихся действий техноприродных факторов) второй вид районирования представляет собой в большей степени схему прогнозирования новых техноприродных процессов.

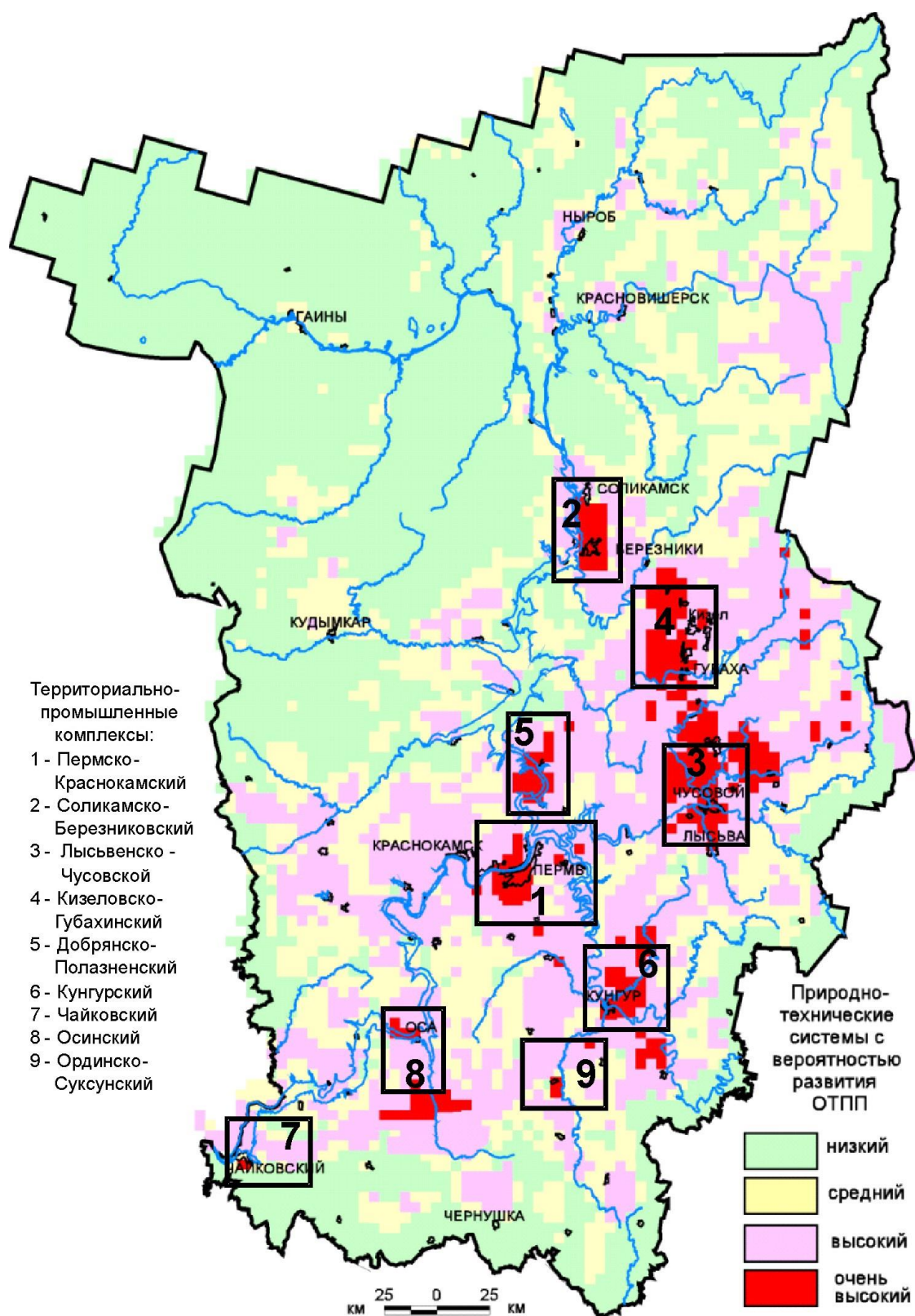


Рис. 6.1. Схема районирования и оценки территории Пермского края по опасностям и рискам возникновения ЧС с экологическими последствиями [221, 240 с изменением]

Классификационная схема районирования территории Пермского края по условиям развития регионально-геологических и социально-техногенных факторов

[169]

Таксоны индивидуального районирования и критерии их выделения	
Регионально-геологические	Социально-техногенные
Районы I порядка (сейсмичность, баллы) - сейсмоопасные (>7) сейсмоопасные (7) сейсмичные (6) слабо сейсмичные (5)	Комплексы I порядка (плотность населения, чел/км ²) плотно заселенные (> 25) средне заселенные (10-25) мало заселенные (5-9) незаселенные (<5)
Районы II порядка (коэффициент эрозионной расчлененности рельефа, м·км/км ²) очень сильно расчлененный (235-505) сильно расчлененный (164-234) средне расчлененный (91-163) слабо расчлененный (< 90)	Комплексы II порядка (общая техногенная нагрузка) очень высокая высокая средняя относительно низкая
Районы III порядка (суммарная линейная плотность линеаментов, км/км ²) очень высокая (28-40) высокая (21-27) средняя (14-20) низкая (0-13)	Комплексы III порядка (суммарная линейная плотность нефтегазопроводов, км/км ²) очень высокая (0,5-1,5) высокая (0,2-0,5) средняя (0,1-0,2) низкая (<0,1)
Участки IV порядка (модуль подземного стока, л·с/км ²) очень высокий (>10) высокий (5-10) средний (0,5-5) низкий (<0,5)	Комплексы IV порядка (подработанные пространства руд- ников и шахт, баллы) очень высокий высокий средний низкий
Конечные таксоны перекрестного районирования - природно-технические системы	

По аналогичной методике проводились работы следующего этапа по районированию территории наиболее сложного – Березниковско-Соликамского промузла масштаба 1:100 000-1:200 000 с выделением зон повышенного уровня риска возникновения ЧС техногенного и природного характера (рис. 16.2) и

некоторых других районов [304]. Данное направление является крайне важным для рационального природопользования и экологии Пермского края, при этом необходимо в выделенных зонах высокого риска возникновения ЧС проведение детальных эколого-геодинамических исследований.

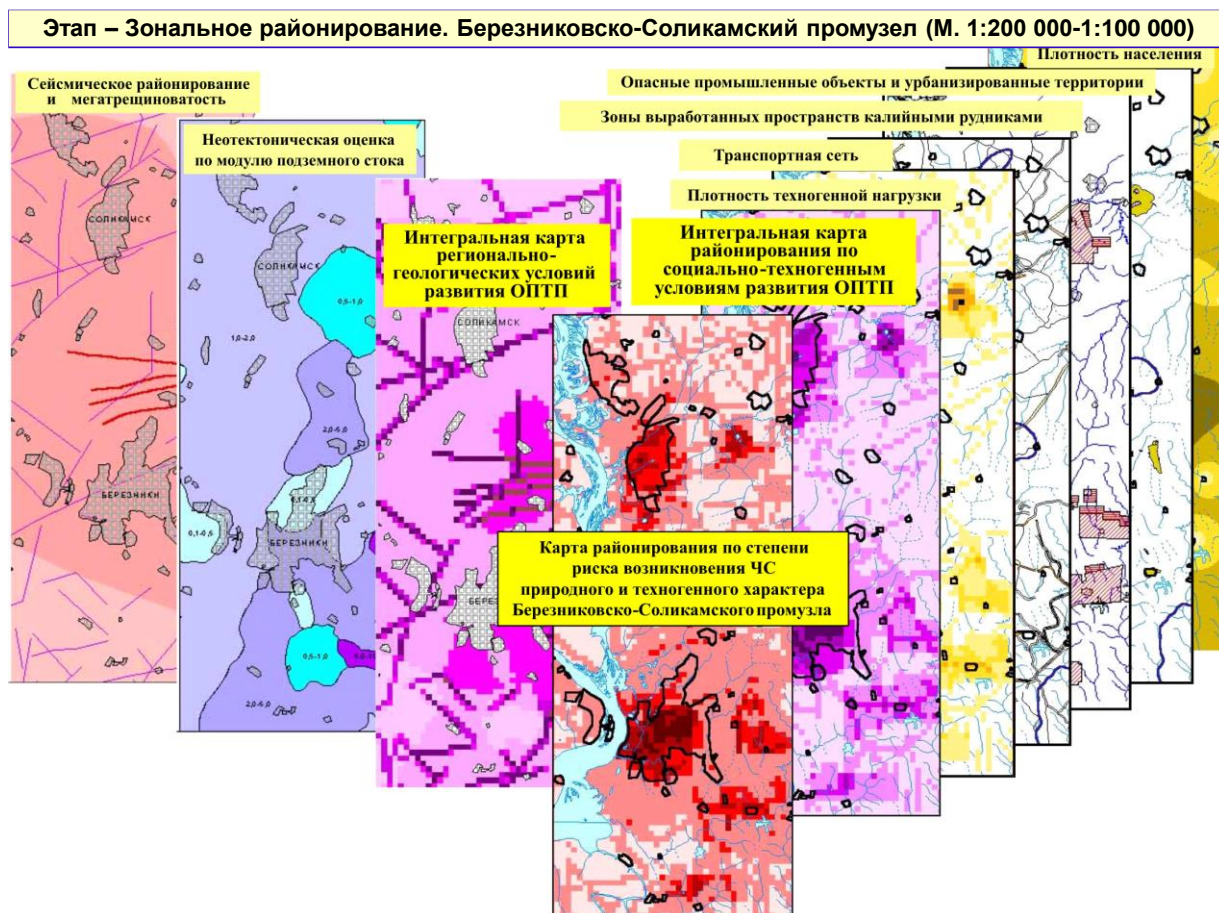


Рис. 16.2. Схема районирования Березниковско-Соликамского промузла по степени риска возникновения ЧС природного и техногенного характера

Особое значение для Пермского края имеет изучение природно-техногенных условий развития ОПТП территорий городов и в первую очередь – наиболее населенной и урбанизированной территории Пермско-Краснокамского ТПК.

В 2010-2012 гг автором совместно с А.В. Коноплевым и др. разработана Концепция геологической безопасности города Перми (рис. 16.3).



Рис. 16.3. Концептуальная модель геологической безопасности города Перми [169, 196]

В процессе формирования Концепции был произведен сбор изученности геологической среды территории г. Перми. Был проведен анализ особенностей геологических инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий территории г.Перми. При этом были рассмотрены геологическое строение, инженерно-геологические условия, гидрогеологические условия, эколого-геологические условия., которые позволили определить основные геологические и геоэкологические проблемы. Геоинформационное и картографическое обеспечение Концепции включало формирование ГИС-проекта «Картографическая основа геологической среды города Перми», составление комплекта базовых карт масштаба 1:100 000. Методическое обеспечение разработки Концепции включало разработку принципов и критериев для создания тематиче-

ческих картографических моделей геологической среды территории города, разработку принципов и критериев для создания единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми [152, 196, 222, 224, 226, 425, 427].

Разработана Программа геологического изучения и картографирования территории города на перспективу (до 2030 г.) с системой программных мероприятий – теоретических, методических, геоинформационных, картографических и организационных основ системы геологической безопасности г. Перми. Концепция разработана впервые, аналогов не имеет. Опыт и методические наработки, полученные при проведении этой работы, могут быть основой для реализации подобных проектов других городов.

16.2. Формирование системы геоинформационного обеспечения геологической и экологической безопасности территорий и их рационального природопользования (на примере создания ГИС-Атласа Пермского края)

Задачи экологической геологии в обосновании управлении экологическими обстановками с целью сохранения ими оптимального состояния сформулированы В.Т. Трофимовым и др. [396], которые важнейшими задачами считают информационно-аналитические и прогнозные задачи. Управление и контроль за инженерно-хозяйственной деятельностью призваны обеспечить рациональное природопользование, нормальное функционирование экосистем. Правильный выбор управляющих решений для рационального природопользования зависит от правильности анализа действующих природных и техногенных факторов и от всего информационно-аналитического обеспечения геологической и экологической безопасности территорий. Из этого следует вывод о важнейшей роли информационно-аналитического обеспечения геологической и экологической безопасности территорий.

В Пермском крае за последний 15-ти летний период в области природопользования и эколого-геологической безопасности на региональном уровне сформирована система геоинформационного обеспечения, состоящая из четырех крупных подсистем (рис. 16.4): ГИС – «Геоэкология», ГИС – «Гидрогеология», ГИС – «Инженерная геология», ГИС – «Геологическое строение и ресурсы недр» [140, 186, 191, 220, 219, 122-125].



Рис. 16.4. Система и подсистемы геоинформационного обеспечения
Пермского края геологической и экологической информацией
для их безопасности и рационального природопользования

Эти подсистемы взаимосвязаны, состоят из подсистем более низкого порядка. Для них разработана структура и состав баз данных и проведено наполнение цифровым картографическим материалом (векторными слоями) и фактическим материалом (полигональным, линейным, точечным). Система поддерживается в актуальном состоянии, базы данных постоянно пополняются – в Министерстве природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края (ГИС ОГВ Пермского края, экологический блок), ПГНИУ (НИЛ ЛГМП ЕНИ, кафедры ИГиОН, ПиРПИ и др.).

Некоторые примеры из ГИС – «Геоэкология», ГИС – «Гидрогеология» приведены на рис. 16.5 и 16.6. Формирование системы информационно-аналитического обеспечения геологической и экологической безопасности территорий и их рационального природопользования покажем на примере создания ГИС-атласа Пермского края, который охватывает основное содержание всей геоинформационной системы.

