


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем освоения Севера
Сибирского отделения Российской академии наук

На правах рукописи



Селиванова Дарья Александровна

**ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА
ПРИПОЛЯРНОГО И СЕВЕРНОГО УРАЛА**

25.00.23 - Физическая география и биогеография,
география почв и геохимия ландшафтов

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель
доктор географических наук
Московченко Дмитрий Валерьевич

Тюмень – 2015

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ	15
1.1. Геолого-геоморфологические особенности	15
1.2. Климат.....	19
1.3. Почвы	22
1.4. Растительность	27
1.5. Ландшафты	31
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	37
ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ.....	44
3.1. Литологические факторы формирования состава почв	44
3.2. Общие закономерности распределения химических элементов в почвах .	52
3.3. Закономерности распределения химических элементов в разных типах почв	59
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МЕЖГЕОСИСТЕМНОЙ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВА	75
4.1. Типы ландшафтно-геохимических сопряжений.....	75
4.2. Водная миграция вещества	85
4.2.1. Гидрохимические особенности рек Приполярного и Северного Урала.....	85
4.2.2. Зависимость элементного состава поверхностных вод и донных отложений от литологических и ландшафтно-геохимических факторов .	90
4.3. Формирование состава донных отложений в различных ландшафтно- геохимических условиях.....	105
ГЛАВА 5. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ.....	114
5.1. Принципы классификации ландшафтно-геохимических систем	114
5.2. Ландшафтно-геохимическое картирование и его прогнозно-оценочное значение	120

ГЛАВА 6. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	150
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	155

Список терминов, условных обозначений и сокращений:

АУ – автономное учреждение

БИК – биологический круговорот

БПК – биологическое потребление

ГИС – географическая информационная система

Кб – коэффициент биологического поглощения

КК – Кларк концентрации

Кл – коэффициент латеральной дифференциации

Кр – коэффициент радиальной дифференциации

Кх – коэффициент водной миграции

ЛГС – Ландшафтно-геохимическая система

МСОП –Международный союз охраны природы

НИР – научно-исследовательская работа

ОДК – ориентировочно-допустимая концентрация

ПАВ – поверхностно-активные вещества

ПГПУ – потенциальный горно-промышленный узел

ПДК – предельно-допустимая концентрация

СА – супераквальные

ССАп – субсупераквальные подчиненные (переходных и низинных болот)

ССПа – субсупераквальные автономные (верховых болот)

ТЭ – трансэлювиальные

ТЭА – трансэлювиально-аккумулятивные

ХМАО-Югра – Ханты-Мансийский автономный округ-Югра

Э- элювиальные

Rk – суммарный коэффициент накопления

ВВЕДЕНИЕ

Экономическое развитие Российской Федерации в значительной степени основано на добыче топливно-сырьевых ресурсов. Ведущим регионом страны, занимающим первое место по добыче нефти, второе – по выработке электроэнергии, третье – по добыче газа, является Ханты-Мансийский автономный округ (ХМАО-Югра). Однако ограниченность запасов углеводородов требует поиска путей диверсификации экономики. В этом отношении наиболее перспективным представляется освоение минерально-сырьевой базы в западной, горной части округа, занимающей восточный склон Урала.

Первые сведения об ископаемых богатствах Уральского Севера относятся к XVII веку, когда в бассейне р. Ляпин нашли золото (Архипова, Ястребов, 1982). В настоящее время известно, что недра Северного и Приполярного Урала содержат запасы руд черных, цветных, редких и благородных металлов, бурого угля, алмазов, а также строительных материалов (Юшкин, 2006; Концепция..., 2005; Опережающие..., 2007). Наличие разнообразных полезных ископаемых послужило основанием для разработки программы промышленного освоения Уральского Севера. Стратегией социально-экономического развития ХМАО-Югры до 2020 года и на период до 2030 года предполагается развитие в горной части округа минерально-сырьевой базы и создание на ее основе горнодобывающих комплексов. При благоприятных экономических условиях, по данным Института экономики УрО РАН, к 2030 году в ХМАО-Югре возможно ежегодное производство следующих основных твердых полезных ископаемых: бурого угля (до 16 млн. т.), железной руды (более 3 млн. т.), концентратов цветных металлов (около 100 тыс. т.), бентонитов (300 тыс. т.), золота (до 500 кг.)¹. В настоящее время на территории восточного склона Приполярного Урала выданы лицензии на разведку и добычу кварца, золота коренного и россыпного,

¹ - Распоряжение Правительства ХМАО-Югры от 22.03.2013 № 101-рп.

минералов платиновой группы, на территории Северного Урала началась разведка и освоение бурого угля, медно-цинковых руд, золота россыпного и железных руд.

Чувствительная природа гор остро реагирует на глобальное, региональное и локальное экологическое неблагополучие (Черных, Булатов, 2002). Общеизвестно, что горнопромышленное производство является экологически опасным и приводит к техногенной трансформации геосистем: изымаются значительные объемы горных пород, нарушается растительный покров, трансформируются почвы, изменяется гидрологический режим. Все эти процессы приводят к изменению вещественного состава геосистем и сложившихся в них миграционно-аккумулятивных процессов. В этой связи возрастает роль инвентаризационных и прогнозных ландшафтно-геохимических исследований. Методология геохимии ландшафтов, основанная на положении о системных связях в природно-территориальных комплексах, объединенных миграцией вещества, позволяет оценить возможные изменения состава геосистем разного ранга и, таким образом, спрогнозировать последствия промышленного освоения минерально-сырьевых ресурсов.

Актуальность исследований обусловлена планируемым развитием горнодобывающей промышленности и транспортной инфраструктуры Приполярного и Северного Урала, что приведет к увеличению техногенной нагрузки на природные комплексы. Необходимо учитывать, что промышленное освоение будет происходить в условиях низкой устойчивости геосистем к техногенезу, что связано с расчлененным рельефом, значительными уклонами поверхности, присутствием многолетнемерзлых пород, низким восстановительным потенциалом растительности. Необходимость оптимизации природопользования возрастает в связи с особой экологической ценностью территории. Здесь, вследствие широкого спектра ландшафтно-экологических рядов, отмечается высокое биоразнообразие, насчитывается более 70 видов редких видов растений, включенных в Красные Книги МСОП, России и ХМАО-Югры, выявлены локализации уникальных нерестилищ ценных и охраняемых видов рыб (тайменя, хариуса, тугуна, пеляди и др.) (Сальдау, 1949; Москаленко,

1955; 1958; 1971; Венглинский, 1976; Богданов, 1987; Характеристика..., 1990; Красная книга..., 2003) . На территории Северного Урала расположены зоны покоя и воспроизводства стад северного оленя и лося (Новиков и др., 1990).