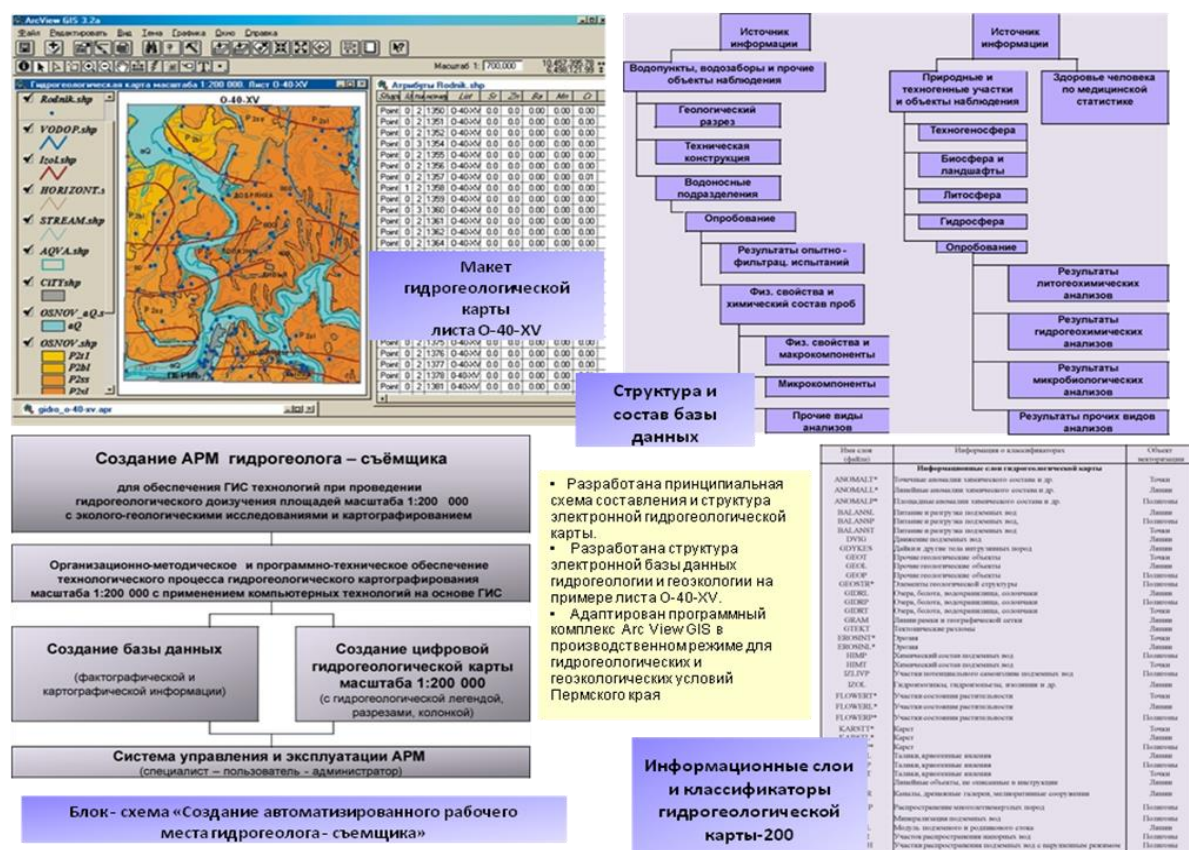
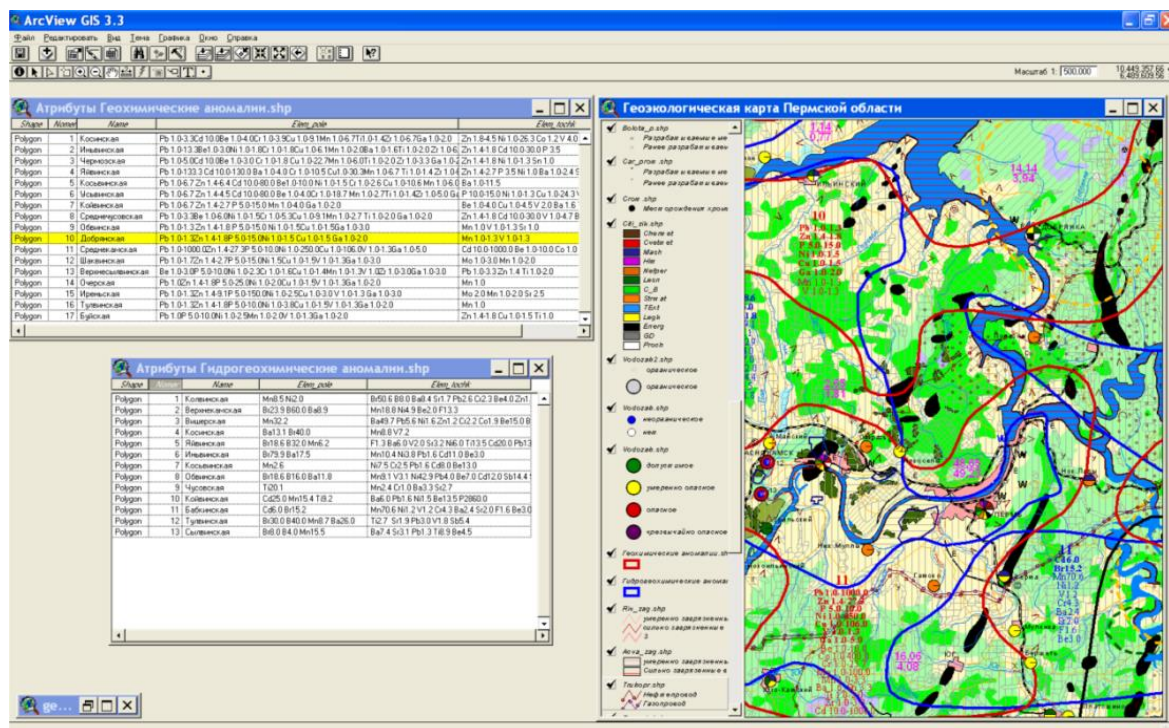


Рис. 16.6. Блок-схема автоматизированного рабочего места (АРМ) гидрогеолога – съемщика для геоинформационного обеспечения проведения гидрогеологического картографирования с эколого-геологическими исследованиями масштаба

В настоящее время издан первый Атлас Пермского края (под общей ред. А.М. Тартаковского [7]), подготовленный большим коллективом специалистов и научных работников нескольких факультетов и подразделений ПГНИУ. Автором совместно с А.В. Коноплевым разработан ГИС-Атлас [217], из которого для полиграфического исполнения выведен тематический блок, включающий 17 карт геологического содержания по разделу «Геологическое строение и ресурсы недр» (табл. 16.2). Поскольку в этот блок были включены и карты экологического и инженерно-геологического содержания, то более правильным названием является ГИС - «Геологическое строение, ресурсы недр, геоэкология и инженерная геология» (далее – Атлас).

Таблица 16.2

Комплект карт геологического содержания в Атласе Пермского края [217]

№ п/п	Раздел. Геологическое строение и ресурсы недр	Формат карт	Издательский масштаб карт	Фактический масштаб карт (источник информации)
1	Геологическое строение. Дочетвертичные образования	A2	1:1 800 000	1:500 000
2	Геологическое строение. Четвертичные образования	A3	1:1 800 000	1:500 000
3	Тектоническое районирование	A3	1:1 800 000	1:500 000
4	Неотектонические блоковые структуры	A3	1:2 500 000	1:500 000
5	Неотектоническая активность	A3	1:1 800 000	1:500 000
6	Геодинамические активные зоны и сейсмичность	A3	1:1 800 000	1:500 000
7	Карст	A3	1:1 800 000	1:500 000
8	Инженерная геология	A3	1:1 800 000	1:500 000
9	Гидрогеология	A3	1:2 500 000	1:500 000
10	Геоэкология	A3	1:2 500 000	1:500 000
11	Гидрогеоэкология	A3	1:2 500 000	1:500 000
12	Интегральная экологическая оценка геологической среды	A3	1:3 000 000	1:500 000
13	Геохимические ландшафты	A3	1:1 800 000	1:500 000
14	Твердые полезные ископаемые	A3	1:1 800 000	1:500 000
15	Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей: геологическая карта с геологическим разрезом, карта тектонической трещиноватости	A2	1:300 000 1:400 000	1:100 000
16	Углеводородные полезные ископаемые	A3	1:1 800 000	1:500 000

Исторические предпосылки создания Атласа. История систематического геологического изучения и картографирования России, в частности Пермского края, насчитывает более 300 лет. В настоящее время проведены тысячи различных геологических работ и опубликованы десятки тысяч книг и статей, посвященных его геологическому строению и полезным ископаемым. Наиболее систематизированными материалами до сих пор остаются крупные монографии, изданные в советский период истории России, в 60-70-е гг. XX в. (Геология СССР. Т. XII [44]; Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал [46]; Инженерная геология СССР. Т.1. Русская платформа [43] и др.), конечно, материалы в них во многом устарели и требуют обновления.

Большое значение для проведения различных видов районирования и типизации геологических условий края имели авторские картографические и научные разработки П.А. Софроницкого, В.М. Проворова (тектоника), И.Д. Соболева, В.А. Лидера, Б.И. Грайфера (геологическое строение), Л.А. Шимановского (гидрогеология, неотектоника), И.А. Печеркина (инженерная геология), Г.А. Максимовича и К.А. Горбуновой (карст) и др., которые в настоящее время продолжены их последователями. Одной из первых комплексных картографических работ стал отчет Пермского госуниверситета о состоянии природных условий и ресурсов Пермской области (1990) под общим руководством Б.М. Осовецкого и руководством Р.Г. Ибламинова (геологический раздел), включающий 28 различных карт, в т.ч. 5 геологических, а также десятки схем и графиков.

Из современных опубликованных работ наиболее информативной является коллективная монография-энциклопедия «Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края» (гл. редактор А.И. Кудряшов, Пермь, 2006) [301], которая включает более 30 различных геологических схем.

Но основным источником информации для разработки Атласа являлся современный картографический материал из геологических научно-исследовательских отчетов, прошедших экспертизу, размещенный в территори-

альных геологических фондах или фондах предприятий.

Целевое назначение Атласа – геоинформационное геологическое обеспечение пространственного развития Пермского края, комплексное изучение геологических систем, общая геологическая оценка территории, планирование освоения природных ресурсов, прогноза геологической опасности, проектирование природоохранных мер и улучшение экологической обстановки, углублённые научные исследования, а также просвещение.

Атлас ориентирован преимущественно на специалистов в сфере науки и промышленности, планирования и развития экономики, минерально-сырьевых ресурсов, рационального природопользования, экологии, просвещения и является базовой основой для подготовки энциклопедического Атласа с полным комплектом основных и дополнительных специализированных карт с многоцелевым назначением для широкого круга пользователей.

Методологические принципы создания ГИС-Атласа.

1). *Системность.* Системный анализ предполагает пространственное отображение полного предметного комплекса геологической информации. Система карт охватывает сферу геологии и ее направлений и делится на подразделы (геологическое строение – дочетвертичные и четвертичные образования, тектоника, неотектоника и современная геодинамика, гидрогеология, инженерная геология, экологическая геология, полезные ископаемые и др.).

2. Интегральный и комплексный (многокомпонентный) характер карт.

Карты Атласа дают преимущественно интегральные характеристики, различные виды районирования, типизации, а также отображают отдельные компоненты геологической среды.

3. Внутреннее единство, взаимодополняемость и согласованность карт.

Обеспечивается общей математической и географической основой всех карт, целесообразным выбором и сопоставимостью проекций и масштабов, согласованием генерализации, легенд, условных знаков, шкал, общим стилем

оформления и дизайна.

4. Региональный уровень информации по пространственному охвату.

Атлас дает геологическую характеристику территории всего Пермского края и отдельных его частей. Карты носят преимущественно обзорный и мелкомасштабный характер.

5. Региональный уровень информации по степени информативности с возможностью детального уровня.

ГИС-Атлас по степени информативности баз данных имеет возможность реализации карт масштаба 1:500 000-1:200 000 и крупнее – на отдельные районы.

6. Современный уровень информации.

Используется современная геологическая информация преимущественно последнего десятилетия, при этом, по возможности, с обновлением данных или с новыми легендами.

7. Оперативность – создание Атласа в минимальные сроки.

Реализация проекта в минимальные сроки предполагала использование наиболее подготовленного картографического материала, поэтому некоторые подразделы отсутствуют или представлены недостаточно (например, геофизика, геохимия, историческая, экономическая геология и др.).

8. Электронный тип ГИС-Атласа.

Общая концепция ГИС-Атласа представлена на рис. 16.6.

ГИС-Атлас представляет два типа – интерактивный и аналитический: интерактивный тип позволяет менять оформление, способы изображения, классификации явлений, масштабировать (увеличивать и уменьшать) изображение, копировать карты; аналитический тип позволяет комбинировать и сопоставлять карты, проводить их количественный анализ и оценку, выполнять взаимное наложение (оверлей).

Проект реализован на платформе ESRI Arc GIS 9.* (расширения Arc GIS Spatial Analyst, Arc GIS Geostatistical Analyst, Arc GIS 3D Analyst).



Рис. 16.7. Концепция ГИС-Атласа «Геологическое строение, ресурсы недр, геоэкология и инженерная геология» [217]

Включает информационный, аналитический и прогнозно-аналитический блоки. Информационный блок составляется из параметрических карт с базами данных по отдельным видам геолого-геофизических, геохимических, неотектонических, геодинамических, геоморфологических, гидрогеологических, геоэкологических и инженерно-геологических данных.

Аналитический и прогнозно-аналитический блоки составляются из аналитических и синтетических карт геологического содержания, при этом прогнозные картографические модели основываются на данных мониторинга состояния природно-геологической среды.

Выходной информацией являются геоинформационные картографические модели и карты (макеты карт) геологического содержания. Макеты карт подготовлены в программе ArcView 3.3 (рис. 16.8 и 16.9).

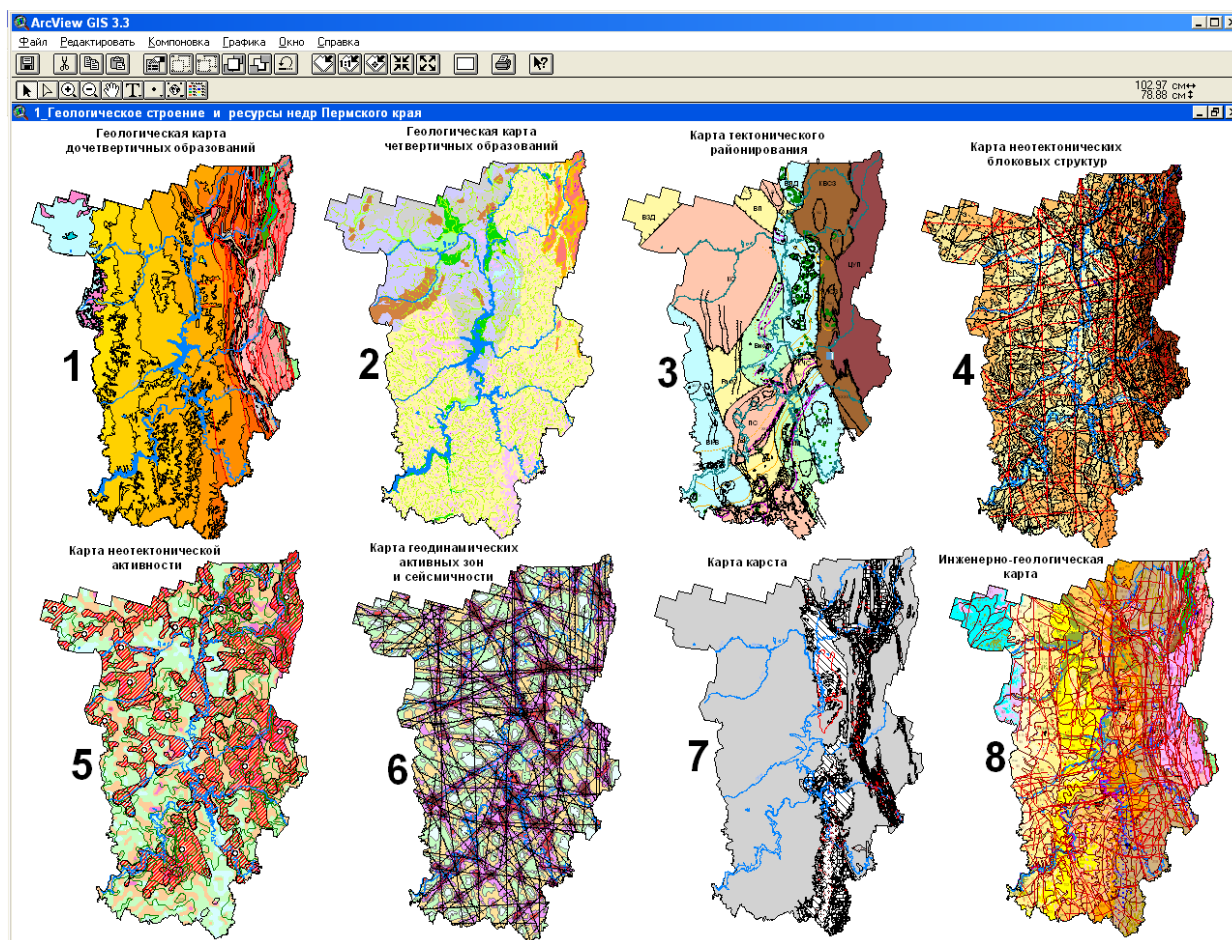


Рис. 16.8. Геоинформационные модели карт геологической среды (1-8)

Содержание карт и легенд Атласа. Атлас включает 15 карт всей территории Пермского края и 2 карты территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС), легенды, фотографии.

Геологическая карта дочетвертичных образований (рис. 16.8-1) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Ушков и др., 2000ф, 2003ф, 2011ф). В легенде и базе данных (БД) приведена литологическая характеристика стратиграфических подразделений и интрузивных комплексов, показаны основные тектонические нарушения, установленные геологической съемкой.

Уточнена легенда геологических подразделений по новой стратиграфической шкале.

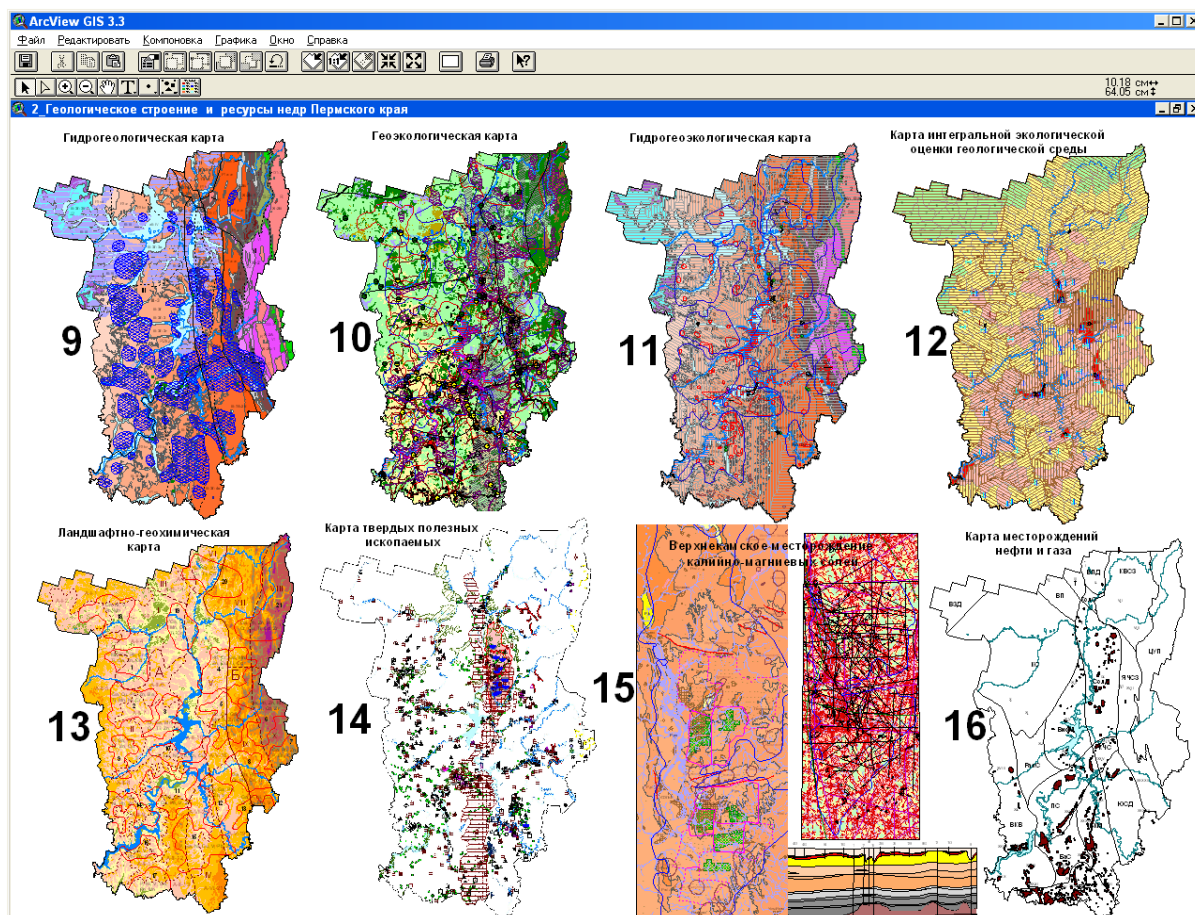


Рис. 16.9. Геоинформационные модели карт геологической среды (9-16)

Геологическая карта четвертичных образований (рис. 16.8-2) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Ушков и др., 2000ф, 2003ф, 2011ф). В легенде и БД приведена литологическая характеристика основных генетических типов четвертичных отложений.

Карта тектонического районирования (рис. 16.8-3) составлена по материалам ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» (2010ф, 2012ф). В основе карты – принятая в настоящее время схема тектонического районирования по Р.О. Хачатрян и В.И. Громеке (1973). В легенде и БД отображены границы крупных и средних тектонических структур, Камско-Кинельской системы прогибов, локальные положительные структуры.

Карта неотектонических блоковых структур (рис. 16.8-4) составлена по

материалам ООО «ПермНИПИнефть» (Копылов, 2006ф) с обновлением. В легенде и БД: неотектоническое районирование на структурно-блоковой основе, региональные линеаменты, отображающие трещинно-разрывные структуры осадочного чехла, динамика новейших тектонических движений.

Карта неотектонической активности (рис. 16.8-5) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2004ф) с обновлением. В легенде и БД: оценка неотектонической активности по комплексу неотектонических критериев, морфоструктуры и новейших поднятий, характеристика суммарных амплитуд новейших поднятий, геодинамические активные зоны различных уровней, выделенные комплексом методов.

Карта геодинамических активных зон и сейсмичности (рис. 16.8-6) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2010ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: геодинамическое зонирование по условиям тектонической трещиноватости, геодинамические активные зоны зонального и локального уровней по очень высокой степени плотности линеаментов, региональные линеаменты по аэрокосмогеологическим исследованиям; сейсмичность – изолинии сейсмической интенсивности по карте ОСР-97, потенциально сейсмоопасные узлы первой категории опасности (по Схеме сейсмического районирования Среднего Урала, 1998), землетрясения в баллах шкалы MSK-64.

Карта карста (рис. 16.8-7) составлена по материалам ПГНИУ (Катаев, Лавров и др., 2010ф), авторы карты – В.Н. Катаев, И.А. Лавров; автор макета карты – А.В. Коноплев. В легенде и БД: районирование карста (районы – по К.А. Горбуновой и др. [56]), поля карстующихся пород; карстовые объекты: пещеры, источники, депрессии, площади соляного карста и др.

Инженерно-геологическая карта (рис. 16.8-8) составлена по материалам ПГНИУ, ГП «Запуралгидрогеология», ФГУП «Геокарта-Пермь» (Коноплев, Копылов и др., 2005ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: инженерно-геологическое районирование, характеристика инженерно-геологических фор-

маций коренных пород и геолого-генетических комплексов, характеристика опасных геологических процессов (эндогенных, экзогенных, техногенных и природно-техногенных).

Гидрогеологическая карта (рис. 16.9-9) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь», ГП «Запуралгидрогеология» (Копылов, Алексеева, 2002ф, 2003ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: гидрогеологическое районирование (бассейны подземного стока по ВСЕГИНГЕО, 1990, 1998), характеристика гидрогеологических подразделений, водопроявления (месторождения пресных и минеральных подземных вод, водообильные зоны, родники).

Геоэкологическая карта (рис. 16.9-10) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2001ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: ландшафтно-геологические системы: ландшафтные зоны и подзоны, ландшафтные комплексы, морфогенетические комплексы четвертичных отложений; экогеохимическая обстановка: комплексные литогеохимические и гидрогеохимические аномалии; геодинамические процессы; состояние компонентов природной среды: загрязнение крупных водоемов и рек, загрязнение атмосферного воздуха городов и территорий; основные техногенные комплексы и объекты.

Гидрогеоэкологическая карта (рис. 16.9-11) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2001ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: гидрогеологические подразделения; водообильные зоны; защищенность первого от поверхности водоносного подразделения; загрязнение первых от поверхности водоносных подразделений; загрязнение подземных вод на крупных водозаборах; загрязнение поверхностных вод.

Карта экологической оценки состояния природно-геологической среды (рис. 16.9-12) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2001ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: 320 участков экологической оценки на основе эколого-гидрографического районирования; критерии оценки состояния природной среды и ее компонентов; экологическое состояние компонентов природной среды; направленность изменений компонентов природ-

ной среды; оценка по административным районам влияния геологической среды на здоровье людей; ранжирование территории по 10 критериям, по общей 100-балльной оценочной шкале на 4 класса экологической опасности: нормы, риска, кризиса, бедствия.

Ландшафтно-геохимическая карта (рис. 16.9-13) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Копылов и др., 2004ф, 2012ф) с обновлением. В легенде и БД: ландшафтно-геохимическое районирование; генетический тип ландшафта и геоморфологическая характеристика; геохимическая характеристика: комплексные литогеохимические аномальные зоны, ассоциации аномальных элементов в почвах с площадным распространением.

Карта твердых полезных ископаемых (рис. 16.9-14) составлена по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь» (Ушков и др., 2000ф, 2003ф, 2011ф). с обновлением. В легенде и БД: горючие ископаемые (торф), чёрные металлы (железо, марганец, хром), цветные металлы (алюминий, титан, медистые песчаники), редкие металлы (стронций), благородные металлы (золото, платина), ресурсы горно-химического сырья, ресурсы горно-технического сырья, минерально-строительные ресурсы, самоцветы и поделочные камни (алмазы, уваровит, цитрин, селенит), ресурсы минерального сырья для сельского хозяйства, минеральные краски (волконскоит, охра).

Карта месторождений нефти и газа (рис. 16.9-16) составлена по материалам ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» (2010, 2012). В легенде и БД отражены 238 месторождений нефти и газа (распределенный и нераспределенный фонд по состоянию на 01.01.2012 г.).

Карты Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (рис. 16.9-15) составлены по материалам ФГУП «Геокарта-Пермь», ООО ПГГК (Харитонов и др., 2002ф; Копылов, Хурсик, 2010ф) с обновлением. В легендах и БД: на геологической карте и разрезе дана характеристика стратиграфических подразделений, характеристика обстановки и объектов: разрабатываемых

участков, детально разведанных участков, отрабатываемых (отработанных) полей рудников, нефтегазовых месторождений, месторождений подземных вод и водозаборов, солеразведочных скважин и др.; на карте тектонической трещиноватости отображено геодинамическое зонирование по условиям тектонической трещиноватости, показаны разломы в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле по материалам различных геофизических и геологических исследований.

Разработанный ГИС-Атлас имеет большие возможности практического применения в геологии и геоэкологии для решения различных задач природопользования и геологической безопасности. Вот только некоторые примеры из многочисленных реализованных проектов, которые осуществлялись и проводятся на территории Пермского края с применением нашего геоинформационного обеспечения (рис. 16.10):



Рис. 16.10. Практическое применение геоинформационного обеспечения ГИС – Атласа «Геологическое строение, ресурсы недр, геоэкология и инженерная геология»

- геоинформационное обеспечение и обработка данных ДЗЗ для поисков полезных ископаемых (нефть и газ, золото, алмазы, подземные воды и др.);
- геоинформационное обеспечение и обработка данных ДЗЗ для гидро-геологического, инженерно-геологического и эколого-геологического картографирования и исследований;
- геоинформационное обеспечение и обработка данных ДЗЗ для проектируемых ООПТ и геопарков [24, 209, 210, 347];
- геоинформационное обеспечение проведения мониторинга состояния недр;
- детальная оценка инженерно-геологических условий разрабатываемых и проектируемых участков рудников и других объектов;
- оценка геологических и экологических рисков, районирование территорий по степени риска возникновения ЧС природного и природно-техногенного характера;
- оценка инженерно-геологических условий и геодинамической опасности трасс магистральных нефтегазопроводов и других линейных сооружений;
- комплексная оценка геолого-экономических и инженерно-геологических условий крупных межрегиональных проектов;
- картирование зон повышенной трещиноватости при изучении карстоопасности и других опасных геологических процессов;
- информационно-картографическое обеспечение геологической безопасности городов и территорий;
- информационно-картографическое обеспечение Генеральных планов и схем территориального планирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подготовленная монография представляет собой фундаментальное научное обобщение в области геоэкологии, гидрогеологии и инженерной геологии Западного Урала и Приуралья. Впервые в едином научном труде нашли отражение сведения о состоянии геологической среды, закономерностях формирования и пространственном распространении компонентов природной среды (включая породы, почвы, подземные и поверхностные воды и их геохимические особенности, ландшафтные комплексы, геологические процессы, активные геодинамические зоны и др.) по всей территории Пермского края.