Однако современный уровень знаний о вещественном составе ландшафтно-геохимических систем (ЛГС) Северного и Приполярного Урала, в том числе на предполагаемых участках промышленного освоения, явно недостаточен, поступление информации происходит спорадически и бессистемно. Значительно лучше изучены сопредельные территории Среднего и Южного Урала. Именно здесь зарождались теория и практика геохимических поисков рудных месторождений, в разработку которой значительный вклад внесла М.А. Глазовская (Схематическая..., 1962; Геохимические..., 1959).

Существует резкое различие по количеству накопленной эколого-геохимической информации между нефтяными месторождениями равнинной части ХМАО-Югры и рудными месторождениями горной территории. На участках нефтедобычи проведены многочисленные наблюдения, определены особенности геохимической трансформации геосистем, изучены закономерности миграции типоморфных загрязняющих веществ (Глазовская и др., 1983; Солнцева, 1998; Московченко, 1998, 2010; Соромотин, 2010; Пиковский, 1983, 2012). Региональным природоохранным законодательством предусмотрен экологический мониторинг лицензионных участков недр нефтяных и газовых месторождений², недропользователями округа ведется регулярная статистическая отчетность, фиксирующая аварии, объемы загрязнителей и площадь загрязненных земель³. Ежегодно в единую систему сбора данных мониторинга поступает информация о десятках тысяч замеров содержания загрязнителей в поверхностных водах, почвах, донных отложениях, снеге и в атмосферном воздухе, сделанных на нефтяных месторождениях ХМАО-Югры. Иная ситуация

² - Постановление Правительства ХМАО-Югры от 23.12.2011 № 485-п «О системе наблюдений за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории ХМАО-Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений ХМАО-Югры».

³ Постановление Правительства ХМАО-Югры от 14.01.2011 г. № 5-п «О требованиях к разработке планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти, нефтепродуктов, газового конденсата, подтоварной воды на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры».

складывается в горных областях: здесь промышленное освоение находится на начальной стадии, носит локальный характер, геохимический мониторинг не проводится. Геохимические исследования восточного склона Приполярного и Северного Урала, как правило, выполнялись попутно при разномасштабных геологосъемочных, геологопоисковых работах, преимущественно на золото, хрусталь и полиметаллы. Подобные работы чаще всего носили локальный характер, опробование во многих случаях не соответствовало современным требованиям (отсутствовала единая методика отбора и обработки проб, наблюдалась низкая чувствительность методов определения многих компонентов, поэтому результаты анализов зачастую несопоставимы) (Опережающие..., 2007).

Таким образом, территория Приполярного и Северного Урала характеризуется недостаточной ландшафтно- и эколого-геохимической изученностью, что затрудняет оптимизацию природопользования и развитие природоохранного законодательства.

Объект исследования. Объектом исследования являются геохимические ландшафты восточного макросклона Приполярного и Северного Урала на территории ХМАО-Югры. Предмет исследования – процессы миграции и аккумуляции вещества в геосистемах спонтанного развития на участках предполагаемого промышленного освоения.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – выявление основных закономерностей формирования геохимической структуры ландшафтов Приполярного и Северного Урала.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1. Выявить биогеохимические особенности почвенного покрова, учитывая распределение доминирующих типов почв и литологическую неоднородность территории.

2. Изучить миграцию вещества на разных уровнях организации геосистем (ландшафтно-геохимических сопряжений, бассейнов стока, ландшафтных районов), провести оценку радиальной и латеральной дифференциации в ландшафтно-геохимических системах.

3. Разработать классификацию ЛГС Приполярного и Северного Урала, провести ландшафтно-геохимическое картографирование.

4. Исходя из выявленных особенностей ландшафтно-геохимической структуры, выполнить оценку устойчивости геосистем и проанализировать условия проведения эколого-геохимического мониторинга.

Теоретическая и методологическая основа исследований базируется на идеях и трудах в области геохимии ландшафта Б.Б. Полынова, А.И. Перельмана, М.А. Глазовской, А.П. Виноградова, Н.С. Касимова, В.А. Снытко, Е.Г. Нечаевой; учении о геосистемах В.Б. Сочавы, фундаментальных трудах о ландшафтах А.Г. Исаченко; работах о биогеохимии почв В.В. Добровольского, В.А. Ковды, В.Б. Ильина, на положениях о сущности почвообразовательного процесса в бореальных районах В.О. Таргульяна. В работе использованы схемы физико-географического и ландшафтного районирования Н.А. Гвоздецкого, В.В. Козина и Н.Н. Москвиной; основанием для сравнительно-географического анализа послужили материалы ландшафтно-геохимических и биогеохимических исследований Западной Сибири А.И. Сысо, Д.В. Московченко, В.Я. Хренова, данные о трансформации природной среды при добыче твердых полезных ископаемых Ю.Е. Саета, Е.М. Никифоровой, Н.П. Солнцевой, В.С. Аржановой, П.В. Елпатьевского.

Методы исследования. В качестве основных методов использовались:

- сравнительно-географический (анализ вещественного состава ландшафтно-геохимических комплексов в зависимости от широтно-зонального и высотного-поясного расположения, сопоставление с сопредельными территориями),
- химико-аналитический (химический анализ проб в аккредитованных лабораториях),
- картографо- геоинформационный (разработка серии карт – слоев ГИС с последующим анализом закономерностей распределения и структуры различных пространственных объектов),

- математический (вычисление статистических показателей и коэффициентов, характеризующих особенности химического состав различных компонентов ландшафтов, закономерности миграции и аккумуляции вещества).

При получении исходных материалов использовались общепринятые методы полевых ландшафтно-геохимических исследований (Глазовская, 1964).

Оценка пространственной ландшафтно-геохимической структуры проведена на трех иерархических уровнях геосистем: катенарном, водосборных бассейнов и ландшафтных провинций. Для комплексного анализа закономерностей миграции и аккумуляции химических элементов был проведен проб на профилях-катенах, исследована радиальная неоднородность состава почв, изучены особенности формирования состава поверхностных вод и донных отложений в различных бассейнах стока.

Научная новизна работы. Впервые проведен системный анализ ландшафтно-геохимической структуры восточного макросклона Приполярного и Северного Урала, включающий последовательную оценку элементного состава почвообразующих пород, почв, донных отложений и поверхностных вод, выявлены закономерности распределения веществ в основных типах ландшафтно-геохимических сопряжений.

Новым для исследуемой территории является определение закономерностей формирования состава почв в зависимости от литогенной основы ландшафта, биогенной и водной миграции вещества, свойств химических элементов.

По результатам исследования репрезентативных водосборных бассейнов определены особенности химического состава наиболее мобильных компонентов геосистем – поверхностных вод и генетически связанных с ними донных отложений. Выявлены факторы формирования их состава, зависящие от литогенной основы и геохимической структуры ландшафтов.

Впервые для данной территории разработана классификация ЛГС и составлена ландшафтно-геохимическая карта территории, отражающая закономерности дифференциации вещества и имеющая прогностно-оценочные функции.

Полученная информация и установленные на ее основе закономерности миграции и аккумуляции вещества позволили впервые для региона разработать принципы оценки устойчивости геосистем к загрязнению и организации эколого-геохимического мониторинга на участках предполагаемой разработки рудных месторождений Уральского Севера.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Формирование химического состава почв восточного склона Приполярного и Северного Урала происходит в условиях контрастной литогеохимической основы и регулируется процессами биологического накопления халькофильных элементов и активной водной миграции элементов группы железа;

2. Состав поверхностных вод и донных отложений в различных природных районах и бассейнах стока определяется соотношением гольцово-тундровых, таежных и болотных ландшафтов, наличием рудных залежей, геохимических барьеров;

3. Для оптимизации природопользования, разработки программ экологического мониторинга и оценки устойчивости геосистем на участках предполагаемой добычи минерального сырья Уральского Севера необходим анализ ландшафтно-геохимической структуры, учитывающий на топологическом уровне особенности миграции и аккумуляции вещества, наличие геохимических аномалий, связанных с рудопроявлениями.

Фактический материал и личный вклад соискателя. Материалы, положенные в основу диссертации, получены автором в рамках исследований, выполненных АУ “Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана”. Основной объем данных получен в ходе выполнения НИР «Предварительная оценка воздействия на окружающую среду при освоении Приполярного Урала, в том числе разработка требований к размещению производственных и инфраструктурных объектов, обеспечивающих

допустимое воздействие на окружающую среду»⁴. Дополнительные материалы, характеризующие особенности химического состава почв разной типологической принадлежности, получены в рамках НИР по программе оздоровления экологической обстановки в ХМАО-Югре⁵.

Постановка задач, полевые исследования геосистем, сбор и обобщение полученных материалов проводилось при непосредственном участии автора. Лично автором выполнены обработка, интерпретация данных и обоснование выводов работы.

В работе использованы результаты анализов 220 проб почв и донных отложений. Обследованы 26 катен, отражающих различные ландшафтно-геохимические условия. Для анализа водной миграции веществ были отобраны и проанализированы 69 проб поверхностных вод из 40 водных объектов.

Достоверность результатов исследований подтверждается выполнением анализов в двух независимых химических лабораториях, прошедших государственную аккредитацию.

Практическая значимость работы.

Результаты исследования нацелены на обеспечение рационального природопользования и могут быть использованы в проектных работах по освоению месторождений минерального сырья Приполярного и Северного Урала. Полученные данные о составе почв, поверхностных вод и донных отложений характеризуют фоновую эколого-геохимическую обстановку могут служить в качестве базиса для оценки последующих изменений, использоваться при разработке нормативно-правовой базы регионального мониторинга. Применение результатов возможно при проведении инженерно-экологических изысканий на лицензионных участках по добыче твердых полезных ископаемых, оценке состояния окружающей среды и выработке природоохранных рекомендаций.

⁴ - Распоряжение Правительства ХМАО-Югры от 11.04.2006 № 146-рп «О разделе «Недропользование» Концепции комплексного промышленного освоения Приполярного Урала на основе опережающего развития транспортной и энергетической инфраструктуры».

⁵ - Закон ХМАО-Югры от 18.02.2005 № 9-оз «О целевой программе ХМАО-Югры «Оздоровление экологической обстановки в ХМАО-Югре в 2005-2010 гг.»

Анализ закономерностей миграции и аккумуляции веществ позволяет прогнозировать стабильность химических показателей и прогнозировать устойчивость геосистем, находящихся под воздействием горнопромышленного производства.

Апробация и публикации результатов исследований: Основные результаты докладывались и обсуждались на XIII, XVII, XVIII научно-практических конференциях «Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала ХМАО-Югры» (г. Ханты-Мансийск, 2010 г., 2013 г., 2014 г.), VIII научно-практической конференции, посвященной памяти А.А. Дунина-Горкавича (г. Ханты-Мансийск, 2012 г.), IV Международной научной конференции «Геоэкологические проблемы современности» (г. Владимир, 2012 г.), III, IV и V Международных конференциях «Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов» (г. Тюмень, 2012 г., 2013 г., 2014 г.), региональной молодежной конференции имени В.И. Шпильмана «Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири» (г. Ханты-Мансийск, 2013 г.), X Сибирском совещании по климато-экологическому мониторингу (г. Томск, 2013 г.), I научно-практической конференции с международным участием: Технологическая платформа «Твердые полезные ископаемые»: технологические и экологические проблемы отработки природных и техногенных месторождений» (г. Екатеринбург, 2013 г.), V Международной научно-практической конференции «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона» (г. Омск, 2014 г.), II Международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность горнопромышленных регионов» (Екатеринбург, 2014), Международной школе-семинаре молодых исследователей «Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах», посвященной В.Б. Ильину (г. Тюмень, 2014 г.), XVIII научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока «Развитие географических знаний: научный поиск и новые методы исследования» (Иркутск, 2014 г.), II Всероссийской молодежной геологической конференции «Геология, геоэкология и ресурсный потенциал

Урала и сопредельных территорий» (г. Уфа, 2014), III Международной конференции «Геоинформационные системы и дистанционное зондирование» (г. Цахкадзор, Армения, 2014), VII Сибирской научно-практической конференции молодых ученых по наукам о Земле (с участием иностранных специалистов) (г. Новосибирск, 2014), III Международной научно-практической конференции с элементами школы-семинара для студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные проблемы географии и геологии» (Томск, 2014).