Автор на обширном фактическом материале, собранном в течение многих лет, а также материалов других исследователей изложенных в научных публикациях и фондовой литературе, дает гидрогеологическую, инженерно-геологическую и геолого-экологическую оценку природной среды территории Пермского Приуралья и Урала. Основные методы исследований – геоэкологическое (с комплексом исследований, включая геохимию подземных и поверхностных вод, газов, почв, растительности, снежного покрова), инженерно-геологическое, гидрогеологическое, ландшафтно-геохимическое, неотектоническое картографирование, а также современные дистанционные и геоинформационные технологии.

Изучены закономерности и факторы формирования геоэкологических, гидрогеологических и инженерно-геологических условий, ведущими из которых являются природные (геодинамические, структурно-тектонические, неотектонические, геоморфологические, геохимические) и техногенные факторы, при этом установлено, что наиболее сильно они проявляются в геодинамических активных зонах, где особенно сильно воздействует на окружающую среду.

Разработаны принципы и методология регионального геоэкологического картографирования, основанные на системном подходе к картографическому

отображению информации по геологической и географической среде, которые позволяют применять их, как универсальную схему картографического моделирования состояния геологической среды для различных платформенных регионов. Анализ состояния геологической среды проведен с принципиально новых позиций современной геодинамики и неотектоники, что позволило автору создать новые варианты инженерно-геологической и гидрогеологической карт и 4-листовой вариант геоэкологической карты.

Разработаны научно-методические основы районирования и оценки территорий по опасностям и рискам возникновения природно-техногенных чрезвычайных ситуаций с экологическими последствиями, где большое место уделено технологиям оценки геодинамической активности, что особенно важно для крупных строительных объектов – магистральных нефтегазопроводов и рудников по добыче полезных ископаемых, а также городов и других урбанизированных территорий.

Разработана методология ГИС-атласа, как системы информационно-аналитического обеспечения для принятия управленческих решений с целью рационального природопользования, геологической и экологической безопасности. Составлен атлас карт геологического и геоэкологического содержания на территорию Пермского края с применением ГИС-технологий.

Показано практическое использование разработок, изложенных в монографии в природоохранной и научно-исследовательской деятельности. Многие карты автора, включая геоэкологическую, гидрогеологическую и инженерно-геологическую включены в Атлас Пермского края и используются в природоохранной деятельности.

Подводя итоги проделанным исследованиям можно сделать следующие рекомендации по дальнейшим направлениям изучения, картографирования и оценке природно-геологической среды Пермского края:

- необходимо продолжить региональное геоэкологическое, гидрогеологическое, инженерно-геологическое картографирование территории Пермского

края масштаба 1:500 000 (1:200 000 – 1 000 000) как постоянно действующую мониторинговую систему; с регулярным пополнением базы данных «Региональная геоэкология, гидрогеология, инженерная геология»; с полевыми и лабораторными работами; с доизучением территории до кондиций масштаба 1:500 000;

- необходимо осуществить отдельный проект по проведению ГЭИК масштаба 1:500 000 – 1 000 000 в северной части Пермского края в пределах листов О-39 и О-40, наименее изученным в геоэкологическом отношении и наиболее труднодоступным, и сложным по изучению;

- начать планомерное проведение работ по составлению геоэкологической карты Пермского края масштаба 1:200 000 (ГЭК-200) по единой методике, на основе ГЭК-500. Работы целесообразно комплексировать с гидрогеологическим и инженерно-геологическим доизучением и съемкой масштаба 1:200 000 (ГГД-200, ИГД-200) с целью построения с гидрогеологической и инженерно-геологической карт нового поколения;

- на территориях, где установлено наиболее опасное – катастрофическое экологическое состояние природной среды необходима постановка ГЭИК масштаба 1:50 000–1:100 000. В первую очередь это: Соликамско-Березниковский, Александровско-Кизеловско-Губахинский, Гремячинско-Чусовской-Лысьвинский, Пермско-Краснокамский, Чайковский и Кунгурский аномальные районы. На участках выделенных локальных геохимических и геодинамических аномалий необходимо провести детализационное, опробование почво-грунтов, подземных и поверхностных вод, снежного и растительного покрова, донных осадков; изучить подвижные формы тяжелых металлов в почво-грунтах; провести медико-биологические исследования. Для этих территорий требуется разработка целостной комплексной программы природоохранных мероприятий;

- необходимо организовать комплексный геоэкологический мониторинг на региональном уровне, по всей территории Пермского края, по всем

компонентам природной среды и опасным геологическим процессам, на аномальных и фоновых участках, с характеристикой различных ландшафтно-геологических, инженерно-геологических и гидрогеологических систем с целью разработки прогнозных моделей изменения природно-геологической среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Геохимия и природа глубинных мало-минерализованных вод Урала и Предуральяского прогиба // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 1. С. 72-82.
2. Алексеенко В.А. Геология ландшафта и окружающая среда. М.: Недра, 1990. 142 с.
3. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: Учебник. Второе изд., перераб. и доп. М.: Логос, 2000. 354 с.
4. Аликин Э.А., Белкин В.В., Квиткин С.Ю. Прогноз землетрясений на основе мониторинга уровня подземных вод и дегазации соляного массива // I Всерос. совещ. «Мониторинг геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности». Тез. докл. Березники, 1999. С. 70-71.
5. Анохин В.М. Глобальная дизъюнктивная сеть Земли: строение, происхождение и геологическое значение. С-Пб., Недра, 2006. 161 с.
6. Артюшков Е.В. Геодинамика. М.: Наука, 1979. 327 с.
7. Атлас Пермского края / под общей ред. А.М. Тартаковского. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: Уральский рабочий, 2012. 124 с.
8. Аэрокосмические методы геологических исследований / Под ред. А.В. Перцева. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. 316 с.
9. Бабак В.И. и др. Карта геоморфолого-неотектонического районирования нечернозёмной зоны РСФСР. Масштаб 1:1 500 000. М.: ГУГК, 1984.
10. Бабак В.И. и др. Геофизическая проверка линеаментов в Москве. Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 2. М., 2002. С.112-119.
11. Базилевич А.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986.

290 с.

12. Баньковская В.М. Гидрогеоэкологический мониторинг на предприятиях угольной промышленности // Региональная научно-практическая конференция «Экология горнопромышленного производства»: Сб. докл. Пермь: МНИИЭКО ТЭК, 2000. С. 94-101.

13. Барабошкина Т.А. Теоретические аспекты анализа эколого-геохимической функции литосферы // Геология Западного Урала на пороге XXI века: Мат. регион. научн. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 310-313.

14. Барташевич О.В., Зорькин Л.М., Зубайраев С.Л. и др. Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 1984. 300 с.

15. Батугин А.С. Совершенствование методов оценки геодинамического состояния блочного массива горных пород в целях повышения экологической безопасности освоения недр и земной поверхности / автореф. дис. д-ра тех. наук. М., 2008. 40 с.

16. Белан Л.Н. Геоэкологические основы природно-техногенных экосистем горнорудных районов Башкортостана / автореф. д-ра геол. мин. наук. М., 2007. 50 с.

17. Белый Л.Д. Теоретические основы инженерно-геологического картирования. М.: Наука, 1964.

18. Белкин В.В. Техногенная трансформация геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна / автореф. дис. д-ра геол. мин. наук. Екатеринбург, 2010. 47с.

19. Бембель Р.М. и др. Новый взгляд на источники аварий и проблемы их предотвращения. Труды NDI, вып.1, Нижневартовск, 1994. С.51-54.

20. Бембель Р.М. и др. Геосолитонная природа субвертикальных зон деструкции. Геофизика, спец. вып. М., 2001. С.36-50.

21. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование для решения задач геоэкологии // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 26-31.

22. Блинова Т.С. Прогноз геодинамически неустойчивых зон. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 163 с.
23. Буданов Н.Д. Роль новейшей тектоники и связанных с ней нарушений в гидрогеологии Урала // Сов. геология. 1957, № 58. С.25-39.
24. Бузмаков С.А., Зайцев А.А., Санников П.Ю. Выявление территорий, перспективных для создания природного парка в Пермском крае // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1-6. С. 1492-1495.
25. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.
26. Быков В.Н. Функции литосферы // Геология Западного Урала на пороге XXI века: Мат. регион. научн. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 316-319.
27. Быков В.Н. Экологический приоритет в геологии XXI века // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Мат. регион. науч.-практ. конф. Пермь: Перм. ун-т, 2000. С. 267-270.
28. Быков В.Н. Экология недропользования: Учеб. пособие: В 2 кн. / Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2000. Кн.1. 186 с., Кн.2. 186 с.
29. Быков В.Н., Димухаметов Д.М., Димухаметов М.Ш. Эколого-геологическая обстановка города :Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Быкова. Пермь: Перм. ун-т, 2001. 101 с.
30. Бычков С.Г., Неганов В.М., Мичурин А.В. Нефтегазогеологическое районирование территории Пермского края // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2010. № 2. С. 58.
31. Вартанян Г.С., Голицын М.С., Островский В.Н., Островский Л.А. Проблемы региональных геоэкологических исследований и картографирования в гидрогеологии и инженерной геологии // Разведка и охрана недр. 1998. № 6. С. 12-14.

32. Васьков И.М. Катастрофические обвалы: происхождение и прогноз. Владикавказ: ООО НПВП «Мавр». 2016. 370 с.
33. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Наука, 1989. 261 с.
34. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Изв. РАН. Сер. геогр. 1993. № 5. С. 77-79.
35. Воронов Г.А., Манташев М.А. К определениям и основным направлениям экологии // Геология Западного Урала на пороге XXI века: Мат. регион. научн. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 300-304.
36. Ворончихина Е.А., Ларионова Е.А. Основы ландшафтной хеомэкологии: Учеб. пособие по спецкурсу. Пермь: Изд-во Перм. ун-та., 2002. 146 с.
37. Гаев А.Я. Об эколого-геологических науках и их месте в естествознании // Вестник Пермского университета. Геология. №. 3. 1999. С. 257-270.
38. Гаев А.Я., Карпов Г.Н. О месте экогеологии и геологии в естествознании // Геология Западного Урала на пороге XXI века. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 305-307.
39. Гаев А.Я. Охрана окружающей среды, или введение в геоэкологию: Учеб. пос. для студ. естеств. и тех.н. спец. Пермь: Перм. ун-т, 2001. 244 с.
40. Галицкая И.В. Геохимическая опасность и риск на урбанизированных территориях: анализ, прогноз, управление / автореф. дис. д-ра геол. мин. наук/ М., 2010. 55с.
41. Галкин. В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 6. С. 4-7.
42. Гацков В.Г. Техногенное изменение геологической среды в районах поисков, разведки и эксплуатации месторождений углеводородов на примере

Предуралья и сопредельных территорий / дис. д-ра геол.-мин. наук. М., 2004. 296 с.

43. Геологическое строение СССР. Т.1. Русская платформа. Л., 1985.

44. Геология СССР. Т.ХII. М.: Недра, 1969. Кн. 1. 721 с. Кн. 2. 279 с.

45. Герасимов И.П. Основные принципы и задачи морфоструктурного анализа // Применение геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях. М.: Недра. С. 5-12.

46. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / Под ред. И.К.Зайцева. М.: Недра, 1972. 648 с.

47. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая шк., 1988. 326 с.

48. Глазовская М.А. Принципы районирования территории по условиям природной миграции вещества // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана окружающей среды. М.: Мысль, 1983.

49. Глазырина Н.С., Топорков В.Я., Дубейковский С.Г. Применение новых методов контроля за состоянием окружающей среды при проведении эколого-геологического картирования // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. II. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 193-195.

50. Говард А.Д., Ремсон И. Геология и охрана окружающей среды: Пер. с англ. / Под ред. Ю.К.Буркова. Л.: Недра, 1982. 583 с. Пер. изд.: США, 1978.

51. Голицын М.С., Островский Л.А., Пугач С.Л. и др. Принципы гидрогеологической стратификации и районирования территории России // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 142-145.

52. Голодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. М.: Недра, 1989. 220 с.

53. Голодковская Г.А., Куринов М.Б. Геоэкологическое картографирование: методологические основы, подходы, опыт реализации. // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф.

Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 20-22.

54. Голубов Б.Н. Подземные ядерные взрывы как фактор снижения ресурсного потенциала недр России // Всерос. съезд геологов и науч.-практ. конф. «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века»: Тез. докладов. Кн.4. С.Петербург: ВСЕГЕИ, 2000. С.306-308.

55. Гольдберг В.М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра: 1984. 262 с.

56. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1992. 200 с.

57. Горшков С.П. Эколого-географические основы охраны природы. М.: Изд-во МГУ, 1992. 124 с.

58. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист О-40 Пермь. Объяснительная записка / В.П. Водолазская, И.П. Тетерин, В.А. Кириллов, Л.И. Лукьянова и др. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 497 с.

59. Гриценко А.И., Зотов Г.А. Научно-прикладные геодинамические проблемы разработки месторождений природного газа. – В кн. Проблемы геодинамической безопасности. ВНИМИ. С-Петербург, 1997. С.186-193.

60. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография» // М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2012. 91 с.

61. Гридин В.И. Основные положения организации и проведения системно-аэрокосмического изучения нефтегазоносных территорий. Метод. рекомендации. МИНХ и ГП. М., 1984.

62. Гридин В.И. Структурное дешифрирование материалов дистанционного зондирования. ООО МИНГ им. И.М. Губкина. М., 1987. 99 с.