По теме диссертации опубликовано 20 работ в научных журналах и сборниках конференций, из них 3 статьи – в рекомендованных ВАК изданиях.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы (158 наименований), 31 рисунка, 27 таблиц, общим объемом 171 страница.

Благодарности. Автор глубоко благодарен своему научному руководителю Московченко Дмитрию Валерьевичу – подлинному учёному, человеку удивительной эрудиции, ясности мышления, великодушия и любознательности.

Автор сердечно признателен за помощь руководству АУ «НАЦ РН им. В.И. Шпильмана» А.В. Шпильману и В.А. Волкову.

Выражаю большую благодарность заведующему отделением природопользования С.А. Алёшину и заведующему лабораторией природопользования Ю.В. Казанцеву за всестороннюю поддержку; заведующей отделением разработки программных комплексов, компьютерных систем обработки информации В.Н. Гончаровой за помощь в работе с цифровой моделью рельефа; каждому сотруднику отделения природопользования АУ «НАЦ РН им. В.И. Шпильмана» за содействие и в лаборатории, и в поле.

Отдельная благодарность В.М. Бабенышеву (ОАО «НПЦ Мониторинг», отдел твердых полезных ископаемых) за прояснение вопроса о геологическом строении территории.

ГЛАВА 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

1.1. Геолого-геоморфологические особенности

По утверждению В.И. Вернадского (2001, с. 77), «химический состав биосферы резко меняется как функция литологического состава и климатических зон». Поэтому рассмотрение основных закономерностей ландшафтно-геохимической структуры невозможно без предварительного анализа особенностей геологического строения, климата, растительного покрова.

Еще в начале XX столетия научные знания о рельефе и геологическом строении территории Северного и Приполярного Урала были крайне скудными. Название «Приполярный Урал» было дано в 1924 г. в результате рекогносцировочных работ Северо-Уральской экспедиции под руководством Б.Н. Городкова для обозначения самой высокой части Уральских гор. Тогда же была определена самая высокая точка Урала – г. Народная (Магидович и др., 1985), рисунок 1.1.

Урал является частью одного из крупнейших складчатых комплексов палеозоя и расположен на стыке протерозойского Восточно-Европейского кратона и молодого Западно-Сибирского бассейна (Иванов и др., 2004). Наблюдается совпадение орографических элементов с геологическими структурами. Чаще наблюдается прямое их соотношение (хребты приурочены к антиклинальным структурам, депрессии – к синклинальным), реже – обратное. Положительные формы рельефа сложены устойчивыми породами, депрессии приурочены к выходам малоустойчивых пород (Борисевич, 1968).

В своем развитии Уральские горы пережили несколько этапов. Формирование горного рельефа на месте допалеозойского фундамента происходило в каменноугольном, пермском и триасовом периодах. В результате тектогенеза палеозойские породы были собраны в складки, разбиты сбросами и

прорезаны интрузиями, что обусловило структурное, морфологическое и литологическое разнообразие территории (Комар, Чикишев, 1968). По своему вещественному составу интрузии были весьма разнообразными: выделяются интрузии гранитов, сиенитов, базальтовой магмы (Борисевич, 1968).

Формирование современного рельефа Уральской горной страны связано с молодыми (неоген-четвертичными) поднятиями земной коры вдоль системы глубинных разломов. Значительное участие в формировании рельефа приняли оледенения и морские трансгрессии. Характерной особенностью современного рельефа является наличие древних поверхностей выравнивания, поднятых на разную высоту, чем и объясняется преобладание плосковершинных или куполовидных хребтов и массивов, террасированных склонов (Куницын, 1963; Раковская и др., 2001). Главная гряда Приполярного Урала вытянута в субмеридиональном направлении, отличается альпийскими формами рельефа, обилием межгорных впадин,

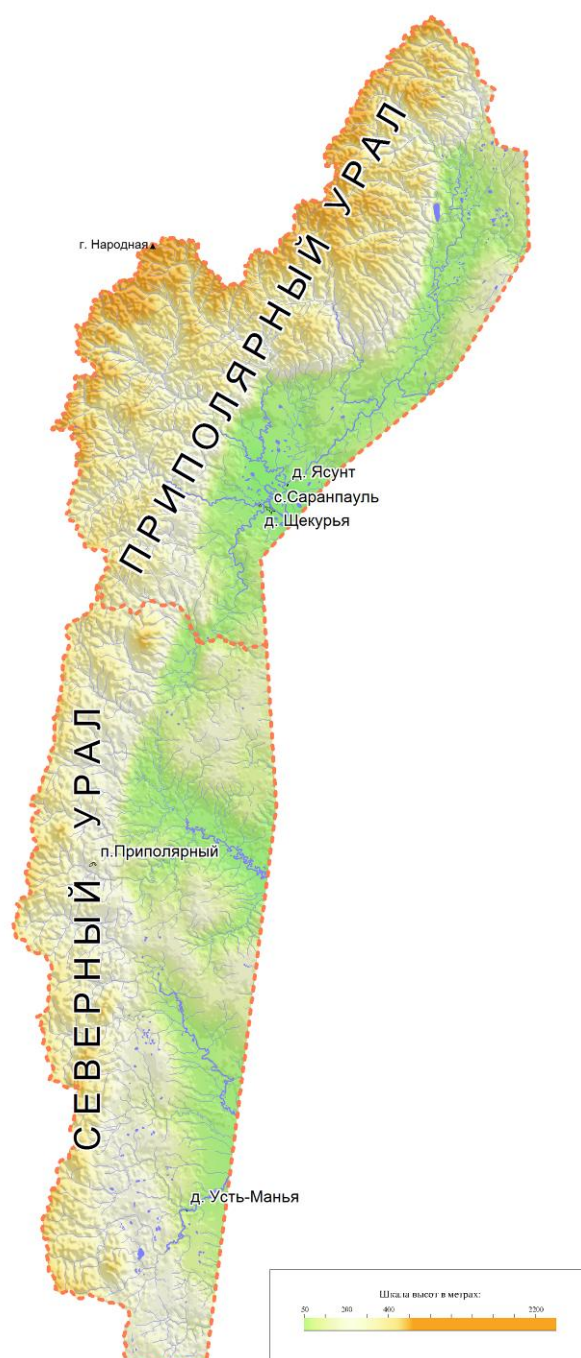


Рисунок 1.1 – Карта-схема восточного макросклона Приполярного и Северного Урала с отметкой самой высокой точки – г. Народная (1895 м.)

ледниковых каров и денудационных останцов (рисунок 1.2). Горы Северного Урала более пенеппенизированные.



Рисунок 1.2 – Горы главной гряды Приполярного Урала (Народоитынский кряж)

Наиболее высокие хребты Приполярного Урала имеют абсолютные отметки 1500-1800 м, Северного Урала – 800-1200 м. Отроги восточного склона представлены низкими (500-900 м) горами со следами ледниковой и нивально-солифлюкционной обработки, а также грядово-увалистыми и холмисто-увалистыми предгорьями (Концепция..., 2005). Границу между горами и прилегающими равнинами, как правило, проводят вдоль контакта древних палеозойских метаморфизированных горных пород с молодыми четвертичными отложениями (Комар, Чикишев, 1968).

В геологическом строении восточного склона Урала на территории ХМАО-Югры принимают участие структурно-вещественные комплексы разного возраста (от протерозоя до кайнозоя) и разного генезиса (палеоконтинентального, палеоокеанического и плитного) (Душин и др., 2012; Атлас ХМАО-Югры..., 2004). Палеоконтинентальный сектор представлен протерозойско-раннекембрийскими комплексами доуралид, которые сложены кварцитами,

амфиболитами, сланцами, гнейсами, и рифтогенно-склоновыми формациями палеозоя (рисунок 1.3). Палеоокеанический сектор известен под названием Тагильского и Войкарского синклиналиев и включает в себя комплексы раннего-среднего палеозоя.

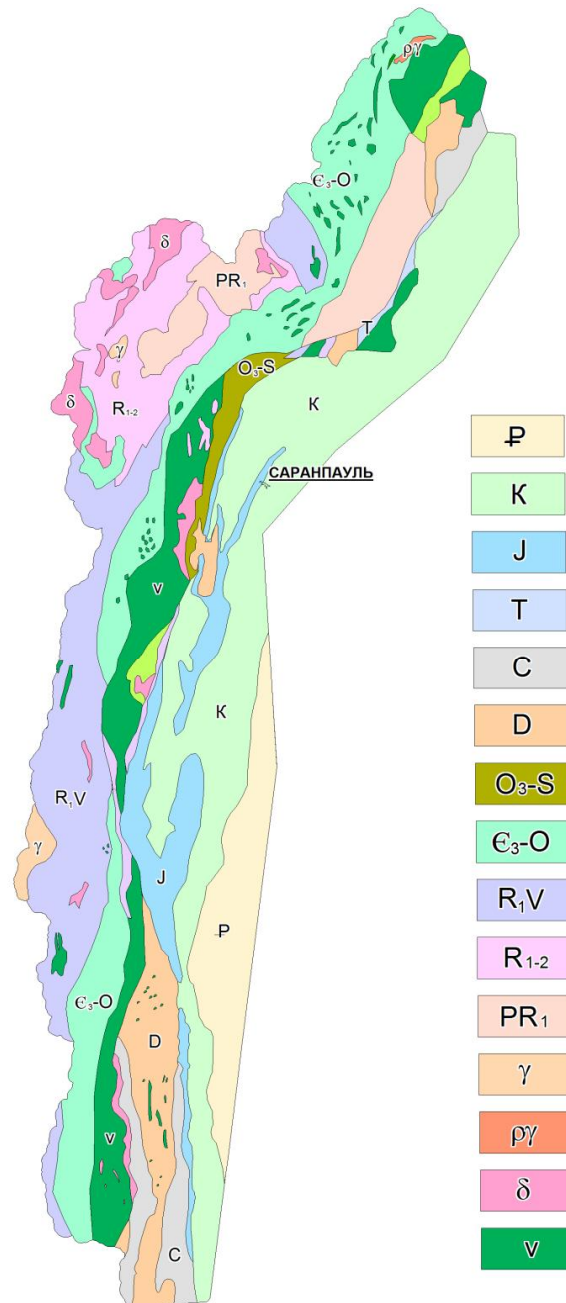


Рисунок 1.3 – Геологическая карта восточного склона Урала в пределах ХМАО-Югры
(Атлас ХМАО-Югры ..., 2004)

Условные обозначения: Р – Палеогеновая система. Нерасчлененные отложения. Пески, глины, опоки, диатомиты.
К – Меловая система. Нерасчлененные отложения. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, глины, опоки, диатомиты. Ж – Юрская система. Нерасчлененные отложения. Гравийногалечные отложения, пески, глины, бурые угли,

песчаники, алевролиты. Т – Триасовая система. Нерасчлененные отложения. Гравелиты, песчаники, алевролиты, аплиты, бокситы. С – Каменноугольная система. Нерасчлененные отложения. Песчаники, известняки, алевролиты, аргиллиты, конгломераты, тонкие прослои угля. D – Девонская система. Нерасчлененные отложения. Песчаники, алевролиты, известняки, конгломераты, базальты, андезиты, их туфы. O₃-S – Ордовикская система, верхний отдел – силурийская система. Нерасчлененные отложения. Базальты, трахибазальты, андезибазальты, дациты, их туфы. C₃-O – Кембрийская система, верхний отдел – ордовикская система. Кварцитопесчаники, слюдистые сланцы, эффузивы, туфы. R₁-V – Верхний рифей – вендская система. Конгломераты, гравелиты, туфоалевролиты, туфопесчаники, пестроцветные сланцы, кварциты. R₁₋₂ – Нижний – средний рифей. Аловулканогенные зеленые сланцы, слюдистые сланцы, гнейсы, конгломераты. PR₁ – Нижний протерозой. Кристаллосланцы, амфиболиты гранатовые, эклогиты, кварциты.