63. Гридин В.И., Дмитриевский А.Н. Системно-аэрокосмическое изучение нефтегазоносных территорий. М.: Наука, 1994.

64. Грязнов О.Н. Геоэкологическое картирование как метод оценки со-

стояния геологической среды горнодобывающих районов // Геоэкологическое картографирование: Мат. Всеросс. конф. М.: Геоинформмарк, 1998. Ч. 2. С. 90-91.

65. Грязнов О.Н. Инженерно-геологические условия Урала: науч. моногр. Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2017. 240 с.

66. Грязнов О.Н., Брусницын В.Д., Бордокова В.Г. Методические основы геоэкологического районирования урбанизированных территорий (на примере Песчанско-Воронцовского рудного поля) // Известия УГГГА. Вып. 15. Серия: Геология и геофизика. 2002. С. 243-252.

67. Губайдуллин М.Г. Геоэкологическая оценка и прогноз состояния территории при освоении минерально-сырьевых ресурсов Европейского Севера России / автореф. д-ра геол. мин. наук, 2003. 47 с.

68. Гуляев А.Н. Сейсмотектоника центральной части Уральского региона // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Мат. конф. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 99-102.

69. Гуляев А.Н., Дружинин В.С. К вопросу о детализации карт ОСР – 97 центральной части Уральского региона // Уральский геофизический вестник. № 9 (сб. статей). Екатеринбург: УрО РАН, 2006. С. 9-15.

70. Гуман О.М. Эколого-геологические условия полигонов твердых бытовых отходов Среднего Урала / дис. д-ра геол. мин. наук. Екатеринбург, 2009. 351 с.

71. Даль Л.И., Копылов И.С. Картографическая концепция оценки медико-экологических опасностей, рисков и геоэкологических ситуаций // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 67-74.

72. Даль Л.И., Копылов И.С. Картографическое моделирование и оценка экологических рисков южной части Пермского края // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2018. № 18. С. 266-269.

73. Двинских С.А., Зуева Т.В. Экологические проблемы городских территорий (на примере г.Березники) // География и регион. XI. Природопользование и экологический мониторинг. Пермь: Перм. ун-т, 2002. С. 17-23.

74. Двинских С.А., Копылов И.С. Концепция индекса экологического благополучия города //В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 75-86.

75. Двинских С.А., Черных Е.А. Системно-географический подход к водоохранным проблемам Нечерноземного Урала // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т. 1988. С. 12-24.

76. Девяткова С.Б., Сарапульцева Г.В. Оценка природно-географических условий отдыха на территории Пермской области // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 1988. С. 27-41.

77. Димухаметов Д.М. Опасные геологические процессы на левобережной территории г.Перми (суффозия, подтопление, эрозия) / дисс. на соиск. уч. степ. кандидата геол. мин. наук. Пермь, 2000. 219 с.

78. Доклады о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края. Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь (за 1995-2018 гг.) <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад>.

79. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2019 году». Пермь, 2020. 283с. <https://www.permecology.ru/ежегодный-экологический-доклад/ежегодный-экологический-доклад-2019/>

80. Дублянский В.Н., А.И. Печеркин А.П. и др. О передовом опыте в изучении карстовых процессов. Обзор и рекомендации. ЦП НТГО. М., 1984.

81. Егоров Б.Н., Кузнецова Е.А. Исследование геоэкологической и геодинамической ситуации участка магистрального газопровода (МГ) с использова-

нием данных дистанционного зондирования. Земля из космоса – наиболее эффективные решения. М.: Бином, 2003. С.135-137.

82. Емлин Э.Ф. О геотехносфере Урала // Известия ВУЗов. Горный журнал, 1993. № 6. С. 135-137.

83. Ероменко В.Я. Геодинамика платформенных областей и дистанционные методы ее изучения. 2-е изд., доп. СПб., 1999. 201 с.: ил.

84. Зайцева Н.В., Пушкарева М.В., Май И.В., Устинова О.Ю. Экологическая ситуация и заболеваемость детей на угледобывающих территориях Пермской области // Региональная научно-практическая конференция «Экология горнопромышленного производства»: Сб. докл. Пермь: МНИИЭКО ТЭК, 2000. С.37-43.

85. Захаров М.С. Системный анализ в региональной инженерной геологии. Л.: 1980.

86. Зверев В.П. Роль подземных вод в миграции химических элементов. М.: Недра, 1982. 186 с.

87. Золотарев Д.Р., Катаев В.Н. Отражение линеаментов в покрове карстующихся отложений // Инженерная геология и охрана недр: сб. науч. тр. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. С. 84-88.

88. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311с.

89. Ибламинов Р.Г. Тяжелые металлы в донных отложениях рек г. Перми // Экологическая безопасность зон градопромышленных агломераций Западного Урала: Тез. докл. регион. конф. Пермь: Пермский ун-т, 1993. С. 27-28.

90. Ибламинов Р.Г., Кропачев А.М., Аблизин Б.Д. Геохимия малых (акцессорных) элементов донных отложений мелких речек Северного Урала // Аллювий. Вып.2. Уч. зап. Пермского ун-та, № 266. Пермь, 1973. С. 40-45.

91. Ибламинов Р.Г. Основы минерагеодинамики. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2001. 220 с.

92. Ибламинов Р.Г., Лебедев Г.В. Геология и полезные ископаемые Коми-

Пермского автономного округа. Кудымкар: Коми-Пермяцкое книжное изд-во, 1995. 136 с.

93. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.

94. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: АН СССР, 1995.

95. Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. Пермь, 2013. 112 с.

96. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т.1. Русская платформа. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977.

97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. СП11-102-97. М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997.

98. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983. 191 с.

99. Инструкция по организации систем контроля состояния приповерхностной гидросферы нефтяных месторождений территории деятельности предприятий ПО Пермнефть. СТО 05-073-092. Пермь, 1993. 87 с.

100. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (Роскомнедра). М.: ВСЕГЕИ, 1995. 244 с.

101. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа. 1991. 366 с.

102. Исаченко А.Г. Обзорные эколого-географические карты (опыт разработки) / Изв. ВГО № 125, вып. 4, 1993. С.11-21.

103. Казеннов С.М., Арбузов А.И., Ковалевский Ю.В. Воздействие объектов нефтепродуктообеспечения на геологическую среду // Геоэкология. 1998. №1. С.54-74.

103. Караваева, В.П. Тихонов. Природно-техногенные системы: экологи-

ческие перспективы использования. Пермь, 2015. 150 с.

104. Каракин А.В., Курьянов Ю.А., Павленкова Н.И. Разломы, трещиноватые зоны и волноводы в верхних слоях земной оболочки. М.: Государственный научный центр Российской Федерации ВНИИгеосистем, 2003.

105. Кассин Г.Г., Шершнев К.С. Разломы Среднего Приуралья //Разломы земной коры Урала и методы их изучения. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С. 84-88.

106. Касьянова Н.А., Соколовский Э.В., Шимкевич С.В. Результаты прогноза аварий скважин и порывов трубопроводных систем по геодинамическому фактору. Нефтяное хозяйство. 1998. № 9. С.75-77.

107. Катаев В.Н. Основы структурно-тектонического анализа в карстоведении // В сборнике: Карстоведение XXI век: теоретическое и практическое значение. Материалы международного симпозиума. 2004. С. 63-69.

108. Кашкин В.Б., Сухинин А.И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. М.: Логос, 2001. 264 с.

109. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 140 с.

110. Кац Я.Г., Полетаев А.И., Румянцева Э.Ф. Основы линеаментной тектоники. М.: Недра, 1986. 140 с.

111. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета (1977-2017 гг.) //В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 17-29.

112. Каченов В.И., Копылов И.С., Красильников П.А., Середин В.В., Шувалов В.М. Кафедра инженерной геологии и охраны недр Пермского университета: история и современное состояние // В сборнике: Геоэкология, инженерная

геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 23-37.

113. Каченов В.И., Копылов И.С., Середин В.В., Шувалов В.М. Основные научные исследования и труды профессора И.А. Печеркина (к 90-летию со дня рождения) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 17-23.

114. Кисин А.Ю. Закономерности размещения и прогноз месторождений полезных ископаемых на основе модели блоковой складчатости / дис. д-ра. геол.-мин. наук. Пермь: ПГУ, 2009. 454 с.

115. Козлов С.В., Копылов И.С. Геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина) в связи с его газоносностью // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2016. № 16. С. 98-101.

116. Козлов С.В., Копылов И.С. Закономерности размещения уникальных и крупных месторождений нефти и газа в земной коре, нефтегазогенерирующие глубинные зоны образования углеводородов и первичные астеносферные землетрясения как единый планетарный процесс // Вестник Пермского университета. Геология. 2019. Т. 18. № 1. С. 64-72.

117. Козлов С.В., Копылов И.С. Прогнозирование нефтегазоносности осадочного чехла на основе неотектонической модели нафтидогенеза / 2-е Кудрявцевские Чтения: мат. Всерос. конф. по глубинному генезису нефти. Москва. 2013. 6 с.

118. Козловский Е.А. Геоэкология – новое научное направление. Геоэкологические исследования в СССР. Доклады советских геологов. //Межд. Геол. конгресс. XXVIII сессия. М., 1989. С. 9-19.

119. Комлев А.М., Черных Е.А. Реки Пермской области. Пермь, 1984.

120. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых // Методическое руководство по производству работ и составлению карт: геоморфологической, новейшей тектоники, кор выветривания, континентальных покровных

отложений, шлиховых ореолов рассеяния, гипергенной металлогении в масштабах 1:250 000 и 1:50 000 / Под ред. А.П. Сигова и В.А. Гуцаки. МГ РСФСР, УрТГУ. Саратов: Саратов. ун-т, 1968. 251 с.

121. Коноплев А.В., Копылов И.С. Инженерно-геологическое ранжирование территории Пермского края для рационального недропользования при освоении минерально-сырьевых ресурсов // Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов. Пермь: ФГНУ «ЕНИ» и др. 2005. С. 174-175.

122. Коноплев, А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение проектирования разработки калийных месторождений // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермь, 2012. С. 5-14.

123. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Геоинформационное обеспечение системы инженерно-геологической и геоэкологической безопасности города Перми // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермь, 2014. С. 56-78

124. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Формирование ГИС-атласа "Инженерная геология и геоэкология города Перми" // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 154-157.

125. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

126. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // Геотектоника. 2008. № 6. С. 46-69.

127. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник

Пермского университета. Геология. 2015. № 4 (29). С. 70-81.

128. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-2. С. 335-339.

129. Копылов И.С. Аэрокосмогеологическая основа территории Пермского края для выбора перспективных направлений, площадей, объектов нефтегазопромысловых работ и экологической безопасности // Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья: сб. науч. тр. к 100-летию со дня рождения проф. П.А. Софроницкого. Пермь, 2010. С. 208-212.

130. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования и линеamentно-геодинамический анализ для оценки карстовой опасности // Инженерная геология и охрана недр: сб. науч. тр. Перм. гос. нац. исслед. ун-та. Пермь, 2012. С. 66-83.

131. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования на трассах нефтегазопроводов для оценки инженерно-геологических условий и геодинамической активности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 157-162.

132. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 6. С. 14-19.

133. Копылов И.С. Блоковое строение Пермского Приуралья на основе линеamentно-блокового и морфонеотектонического анализа // Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов. Пермь: КамНИИКИГС, 2007. С. 270-279.

134. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.

135. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского ме-

сторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.

136. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам дистанционных исследований и их влияние на инженерно-геологические условия и промышленное освоение // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2011. С. 165-167.

137. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69-74.

138. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Пермского Приуралья на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2010. С. 14-18, 336-337.

139. Копылов И.С. Геодинамические и геохимические ландшафты: систематизация, районирование, аномалии // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2019. № 22. С. 345-352

140. Копылов И.С. Геоинформационно-картографические модели геозкологических и инженерно-геологических условий Пермского края // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермь, 2011. С. 35-45.

141. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 67-71.

142. Копылов И.С. Геоэкологическое картографирование Пермского региона // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Пермский ун-т, 2001. С. 295-297.

143. Копылов И.С. Геолого-экологические исследования на территории КПАО // Геологическое строение и полезные ископаемые КПАО. Кудымкар:

Коми-Пермяцкое книж. изд-во, 2003. С. 47-58.

144. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь, 2013. 166 с.

145. Копылов И.С. Гидрогеологическая карта и подземные воды Кизеловского угольного бассейна // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 92-101.

146. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-3. С. 86-90.

147. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2012. С. 145-149.

148. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. 2013. №. 4.

149. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 110-114.

150. Копылов И.С. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия Юрлинского муниципального округа: картографирование, районирование, оценка // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 205-215.

151. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.

152. Копылов И.С. Инженерно-геологическое и геоэкологическое картографирование территории города Перми для решения проблемы геологической безопасности // Геология и полезные ископаемые Западного

Урала. 2011. № 11. С. 168-170.

153. Копылов И.С. Картирование геодинамических активных зон Среднего Урала при проведении аэрокосмогеологических исследований территории трасс магистральных газопроводов // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С.196-198.

154. Копылов И.С. Картографическое моделирование геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы и формирование полезных ископаемых // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2013. С. 145-147.

155. Копылов И.С. Концептуальная модель геоэкологического регионального изучения и картографирования // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2003. С. 290-299.

156. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. Тамбов, 2011. № 8 (23). С. 126-129.

157. Копылов И.С. Крупномасштабные аэрокосмогеологические исследования на Промысловской площади и Линевском участке (Средний Урал) для поисков рудного золота в черносланцевых толщах // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. 2020. С. 148-158.

158. Копылов И.С. Ландшафтно-геодинамический анализ при поисках нефти и газа: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing. Riga, 2018. 210 с.

159. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 3. С. 18-32.

160. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.

161. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственно-

го распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. №. 2 (15). С. 16-34.

162. Копылов И.С. Методика и критерии интегральной оценки состояния природно-геологической среды // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2003. С. 286-289.

163. Копылов И.С. Методология аэрокосмогеологических и структурно-геоморфологических исследований при поисках алмазов и ее применение на Среднем Урале // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 41-65.

164. Копылов И.С. Методология ландшафтно-геодинамического анализа и оценки перспектив нефтегазоносности по аэрокосмогеологическим исследованиям (на примере Григорьевской площади) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 66-94.