Интрузивные и субвулканические образования: Υ – Граниты, гранитогнейсы. pΥ – Плагиограниты. δ – Диориты. v – Габбро.

Слагающие восточный сектор Урала структурно-формационные зоны одна за другой постепенно погружаются под мезокайнозойские осадки Западно-Сибирского мегабассейна (Иванов и др., 2004).

В пределах сочленения восточного склона Приполярного Урала и Западно-Сибирской низменности широко развит мезозойско-кайнозойский плитный комплекс, сложенный слаболитифицированными отложениями молодой плиты мощностью от нескольких сотен до тысячи и более метров. В составе комплекса обычно выделяются следующие подкомплексы: нижнеплитный, сложенный образованиями триаса, и верхнеплитный, сложенный образованиями юры-квартера (Концепция..., 2005). Ведущими геологами отмечаются благоприятные предпосылки для выявления многих видов твердых полезных ископаемых (Рудный..., 2001; Концепция..., 2005; Золоев, 2009).

1.2. Климат

Характеристика климата Приполярного и Северного Урала подготовлена по данным метеостанций Мужы, Саранпауль, Сосьва и Няксимволь за многолетний период наблюдений (Справочник..., 1965; 1967; 1968; 1969; Климатическая..., 1982), дополнена актуальными данными 2003-2007 гг. ГУ «Ханты-Мансийский окружной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (Климатическая..., 2008).

Значительная протяженность исследуемой территории в меридиональном направлении является основной причиной различий в количестве поступающей солнечной радиации, радиационного баланса и циркуляции атмосферы (Экологические..., 2002). Климатические различия характерны для межгорных депрессий, котловин, широких долин, южных и северных склонов гор, прослеживаются изменения климата по высоте (Успин и др., 2004).

Климат исследуемой территории отличается значительной континентальностью. Наиболее суровыми климатическими условиями характеризуется Приполярный Урал. Среднегодовое значение температуры изменяется от $-5,1^{\circ}\text{C}$ в северной части до $-2,2^{\circ}\text{C}$ в южной части. Среднемесячная температура самого холодного месяца (январь) составляет $-22,4^{\circ}\text{C}$, самого теплого месяца (июль) - $+14,4^{\circ}\text{C}$ (Мужи), повышаясь к югу до $-20,7^{\circ}\text{C}$ и $+15,8^{\circ}\text{C}$ соответственно (Няксимволь). Продолжительность периода устойчивых морозов изменяется от 178 дней (Мужи) до 152 дней (Няксимволь). В котловинах, куда стекает холодный воздух и где он застаивается, безморозный период сокращается на 30-60 дней по сравнению с открытыми, ровными участками. В результате стока холодного воздуха в долины образуется инверсия температуры.

На температурный режим почвы, кроме радиационного режима, циркуляции атмосферы, форм рельефа, большое влияние оказывают механический состав и тип почвы, ее влажность, состояние поверхности (Успин и др., 2004). Среднегодовая температура поверхности почвы не превышает -4°C - -5°C , среднемесячная в северной части меняется от $-6,8^{\circ}\text{C}$ в апреле до $+14,4^{\circ}\text{C}$ в июле, в южной части соответственно от -4°C до $+19^{\circ}\text{C}$. В годовом ходе самая низкая температура зимой на глубине пахотного слоя (20 см) наблюдается преимущественно в январе и феврале. Среднее число дней с температурой почвы ниже 0°C на глубине 20 см составляет 140-160 дням. С глубиной среднее число дней с температурой почвы ниже 0°C убывает. Наибольшая глубина промерзания почвы достигает 1-2 м. Оголенные почвы нередко промерзают более чем на 2 м.

Среднегодовое количество осадков исследуемой территории изменяется от 426 мм (Саранпауль) до 461 мм (Няксимволь). Наибольшее количество осадков

выпадает в летний период (рисунок 1.4). Повторяемость жидких осадков от общего количества наибольшая и составляет 55-59 %. В этом регионе осадки превышают испаряемость, коэффициент увлажнения более 1,3 (Атлас., 1971), влажный климат создает условия для миграции химических элементов в ландшафте и профиле почв.

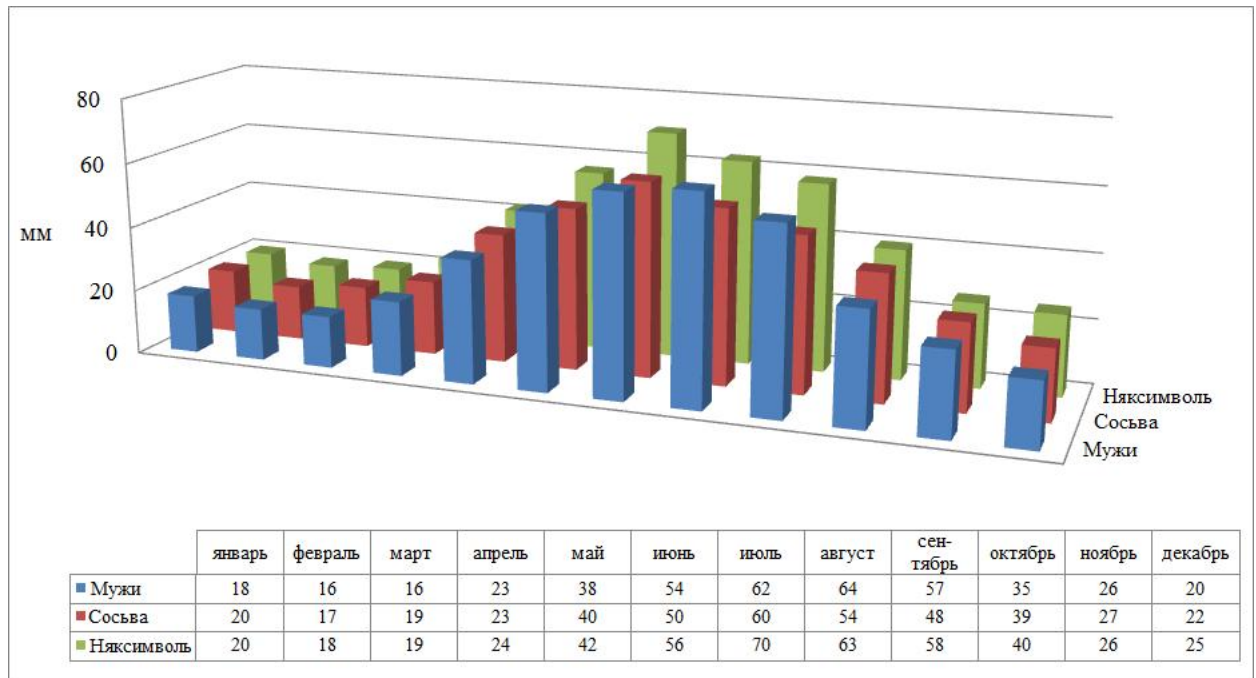


Рисунок 1.4 – Среднемесячное количество осадков, мм.

Продолжительность периода со снежным покровом уменьшается с севера на юг: 214 дней (Мужа), 200 дней (Саранпауль), 197 дней (Сосьва), 180 дней (Няксимволь). В среднем появление снежного покрова происходит в первой половине октября, а 15-28 октября он устанавливается повсеместно.

На склонах гор, под влиянием ветра, наблюдается перераспределение снега, в связи с чем наветренные склоны оголяются от снега, а на подветренных склонах или на защищенных от ветра местах скапливается его большое количество (Успен и др., 2004). Для подгольцового пояса характерно интенсивное снегонакопления как за счет обильных осадков, так и за счет перевевания снега ветром с безлесных гольцов (Экологические..., 2002). Запасы воды в снеге к концу зимы уменьшаются к югу и составляют 180-125 мм.

В целом за год на Приполярном Урале преобладают ветра южного, юго-западного и северного направлений, на Северном Урале – западного и северо-западного направлений. Основное направление ветра сильно искажается под влиянием орографии. В долинах, благодаря местной циркуляции, возникают горно-долинные ветры (Успин и др., 2004).

Суровые климатические условия, континентальность климата определяют особенности почвообразования и выветривания, водной и биологической миграции вещества, влияют на видовой состав и структуру экосистем и таким образом, в значительной мере влияют на ландшафтно-геохимическую структуру территории. Северная часть Урала относится к холодно-влажным областям, специфической чертой которых является сочетание малых запасов тепла со значительным атмосферным переувлажнением, что определяет особые условия почвообразования (Таргульян, 1967). Низкие температуры воздуха и почвы обуславливают замедленное химическое изменение первичных минералов пород и, следовательно, слабое их вовлечение в миграционные процессы. В то же время часто повторение циклов замерзания – разморозки при высокой увлажненности рыхлой толщи, значительные суточные и сезонные перепады температуры приводят к интенсивному физическому разрушению материнской породы.

1.3. Почвы

Согласно принятой схеме почвенного районирования, предгорная часть рассматриваемой территории принадлежит к провинции таежных почв Западно-Сибирской почвенно-географической области, горная часть – к Уральской области горных почв (Атлас..., 1971). Структура почвенного покрова определяется такими факторами, как макро- и мезорельеф, тип почвообразующих пород, водный режим, микроклимат, характер растительности. Основными свойствами почв являются хороший дренаж, высокая мобильность органического вещества, каменистость, структуре почвенного покрова свойственна большая пестрота и комплексность (Фирсова, Дедков, 1983).

Отчетливо выражена вертикальная поясность и широтная зональность. В горах складываются особые условия почвообразования, связанные с низкими температурами, преобладанием физического выветривания над химическим, замедленным биологическим круговоротом. Влияние криогенного фактора является одним из основных при формировании особенностей горных почв. Криогенные признаки проявляются в характерном микрорельефе, присутствии льдистой мерзлоты, оструктуренности срединных горизонтов профиля и проявлении криогенных трещин (Дымов и др., 2013). Среди горно-тундровых почв различаются почвы полигональных, пятнистых и наиболее распространенных каменистых тундр (Погодина, Розов, 1968). Горные почвы отличаются повышенной скелетностью механического состава, малой мощностью почвенного профиля (Хренов, 2002). Незначительная мощность почв объясняется ослабленностью процессов почвообразования вследствие низких температур и наличия многолетней мерзлоты, замедленного темпа биологического круговорота, медленного химического выветривания. С севера на юг происходит улучшение термического режима, что вызывает усиление процессов гумификации растительных остатков и увеличение мощности почв. Отличительной особенностью горных почв является высокая мобильность органического вещества, в составе нижних почвенных горизонтов представленного фульватными формами (Фирсова, Дедков, 1983).

Общепринятой классификации почв Приполярного и Северного Урала не разработано. Как отмечалось, эта уникальная территория остается слабоизученной в почвенном отношении (Дымов, 2013). Поэтому существуют разночтения и неясности в определении типологической принадлежности некоторых почв. Так, описанные на Северном Урале почвы, представляющие собой переход между глееземами и буроземами, не предусмотрены в классификации почв России (Семиколенных и др, 2013). Почвы, развитые под тундровыми сообществами Приполярного Урала, на Государственной почвенной карте России отнесены к горно-тундровым пропитанно-гумусовым, в другой

классификационной схеме названы подбурами иллювиально-гумусовыми (Дымов, 2013).

В нашей работе использовалась типологическая схема, используемая при ресурсной оценке земель (Ресурсная..., 2002). Согласно ей, в почвенном покрове восточного склона Приполярного и Северного Урала представлено 19 основных типов почв. В горной части Приполярного Урала преобладают почвы с маломощным (2-5 см) торфяным горизонтом, развитые на щебнистом субстрате. По классификации Е.Н. Ивановой (1976), они относятся к горно-тундровым слабооторфованным. Почвы отличаются укороченностью профиля, большой долей щебня, имеют кислую, реже слабокислую реакцию (Московченко, 2009). Различия между ними обусловлены в основном степенью каменистости минерального субстрата и характером водно-теплового режима. На участках каменистых россыпей с открытыми группировками растительности, представленной лишайниками и мхами, распространены слабо развитые почвы (петроземы в соответствии с (Классификация..., 2004)). По мере заселения субстрата споровыми и цветковыми растениями формируются почвы, состоящие из несплошного торфяного слоя, ниже которого залегает щебнистая материнская порода. Подобные почвы В.Д. Васильевской (1980) названы горно-тундровыми органогенно-щебнистыми. На западном макросклоне Приполярного Урала отмечено формирование под горной лишайниково-кустарничково-зеленомошной растительностью подбуров иллювиально-гумусовых и подбуров глееватых в местах застоя влаги (Дымов и др., 2013). В условиях длительного насыщения почв водой в западинах горных тундр и редколесий формируются глееземы, однако площадь, занимаемая ими, незначительна.