165. Копылов И.С. Методология, оценка, районирование неотектонической активности (на примере Пермского Предуралья и Урала) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2004. С. 3-11.

166. Копылов И.С. Методы и технологии выявления геодинамических активных зон при разработке калийных месторождений для обоснования безопасного ведения горных работ // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 4. С. 38-43.

167. Копылов И.С. Морфометрическая система оценки неотектонической активности // Геология Западного Урала на пороге XXI века. Пермь, 1999. С. 16-18.

168. Копылов И.С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2019. 131 с.

169. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности

городов и объектов с применением дистанционных методов / автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук. Пермь, 2014. 48 с.

170. Копылов И.С. Неотектонические блоковые структуры Пермского Приуралья и их роль в формировании месторождений нефти и газа // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2006. С. 80-82.

171. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 341-351.

172. Копылов И.С. Основные принципы регионального геоэкологического картографирования // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2000. С. 273-276.

173. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-2. С. 105-110.

174. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.

175. Копылов И.С. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // В сборнике: Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: материалы конференции. 2015. С. 189-193.

176. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь, 2011. №. 1. С. 26-37.

177. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа - история и изученность Приуралья аэрокосмогеологическими исследованиями // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 13-24

178. Копылов И.С. Пермская аэрокосмогеологическая школа - характеристика основных результатов региональных и нефтегазопроисловых аэрокосмогеологических исследований // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. 2020. Пермь, С. 13-40.

179. Копылов И.С. Подземные воды западного склона среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6-3. С. 460-464.

180. Копылов И.С. Поиски подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения города Перми с применением аэрокосмических методов // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 210-217

181. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 468-484.

182. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазности // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 109-110.

183. Копылов И.С., Шкляев Д.И., Трофимов Р.Н. Применение аэрокосмических методов для поисков золота на Среднем Урале (листы О-40-Х, XVI) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 145-158.

184. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.

185. Копылов И.С. Проблемы техногенного воздействия на окружающую

среду и геоэкологическое картирование Западного Урала и Предуралья // Всерос. съезд геологов и науч.-практич. геологическая конф. «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века»: Тез. докл. Кн.4. СПб: ВСЕГЕИ, 2000. С. 333-335.

186. Копылов И.С. Районирование и оценка эколого-геодинамической опасности территории Пермского края на основе ГИС и ДЗЗ // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сборник научных трудов. Пермь, 2010. С. 28-38.

187. Копылов И.С. Региональные геологические факторы формирования экологических условий // Успехи современного естествознания. 2016. № 12. С. 172-177

188. Копылов И.С. Результаты аэрокосмогеологического анализа Пермского Приуралья и обоснование перспективных объектов и участков с целью поисков залежей нефти // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 38-47.

189. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. 2012. 152 с.

190. Копылов И.С. Результаты и перспективы применения аэрокосмических методов при поисках нефти и газа в Приуралье и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 321-328.

191. Копылов И.С. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геоинформационное обеспечение // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2013. С. 34-40.

192. Копылов И.С. Составление геологического атласа Пермского края // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермь, 2013. №. 16. С. 356-362.

193. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.

194. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 3 (24). С. 30-47

195. Копылов И.С. Эколого-геологические основы картографического моделирования состояния геологической среды платформенных регионов // Экологическая геология и рациональное недропользование. С.Пб: Изд-во С.Пб. ун-та, 2000. С. 279-281.

196. Копылов И.С. Эколого-геохимическая оценка территории города Перми и проблемы геологической безопасности / Геолого-геохимические проблемы экологии. Тез. докладов Всерос. науч.-практич. конф. (26-27 апреля 2012 г.). М.: ИМГРЭ, 2012. С. 10-11.

197. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. Пермь. 2012. №. 4 (17). С. 39-46.

198. Копылов И.С. Эколого-геоморфологические критерии оценки состояния геологической среды при проведении геоэкологического картографирования платформенных регионов // Проблемы экологической геоморфологии: Мат. межгос. совещ. XXV пленума Геоморфологической комиссии РАН. Белгород: Изд-во БелГУ, 2000. С. 153-154.

199. Копылов И.С., Алексеева Л.В. Комплексирование гидрогеологических и эколого-геологических исследований и картографирования в Пермском Предуралье // Научно-методические основы и практика регионального гидрогеологического изучения и картографирования. Тез. докл. второй Всерос. науч.-практич. конф. М.: ВСЕГИНГЕО, 2001.

200. Копылов И.С., Алексеева Л.В., Даль Л.И. Региональный

геоэкологический и гидрогеоэкологический анализ Пермского края // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 72-79.

201. Копылов И.С., Алексеева Л.В., Лычникова А.В. Эколого-гидрогеохимическая оценка Кудымкарского района // Эколого-экономические проблемы и пути их решения. Кудымкар, 2000. С. 25-29.

202. Копылов И.С., Баранов Е.В., Батов А.А. Региональные геоэкологические и геохимические исследования территории КПАО // Эколого-экономические проблемы и пути их решения. Кудымкар, 2000. С. 11-24.

203. Копылов И.С., Быков Н.Я., Хурсик В.З. Основные результаты и перспективы аэрокосмогеологических нефтегазопромысловых и геодинамических исследований на территории Пермского края и прилегающих регионов // Состояние и перспективы нефтегазового потенциала Пермского края и прилегающих регионов. Пермь: КамНИИКИГС, 2007. С. 244-251.

204. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Научная школа Пермского университета и Естественнонаучного института "Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность" // В сборнике: Теория и методы исследований в естественных науках. Пермь, 2016. С. 90-98.

205. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. О развитии научного направления - "Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность" (НШ "ГИГГБ") // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 30-34.

206. Копылов И.С., Голдырев В.В., Ковин О.Н. Развитие идей И.А. Печеркина в научных геологических направлениях НШ «ГИГГБ» // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 38-43.

207. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Кизеловского района // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 92-110.

208. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологические оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2/

209. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Геологические предпосылки создания геопарка на Среднем Урале // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 50-56.

210. Копылов И.С., Даль Л.И., Трофимов Р.Н. Проблемы и возможности создания геопарка на Среднем Урале для развития геотуризма и историко-геологического наследия // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 99-106.

211. Копылов И.С., Даль Л.И. Роль геологических факторов в формировании геопатогенных зон и геоэкологической обстановки // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12-2. С. 221-222.

212. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 772.

213. Копылов И.С., Зарипова Д.А. Инженерно-геологические условия на юго-западе Пермского края (на примере Беляевского нефтяного месторождения) // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2019. С. 185-196.

214. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 113-122.

215. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерагеническая роль геодинамических активных зон // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 1 (22). С. 78-88

216. Копылов И.С., Козлов С.В. О перспективах развития аэрокосмических методов в геологии и неотектонический прогноз

нефтегазоносности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2013. С. 68-73.

217. Копылов И.С. Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в Атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 3 (20). С. 5-30.

218. Копылов И.С., Коноплев А.В. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование и геоинформационное обеспечение территории Пермского края // В сборнике: Инженерная геология и охрана недр. Пермь, 2012. С. 45-57.

219. Копылов И.С., Коноплев А.В. Инженерно-геологическое картографирование и районирование территории Пермского края на основе ГИС-технологий // Проблемы и задачи инженерно-строительных изысканий. Проблемы и задачи инженерной геологии карста урбанизированных территорий и водохранилищ. Пермь, 2008. С. 160-168.

220. Копылов И.С., Коноплев, А.В. Методология геоинформационного картографирования геологической среды для создания ГИС-атласа «Геологическое строение и ресурсы недр Пермского края» // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Пермь, 2012. С. 62-70.

221. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 1. С. 431.

222. Копылов И.С., Коноплев А.В. О концепции геологической безопасности крупного города (на примере Перми) // Геология крупных городов: материалы 2-й Междунар. конф. (19 марта 2012г.). СПб: ВСЕГЕИ. Изд-во «РЕНОВА», 2012. С. 20-22.

223. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе

ГИС-технологий и ДДЗ. «Геоинформатика». 2013. № 2. С. 20-23.

224. Копылов И.С., Коноплев А.В. Разработка концепции геологической безопасности города Перми // В сборнике: Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование. Пермь, 2011. С. 92-94.

225. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 102-112.

226. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 355-359.

227. Копылов И.С., Коноплев А.В., Красильников П.А., Кустов И.В. Методология и результаты аэрокосмогеологических исследований с ГИС-технологиями на месторождениях калийных солей (на примере Верхнекамского) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 63-76.

228. Копылов И.С., Копылова Л.И. Геоэкологическая оценка и устойчивость природной среды Юрлинского муниципального округа // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 102-113.

229. Копылов И.С., Ликutow Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.

230. Копылов И.С., Мельчакова Н.П. Инженерно-геологическая оценка и районирование центральной части Пермского края для проектирования газопроводов // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Печеркинские чтения. Пермь, 2020. С. 216-229.

231. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфо-

логические ландшафты как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201

232. Копылов И.С., Михалев В.В. Методические основы районирования территорий по степени риска возникновения ЧС природного и техногенного характера // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2004. С. 280-284.

233. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Методологический подход к проведению аэрокосмогеологических исследований для поисков рудного золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 95-100.

234. Копылов И.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Брюхов В.Н. Региональный структурно-геодинамический анализ Вишерской площади по результатам аэрокосмогеологических исследований с целью поисков золота // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 77-84.

235. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь, 2015. 131 с.

236. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.

237. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологические условия территории железной дороги «Белкомур» и перспективы комплексной разработки песчано-гравийных месторождений для повышения качества строительных материалов // В сборнике: Инженерная геология и охрана недр. Пермь, 2012. С. 58-65.

238. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Методический подход к инженерно-геологическому изучению и комплексной разработке месторождений строительных материалов с улучшением их качества (на примере района железной дороги "Белкомур") // В сборнике: Геоэкология, инженерная

геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2016. С. 154-160.

239. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3.

240. Копылов И.С., Пьянков С.В., Михалев В.В., Коноплев А.В. Районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями // Состояние и охрана окружающей среды Пермского края в 2006 году. Пермь: Изд-во ОАО ИПК «Соликамск», 2007. С. 229-231, ил.-238.

241. Копылов И.С., Суслов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россыпей // В сборнике: Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология. Материалы XV международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С. 111-112.

242. Коржуев С.С. Морфонеотектоника и рельеф земной поверхности. М.: Наука, 1974. 260 с.

243. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. /Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 272 с.

244. Королев В.А. Актуальные теоретические проблемы экологической геологии // Международная конференция «Экологическая геология и рациональное недропользование». СПб.: Изд-во С.Пб ун-та, 2000. С. 25-26.

245. Коротеев В.А., Федоров Ю.Н., Иванов К. С., Талалай А.Г., Вахрушева Н. В., Кошевой В. Н., Ратушняк А. Н. Месторождения Полярного и Приполярного Урала и их значение для реализации национальной программы «Урал Промышленный - Урал Полярный» // Известия вузов. Горный журнал. 2006. - № 2. С. 15-25.

246. Коротков А.И. Гидрогеохимический анализ при региональных

геологических и гидрогеологических исследованиях. Л.: Недра, 1983. 231 с.

247. Корчуганова Н.И. Аэрокосмические методы в геологии. М.: Геокарт: ГЕОС, 2006. 244 с.

248. Корчуганова Н.И. Новейшая тектоника с основами современной геодинамики. Методическое руководство. М.: Геокарт: ГЕОС, 2007. 354 с.

249. Космическая информация в геологии / Коллектив авторов. Гл. ред. А.В. Пейве, А.В. Сидоренко, А.Л. Яншин. М.: Наука, 1985. 536 с.

250. Костарев В.П., Малахов В.Е., Малахова Т.Е. К решению экологических задач при инженерно-геологических изысканиях для строительства // Геология Западного Урала на пороге XXI века. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 326-328.

251. Костарев В.П., Усольцев Л.Н. Карстовые землетрясения Урала и Приуралья // Вопросы карстоведения. Мат. совещ. по изучению полезных ископаемых карстовых полостей и впадин и другим вопросам карстоведения. Пермь, 1969. С. 91-94.

252. Костарев С.М. Геоэкологические исследования в районах разведки и разработки нефтяных месторождений Пермской области // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. III. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 72-74.

253. Костарев С.М. Контроль состояния геологической среды на ранних стадиях освоения нефтяных месторождениях / Геология нефти и газа. М.: Недра, 1990, № 2. С. 34-37.

254. Костарев С.М. Разработка методов гидрогеологического контроля для оценки состояния геологической среды нефтяных месторождений Пермского Прикамья / автореф. дисс. канд. геол.- мин. наук. М.: ВНИИ, 1989. 19 с.

255. Кострюкова Н.К., Кострюков О.М. О повторяющейся аварийности и других аварийных явлениях в связи с фактором природного риска – современно активными разломами земной коры // Горные науки на рубеже XXI века: мат.

конф. Екатеринбург. 1998. С.439-444.

256. Косыгин Ю.А. Тектоника. М.: Недра, 1988. 462 с.

257. Кофф Г.Л., Чеснокова И.В., Шахрамьян М.А. Оценка социально-экономического ущерба от опасных процессов на территории России // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. Сб. тр. (в.2). М.:1997. С. 6-15.

258. Кочарян Г.Г. и др. Влияние геодинамических факторов на механическую устойчивость протяжённых инженерных сооружений // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2001. № 6. С.489-500.

259. Кочетков М.В., Вартанян Г.С., Голицын М.С. Концепция геоэкологического картографирования // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 7-10.

260. Кочетков М.В., Грабовников В.А., Леоненко Л.В. Современное состояние геоэкологического картографирования в России. // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 10-14.

261. Кравцов В.В., Никонов А.И., Ромашов А.А. Геодинамическая цикличность как фактор проявления аварийности природно-техногенных систем в нефтегазоносных районах // Циклы природных процессов, опасные явления и экологическое прогнозирование: мат. 2 межд. конф. Вып.8. М., 1994.

262. Крайнов С.Р., Швец В.М. Основы геохимии подземных вод. М.: Недра, 1980. 285 с.

263. Красавин А.П. Экологические аспекты горнопромышленного комплекса России // Экология горнопромышленного производства. Пермь: МНИИЭКО ТЭК, 2000. С. 5-13.

264. Краткий справочник по геохимии / Г.В.Войткевич, А.Е.Мирошников, А.С.Поваренных, В.Г.Прохоров. М.: Недра, 1977. 184 с.

265. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического

бедствия. М.: ГНТУ Минприроды РФ, 1992. 58 с.

266. Кропачев А.М. Факторы миграции и осождения малых (акцессорных) элементов в зоне гипергенеза. Пермь: Перм. ун-т, 1973. 155 с.

267. Кропачев А.М., Белозерова Е.А. Ландшафтно-геохимическое районирование территории Пермской области // Проблемы геологии Пермского Урала и Предуралья: мат. регион. научн. конф. Пермь: Перм.ун-т, 1998. С. 26-27.

268. Крылов Н.А., Сидоров В.А. Современная геодинамика и нефтегазонасность. М.: Наука, 1989.

269. Круть И.В. Введение в общую теорию Земли. Уровни организации геосистем. М.: Мысль, 1978. 367 с.

270. Кудряшов А.И., Васюков В.Е., Фон-дер-Флаасс Г.С. и др. Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей / Под науч. ред. А.И. Кудряшова. Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. 194 с.

271. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика и оценка геодинамического риска при недропользовании. М., Агентство экономических новостей, 1999. С. 220.

272. Куренной В.В. Проблемы создания гидрогеологических карт нового поколения // Научно-методические основы и практика регионального гидрогеологического изучения и картографирования: тез. докл. второй Всерос. науч.-практ. конф. М.: ВСЕГИНГЕО, 2001. С. 15-20.

273. Кушнир С.Я., Новосёлов В.В., Иванов И.А. Сопоставление и оценка результатов внутритрубной диагностики трубопровода с позиций грунтовых условий вдоль трассы // Нефть и газ. 2000. № 1. С. 97-104.

274. Ландшафтная карта СССР масштаба 1:4 000 000 / Под ред. А.Г. Исаченко. М.: ГУГК, 1988.

275. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / М.А.Глазовская, Н.С.Касимов, Т.А.Теплицкая и др. М.: Наука, 1989. 264 с.

276. Ландшафтно-эколого-геохимическая карта России. Масштаб 1:5000000. Объяснительная записка / Е.П.Сорокина, Е.М.Никифорова, и др. /Под ред. В.В.Добровольского, Л.А.Островского. М., 1995. 41 с.

277. Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.

278. Лебедева Т.М., Бражкин А.В. и др. Исследования радиоактивности природных вод на территориях Осинского и Гежского нефтяных месторождений // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 2000. С. 314-315.

279. Лебедич С.П. и др. Геодинамическая активность и безопасная эксплуатация магистральных нефтепроводов // Горный вестник. 1998. № 4. С. 35-41.

280. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13-16.

281. Ликутев Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. № 4. С. 125-133.

282. Лобацкая Р.М., Кофф Г.Л. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. М.: Российское экологическое федеральное информационное агенство, 1997. 196 с.

283. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л., Недра, 1978. 496 с.

284. Лунев Б.С. Неотектонические движения Среднего Прикамья // Геоморфология и новейшая тектоника Волго-Уральской области и Южного Урала. Тр. Уфимского совещания по геоморфологии и неотектонике Волго-Уральской области и Южного Урала. Уфа: БФ АН СССР, 1960. С. 193-198.

285. Макаров А.Б. Геоэкологическое исследование территорий. Экологический аудит месторождений полезных ископаемых // Обеспечение радиацион-

ной безопасности. Екатеринбург: Уральск об-во горных инженеров, 1997. С. 117-125.

286. Макаров А.Б., Талалай А.Г. Геоэкологические исследования и литомониторинг техногенных объектов и месторождений // Уралэкология 97. Тез. докл. науч-практ. конф. Екатеринбург, 1997.

287. Макаров В.И., Макарова Н.И. Новейшие геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы. В кн.: Тектоника и геодинамика континентальной литосферы. М.: ГЕОС., 2003. С. 16-19.

288. Маков К.И. О методе структурно-гидрогеологического анализа // Докл. АН УССР, №5, 1947.

289. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Пермь, 1963. Т.1. 444 с. Т.2. 529 с.

290. Максимович Г.А., Михайлов Г.К. Опыт структурно-гидрогеологических исследований в Среднем Прикамье. // Гидрогеология и карстоведение, вып.3. Пермь, 1966.

291. Масленников В.В., Елисеев Ю.Б., Морозов А.Ф. и др. Основные принципы геоэкологического картирования // Геоэкология: проблемы и решения. Ч. I. Общие проблемы геоэкологии. Тез. докл. Всес. Науч.-техн. конф. М.: ВСЕГИНГЕО, 1991. С.17-20.

292. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Л.А.Островский, Б.Е.Антыпко, Т.А.Конюхова. – М.: Недра, 1990. – 240 с.

293. Методические рекомендации по литогеохимическим методам поисков рудных месторождений по вторичным ореолам рассеяния /Г.И.Хорин, Л.Н.Бельчанская, В.П.Бородин и др. М.: ИМГРЭ, 1993. 192 с.

294. Методические рекомендации по организации и проведению групповых гидрогеологических съемочных работ масштаба 1:200000 /Л.Г.Соколовский, И.М.Мелькановицкий. М.: ВСЕГИНГЕО, 1981. 48 с.

295. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения

почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1982.

296. Методические указания по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:1 000 000-500 000 / В.Н.Островский, Л.А.Островский, Р.К. Шахнова Р.К. М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. 27 с.

297. Методическое письмо по подготовке схем гидрогеологической стратификации территории России / М.В.Кочетков, Л.В.Леоненко, Л.А.Островский, С.Л.Пугач. М.: МПР РФ, 1999. 17 с.

298. Методическое руководство по инженерно-геологической съемке масштаба 1:200000 (1:100000 – 1:500000). М.: Недра, 1978. 391 с.

299. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (второго издания). Версия 1.4. СПб.: ВСЕГЕИ, 2019. 188 с.

300. Милановский Е.Е. Новейшая фаза глобальной активизации процессов расширения Земли // Геотектоника. 1996. № 3. С.3-12.

301. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края / гл. редактор А.И. Кудряшов, Пермь, 2006.

302. Михайлов Г.К., Оборин А.А. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского края. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2006. 154 с.

303. Михалев В.В. Геологические условия развития геодинамических процессов на берегах Камских водохранилищ / автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук/ Пермь, 1989. 20 с.

304. Михалев В.В., Копылов И.С., Миков И.А., Харун Л.И., Старцев С.Е., Пьянков С.В. Геоэкологическое районирование с оценкой техноприродных опасностей развития ЧС средствами ГИС-технологий на территории Пермской области // Современные геоинформационные системы для предупреждения и ликвидации ЧС. Теория и практика. Мат. Всерос. конф. Опубликовано на CD-ROM. М.: ВНИИГОЧС, 2003. 5 с.

305. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на ма-

гистральных продуктопроводах Пермского Приуралья //Трубопроводный транспорт: теория и практика. М.: ВНИИСТ, 2005. № 1. С.75-77.

306. Михалев В.В., Копылов И.С., Быков Н.Я. Оценка геологических рисков и техноприродных опасностей при освоении нефтегазоносных районов на основе аэрокосмогеологических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2005. № 5-6. С.76-78.

307. Морфоструктурные методы изучения тектоники закрытых платформенных нефтегазоносных областей / И.Г.Гольбрайх, В.В.Забалуев, А.Н.Ласточкин и др. Л.: Недра,1968. 152 с.

308. Москва: Геология и Город // Гл. ред. В.И.Осипов, О.П.Медведев. М.: АО «Московские учебники и картолитография», 1997. 400 с.

309. Назаров Н.Н. Карст Прикамья. Физико-географические (геоморфологические) аспекты: Учебное пособие. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1996. 95 с.

310. Назаров Н.Н. Классификация ландшафтов Пермской области // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь: Перм. ун-т, 1996. С. 4-10.

311. Назаров Н.Н. Экзогенные геологические процессы Пермского Урала и Предуралья // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил нечерноземного Урала. Пермь, 1987. С.91-103.

312. Назаров Н.Н., Шарыгин М.Д. География Пермской области /Учеб. пособие. Изд. «Книжный мир». Пермь: Перм. ун-т, 1999. 247 с.

313. Наумов В.А. Минерагения, техногенез и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия / автореф. дис. д-ра геол. мин. наук. Пермь, 2010. 42 с.

314. Наумов В.А. Минерагения и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия Урала и Приуралья. Пермь: ЕНИ ПГНИУ, 2011. 162 с.

315. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективы его поисков в Вятско-Камском Приуралье // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 74-79.

316. Научно-методические основы геодинамического и маркшейдерско-геологического прогнозирования зон разрушения нефтепромысловых систем и экологической безопасности при проектировании и разработке нефтяных и газовых месторождений / Э.Г. Герович, Л.Ф. Дементьев, Р.С. Рахимкулов, В.З. Хурсик. Пермь, ПермГТУ, 1995.

317. Нестеренко М.Ю. Научно-методологические основы исследования и мониторинга геоэкологического состояния недр в районах активной нефтегазодобычи (на примере Южного Предуралья) / автореф. дис. д-ра геол. мин. наук/ Екатеринбург, 2012. 44 с.

318. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. – М.: Недра, 1988. 491с.

319. Неулыбина А.А. и др. Земельный фонд Пермской области: некоторые итоги и перспективы изучения и использования /Физико-географические основы развития и размещения производительных сил нечерноземного Урала. Пермь, 1986.

320. Новейшая тектоника Урала / В.А. Сигов, А.П. Сигов, Н.Н. Буданова и др. Саратов: Изд. Саратовского ун-та, 1975.

321. Новиков Г.В., Дударев Я.Л. Санитарная охрана окружающей среды современного города. Л.: Медицина, 1978. 216 с.

322. Оборин А.А., Стадник Е.В. Нефтегазопроисловая геомикробиология. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 406 с.

323. Оборин А.А., Копылов И.С., Кашеварова Н.М., Михайлов Г.К., Рубинштейн Л.М. Влияние геологических и природно-техногенных факторов на здоровье человека // Биологические аспекты экологии человека: Сб. мат. Всерос. конф. с межд. участ. Архангельск: Северный гос. мед. ун-т. 2004. С. 8-11.

324. Оборин А.А., Михайлов Г.К., Копылов И.С., Кашеварова Н.М. Роль

современных геодинамических зон в процессах загрязнения природной среды при разработке месторождений нефти //Геодинамика нефтегазоносных бассейнов: тез. второй межд. конф. Т. II. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. С. 161-162.

325. Оборин В.В., Копылов И.С. Обоснование гидрогеологического доизучения и геоэкологического картирования масштаба 1:200 000 листа 0-40-X (Кизеловская площадь) // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2020. № 3 (40). С. 3-11.

326. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.

327. Одум Ю. Основы экологии / Пер. с 3-го англ. изд. Под ред. Н.П.Наумова. М.: Мир, 1975. 740 с.

328. Опарин В.Н., Сашурин А.Д., Леонтьев А.В., Панжин А.А. и др. Современная геодинамика массивов горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2008. 450 с.

329. Опасные геологические процессы / В.И. Осипов, В.М. Кутепов., В.П. Зверев и др./ Под ред. В.И. Осипова. М.: ГЕОС, 1999. 290 с.

330. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.020-94. М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1995.

331. Осипов В.И. Геоэкология: понятие, задачи, приоритеты // Геоэкология. 1997. № 1. С.3-11.

332. Осипова А.Ю., Гуляев А.Н., Дружинин В.С. и др. Предполагаемые зоны повышенной подвижности верхней части земной коры на территории Екатеринбурга // Известия вузов. Горный журнал. 2007. № 6. С. 111-114.

333. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // Современные проблемы науки и образования». 2013. № 6.

334. Основные положения по составлению серийных легенд

государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000. М.: МПР РФ, 2001. 15 с.

335. Островский В.Н., Островский Л.А., Шахнова Р.К. Региональные гидрогеологические классификации и картографирование // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и экогеологии: Сб. научн. тр. М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. С. 5-12.

336. Островский В.Н. Об изучении динамики геологической среды // Геоэкология. 1997. № 3. С.101-110.

337. Островский В.Н., Островский Л.А. Об особенностях геоэкологического картографирования. // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 79-81.

338. Паньков Н.Н., Вилесов А.П., Новокшенов В.Г. Две экологии на рубеже XXI века // Геология Западного Урала на пороге XXI века: мат. рег. науч. конф. Пермь: Перм. ун-т, 1999. С. 291-300.

339. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. 2- изд. М.: Высшая школа, 1975. 392 с.

340. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.

341. Петухов И.М., Батугина И.М. Геодинамика недр /2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра коммюникейшенс ЛТД, 1999. 256 с.

342. Печеркин И.А. Геодинамика побережий камских водохранилищ. Ч. 2. Геологические процессы. Пермь, 1969. 307 с.

343. Печеркин И.А., Болотов Г.Б. Геодинамика рельефа карстующихся массивов. Учебное пособие по спецкурсу. Пермь: Перм. ун-т, 1983. 84 с.

344. Печеркин И.А., Печеркин А.И., Гайнанов Ш.Х. Переработка берегов водохранилищ, сложенных песчано-глинистыми и карбонатными породами / Под общей редакцией И.А Печеркина. Учебное пособие по спецкурсу. Пермь: Перм. ун-т, 1981. 96 с.

345. Печеркин И.А., Печеркин А.И., Каченов В.И. Теоретические основы

прогнозирования экзогенных геологических процессов на берегах водохранилищ. Пермь: Перм. ун-т, 1980. 86 с.

346. Принципы гидрогеологической стратификации и районирования территории России (методическое письмо) / М.С.Голицын, М.В.Кочетков, Л.В.Леоненко и др. М.: МПР РФ, 1998. 21 с.

347. Пучков В.Н. Особенности геологического строения геопарка "Торатау" // Геологический вестник. 2019. № 3. С. 18-49.

348. Пучков В.Н. Тектоника Урала. Современные представления // Геотектоника, 1997, №4. С.42-61.

349. Пущаровский Ю.М., Пущаровский Д.Ю. // Геотектоника. 1999. №1. С.3-14.

350. Рагозин А.Л. Теория и практика оценки геологических рисков: дисс. в виде научн. докл. д-ра. геол.-мин. наук. М., 1997. 60 с.

351. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. 638 с.

352. Реймерс Н.Ф. Экология. М.: Россия, 1994. 367 с.

353. Решение межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы (Ленинград, 1988). Л.: ВСЕГЕИ, 1990.

354. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биологический аспект геодинамических активных зон // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2017. № 17. С. 223-227.

355. Рогозин М.В., Копылов И.С., Красильников П.А. Биолокация и био-геоактивные зоны // В сборнике: Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность. Пермь, 2018. С. 53-57.

356. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Изучение влияния факторов неотектоники и малых геоактивных зон на элементы лесных экосистем аэрокосмическими и биолокационными методами // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2020. С. 119-133.

357. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Методология и практика применения аэрокосмогеологического и биолокационного анализа при изучении факторов влияния неотектоники и малых геоактивных зон на элементы лесных экосистем (на примере заповедника "Вишерский" и г. Перми) // В сборнике: Аэрокосмические методы в геологии. Пермь, 2019. С. 91-107

358. Рогозин М.В., Михалев В.В., Рыбальченко А.Я., Копылов И.С. Оценка влияния неотектоники на лесные экосистемы и на ориентацию сетей из малых геоактивных зон // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2019. № 2 (39). С. 23-31.

359. Родники Перми. Качество и возможность использования подземных источников питьевого водоснабжения в г. Перми. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1998. 90 с.

360. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

361. Сашурин А.Д. Сдвигение горных пород на рудниках черной металлургии. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1999. 168 с.

362. Сашурин А.Д., Панжин А.А., Коновалова Ю.П. Исследование геодинамических процессов с применением GPS-технологий. ГИАБ. 2003. № 7. С. 34-38.

363. Семячков А.И. Металлы в окружающей среде горнометаллургических комплексов Урала: Научное издание. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 320 с.

364. Семячков А.И. Техногенная трансформация окружающей среды горно-металлургических комплексов / дис. д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2003. 380 с.

365. Сергеев Е.М. Инженерная геология / Учебн. М., Изд-во МГУ, 1-е изд. 1978. 384 с. // 2-е изд. 1982. 248 с.

366. Сергеев Е.М. Инженерная геология – наука о геологической среде.

Инженерная геология. 1979. № 1. С. 3-19.

367. Сергин С.Я. Системная организация процессов геологического развития Земли: монография. Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. 360 с.

368. Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Хрулев А.С. К вопросу о формировании морфологии поверхности трещины разрушения горных пород // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2013. № 3 С. 85-90.

369. Сочава Б.В. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 319 с.

370. Спирин Л.Н. Прогноз локальных структур-ловушек нефти и газа методами неотектоники и структурной геоморфологии (на примере Пермского Приуралья) / дисс. канд. геол.-мин. наук Пермь, 1984. 221 с.

371. Спирин Л.Н., Орлов Н.Ф. Цикличность рельефообразования и морфоскульптура Пермского Прикамья // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 1977. С. 62-73.

372. Спирин Л.Н., Шмыров В.А. Основные черты голоценовой тектоники и палеогеографии Пермского Приуралья // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 1984. С. 107-113.

373. Справочник по геохимии / Г.В.Войткевич, А.В.Кокин, А.Е.Мирошников, В.Г.Прохоров. М.: Недра, 1990. 480 с.

374. Степанов В.М. Введение в структурную гидрогеологию. М.: Недра, 1989. 229 с.

375. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т.2. М.: Изд-во АН СССР, 1962.

376. Структурная геология и тектоника плит: в 3-х томах. – Т.1. Пер. с англ. / Под ред. К. Сейферта. М.: Мир, 1990. 315 с.

377. Султангареев Р.Х. Оценка влияния геодинамики на

работоспособность магистральных газопроводов // Нефтегазовое дело. Уфа, 2006. Т.2. С. 60-63.

378. Султангареев Р.Х. Обеспечение работоспособности газопроводов в зонах геодинамической активности / автореф. дис. канд. тех. наук. Уфа, 2009. 25с.

379. Сунгатуллин Р.Х. Моделирование природных и техногенных систем промышленно-урбанизированных регионов (на примере Республики Татарстан) / автореф. дис. д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2010. 36 с.

380. Сухарев Г.М. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 1979. 349 с.

381. Сычев К.И. Научное содержание и основные направления геоэкологии // Разведка и охрана недр. 1991. № 11. С. 2-6.

382. Тагильцев С.Н. Закономерности пространственного расположения тектонических нарушений в поле современного напряженного состояния земной коры // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 7. С. 52-66.

383. Тагильцев С.Н., Осипова А.Ю. Лукьянов А.Е. Анализ ориентировки осей главных напряжений в геологической среде г. Екатеринбурга // Известия вузов. Горный журнал. 2010. № 3. С. 42-48.

384. Талалай А.Г., Глушкова Т.А., Корнилков С.В., Коротеев В.А., Писецкий В.Б., Федоров Ю.Н. Комплексные решения для горнорудной и нефтегазовой промышленности // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3.

385. Тараборин Д.Г. Оценка и прогноз состояния радиационной обстановки при освоении нефтяных и газовых месторождений: на примере Западного Оренбуржья / дисс. на соиск. кандидата геол.-мин. наук. Пермь, 2001. 169 с.

386. Тверитинова Т.Ю. Волновая тектоника Земли // Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1. № 3. С. 297-312.

387. Тектоническая карта Урала: [Карты]. / под ред. И.Д. Соболева. Свердловск: Уралгеология. 1987. 8 л.

388. Тихонов А.И., Копылов И.С. Изотопно-гидрогеохимический метод и перспективы его использования для поисков коренных месторождений алмазов на территории Пермской области // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: 2004. № 7. С. 187-192.

389. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. № 4 (25). С. 43-55.

390. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:200 000 - 1:100 000 / М.С.Голицын, В.Н.Островский, Л.А.Островский. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 86 с.

391. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:1 000 000-1:500 000 / М.С.Голицын, В.Н.Островский, Л.А.Островский. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 41 с.

392. Требования к гидрогеологической съемке масштаба 1:200 000 в комплексе с эколого-геологическими исследованиями и картографированием / Л.А.Островский, В.Н.Островский, Н.В. Бастракова и др. М.: ВСЕГИНГЕО, 1995. 30 с.

393. Требования к гидрогеологическому доизучению масштаба 1:200 000 с эколого-геологическими исследованиями и картографированием / Л.А.Островский, В.Н.Островский, Н.В. Бастракова. М.: ВСЕГИНГЕО, 1995. 27 с.

394. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 / А.А.Головин, А.И.Ачкасов А.И., К.Л.Волочкович и др. М.: ИМГРЭ, 1999. 104 с.

395. Трофимов В.Т. Современное состояние и новые теоретические задачи инженерной геологии как науки // Инженерная геология. 2010. № 4. С. 6-

17.

396. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г., Аверкина Т.И. и др. Теория и методология экологической геологии / Под ред. В.Т.Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 1997. 368 с.

397. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Концептуальные основы эколого-геологического картографирования // Геоэкологическое картографирование: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч.1. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 15-18.

398. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Эколого-геологические карты - геологические карты нового класса // Разведка и охрана недр. 1998. № 6. С.14-17.

399. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Концептуальные положения экологической геологии // Экологическая геология и рациональное недропользование»: Сб. статей. СПб.:Изд-во С.Пбун-та, 1999. С.9-34.

400. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Теоретико-методические основы экологической геологии // Экологическая геология и рациональное недропользование: мат. межд. конф. СПб.: Изд-во С.Пб ун-та, 2000. С. 9-10.

401. Трофимов В.Т., Королев В.А. Структура и научные направления современной инженерной геологии // В сборнике: Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы Пятнадцатой Общероссийской научно-практической конференции изыскательских организаций. 2019. С. 16-23.

402. Уломов В.И. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 [Карты]. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И.Уломов, Л.С.Шумилина. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. 57 с.

403. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Проблемы сейсмического районирования территории России. М.: ВНИИНТПИ Госстроя России, 1999. 56 с.

404. Федоров В.Д., Гильмонов Т.Г. Экология. М.: Изд-во МГУ, 1980. – 464 с.
405. Филатов В.В., Кассин Г.Г. Предпосылки прогнозирования динамических событий на территории Верхнекамского месторождения калийных и калийно-магниевых солей // Рудник будущего. Вып. № 1 (5), 2011. С.71-74.
406. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. 232 с.
407. Фролов Н.М. Методологическая концепция интеграции наук о земле в системе «Геоэкология» // Геоэкология: проблемы и решения. Ч. I. Общие проблемы геоэкологии. Тез. докл. и сообщ. Всес. науч.-тех. конф. – М: ВСЕГИНГЕО, 1991. С. 6-9.
408. Фролов Н.М. Концепция геоэкологической картографии как системы. // Геоэкологическое картографирование. Тез. докл. Всерос науч.-практич конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С.18-20.
409. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
409. Хачатрян Р.О. Тектоническое развитие и нефтегазоносность Волжско-Камской антеклизы. М.: Наука, 1979.
410. Химическая география и гидрогеохимия Пермской области, Пермь, 1967.
411. Чазов Б.А. К ландшафтной географии Пермской области. Пермь: Перм. книж. изд-во, 1960. С.91-114.
412. Чазов Б.А. Физическая география Уральского Прикамья / дисс. на соиск. уч. степ. д.г.н. Пермь, 1966.
413. Чайковский И.И. Основные этапы формирования тектонических нарушений в водозащитной толще Верхнекамского калийного месторождения // Горный журнал. 2008. № 10. С. 41-44.
414. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1978.

287 с.

415. Шерстнев В.А. Водообильные зоны. Избранные труды. – Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2002. 132с.

416. Шимановский Л.А., Алексеева О.Л. К характеристике новейших тектонических движений Пермской области /Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала. – Пермь: Перм. ун-т, 1988. С. 50-58.

417. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Перм. книж. изд-во, 1973. 197 с.

418. Шипулин Ю.К. Геоэкологическое картографирование: некоторые недостатки и возможные пути их устранения. //Геоэкологическое картографирование: тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Ч. I. М.: ВСЕГИНГЕО, 1998. С. 24-25.

419. Шкляев А.С., Балков В.А. Климат Пермской области. Пермь, 1963.

420. Шульц С.С. Планетарная трещиноватость. Сб. ст. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1973. 180 с.

421. Шульц С.С. Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеаментов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1977. 136 с.

422. Экологическая доктрина Российской Федерации // Мат. 3-го Общенационального Экологического Форума. /Редакторы: В.А.Черешнев, В.В.Аникиев. Волгоград-Пермь, 2001. 210 с.

423. Эколого-гидрогеологическая карта России. Масштаб 1:5 000 000. /Под ред. В.М.Кочеткова, Л.А.Островского. Объяснительная записка. /В.Н.Островский, Л.А. Островский. М.: Комитет РФ по геологии и использованию недр, 1995. 33 с.

424. Язиков Е.Г. Экогеохимия территорий Западной Сибири: Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, 2011. 360 с.

425. Kopylov I.S. Conceptual principles of the ensuring system the geological safety of the large cities // International Scientific Conference «Nature management

and environment protection», France (Paris), 14-21, October 2012. European Journal of Natural History. № 6, 2012. P. 46-46.

426. Kopylov I.S. Geodynamic and technogenic processes in the areas of oil and gas production and their ecological consequences // International Scientific Conference «Control of production and natural resources», Australia (Sydney), March 26 – April 6, 2013. European Journal of Natural History. №3, 2013. P.59. URL: www.world-science.ru/euro/495-33138.

427. Kopylov I.S. Geological-ecological problems of the large cities and the concept of the geological safety // International Scientific Conference «Ecology in industrial regions of Russia» (The United Kingdom, London), 20-27, October 2012. European Journal of Natural History. № 6, 2012. P. 46-47. URL: www.world-science.ru/euro/466-31082.

428. Kopylov I.S. Geoecological monitoring of petroleum regions and influence of geodynamics on environment // International Scientific Conference «Problems of ecological monitoring», Italy (Rome-Florence), 10-17 April 2012. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2012. № 1, P. 43-43. URL: www.science-sd.com/450-24015.

429. Kopylov I.S. Estimation of Geodynamic Activity and Its Effect on Mining-Geological Conditions And Flooding of Potassium Mines // Mine Water: Technological and Environmental Challenges. Proceedings of International Mine Water Association Conference 2019, (15-19 July 2019, Perm, Russia) / Editors Elena Khayrulina, Christian Wolkersdorfer, Svetlana Polyakova, Anna Bogus; Perm State University, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of RAS –Perm, 2019. 750 pp. P.16-22.

430. Kopylov I.S. Formation of system of geo-ecological studying for environmental management and ecological safety // International Scientific Conference «Ecology and environmental management», Maldives, 15-22 February 2012. European Journal of Natural History. 2012. №1, P. 24.

431. Kopylov I.S. Major geoecological problems of Perm region // Internation-

al Scientific Conference Modern problems of environmental pollution», Canary Islands (Tenerife), March, 9-16, 2013. European Journal of Natural History. №2, 2013. P. 66. URL: www.world-science.ru/euro/478-31588.

432. Kopylov I.S. Theoretical and methodical bases of identification and mapping of the geodynamic active zones influencing engineering-geological and geoecological processes // International Scientific Conference «Research on the priority of higher education on-directions of science and technology», on board the cruise ship MSC Magnifica «Around Europe», 22 May-2 June 2012. International journal of experimental education. 2012. №3, P. 32.

433. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2015. № 1-3. C. 305-311.

434. Oborin A.A., Kashevarova N.M., Rubinstein L.M., Khmurchik V.T., Kopylov I.S., Kopylova L.I. Evaluation of the influence of natural and anthropogenic factors on a human health // Environmental Pollution: Abstracts of the VI International Conference, 20-25 September 2005. Perm-Kazan-Perm: Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS. 2005. P.197.

Научное издание

Копылов Игорь Сергеевич

Геоэкология, гидрогеология и инженерная геология Пермского края

Монография

Издается в авторской редакции
Техническая подготовка и обработка материалов: *И. С. Копылов*

Объем данных 39,5 Мб
Подписано к использованию 13.01.2021

Размещено в открытом доступе
на сайте www.psu.ru
в разделе НАУКА / Электронные публикации
и в электронной мультимедийной библиотеке ELiS

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15