Под лесной растительностью наиболее распространены подзолистые почвы, формирующиеся на относительно дренированных участках. В совокупности они занимают более 39 % территории и доминируют в структуре почвенного покрова. Отмечалось, что в формировании почв Приполярного Урала, особенно в лесном поясе, значительная роль принадлежит процессу подзолообразования, хотя подзолистый горизонт имеет небольшую мощность (Фирсова, Дедков, 1983).

При усилении гидроморфности подзолистые почвы переходят на равнинных участках в торфяно-подзолисто-глеевые, и глееподзолистые почвы, в горах – в горные глееподзолистые.

На дренированных территориях, сложенных песчаными отложениями преимущественно ледникового генезиса, при промывном типе водного режима, распространены подзолы иллювиально-железистые. В горах подзолы отличаются коротким (20-25 см) профилем и слабо выраженным иллювиированием железа (Московченко, 2009). Белесый оподзоленный горизонт этих почв характеризуется высокой активной и обменной кислотностью, минимальной степенью насыщенности основаниями, содержание органического вещества в подзолистом горизонте больше, чем в иллювиальном, оподзоливание не сопровождается выносом ила (Фирсова, Дедков, 1983).

В предгорьях в структуре почвенного покрова появляются органогенные торфяные почвы. При доминировании атмосферного питания формируются торфяные олиготрофные, занимающие около 5 % территории. Локальные депрессии, находящиеся под воздействием стока грунтовых вод с вышележащих поверхностей, заняты торфяными эутрофными почвами, которые в совокупности занимают около 2 % территории.

Аллювиальные серогумусовые почвы формируются на возвышенных элементах рельефа поймы, при глубоком залегании грунтовых вод, и занимают менее 5 % площади. Наименее распространены дерново-подзолистые почвы и подзолы иллювиально-гумусовые, сформировавшиеся на приречных, дренированных участках при промывном типе водного режима; литоземы перегнойно-гумусовые в межгорных западинах и ложбинах стока; аллювиальные торфяно-глеевые почвы на притеррасной пойме, центральной пойме с близким залеганием грунтовых вод.

В структуре почвенного покрова наблюдаются закономерности распределения почв, образующих генетические ряды. В каждой почвенно-климатической зоне Урала формируется свойственный ей парагенетический ряд почв. На Приполярном Урале он представлен горно-тундровыми почвами,

подбурами, подзолистыми иллювиально-железисто-гумусовыми, иллювиально-железистыми подзолами, горно-таежными бурями (Фирсова, Дедков, 1983). Для Северного Урала отмечалось преобладание в структуре почвенного покрова следующих типов почв (Семиколенных и др., 2013): в верхней части склонов – альфегумусовых подзолов, на хорошо дренированных средних частях склонов – буроземов, на участках с затрудненным дренажом – глееземов и слабодифференцированных глееватых метаморфических проблемного классификационного положения.

Распределение почв разной типологической принадлежности в соответствии с занимаемой ими площадью представлено на рисунке 1.4.

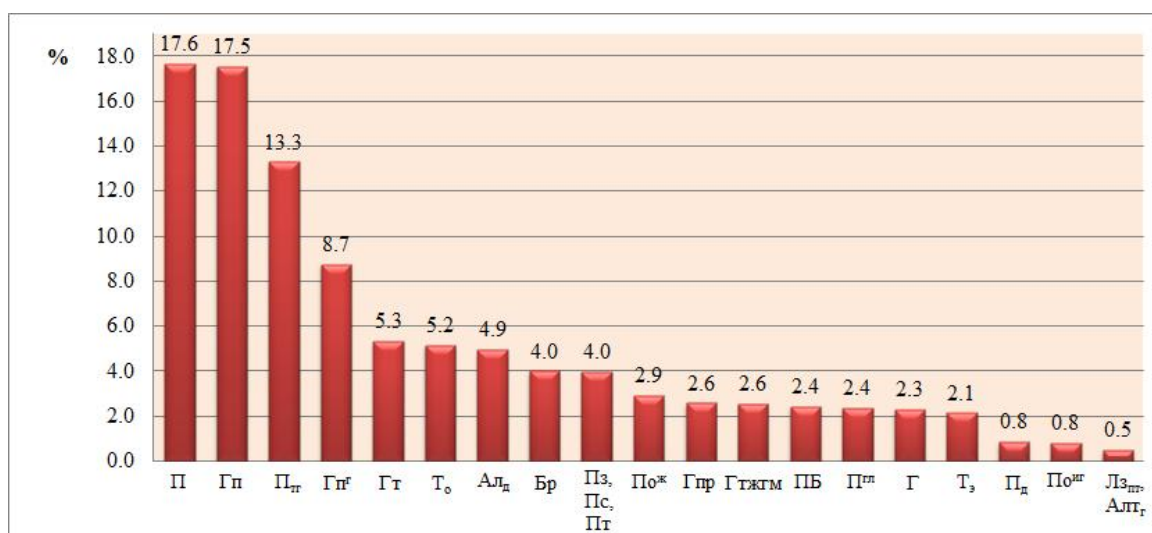


Рисунок 1.4 – Площади, занимаемые различными типами (подтипами) почв (% от территории восточного склона Приполярного и Северного Урала)

Таксономические единицы (типы и подтипы) почв: П - подзолистые, Гп – горные подзолистые, ПтГ – торфяно-подзолисто-глеевые, ГпГ – горные глееподзолистые, Гт – горные тундровые, То – торфяные олиготрофные, Алд – аллювиальные серогумусовые, Бр – буроземы, Пз, Пс, Пт – пелоземы, псаммоземы, петроземы, По^ж – подзолы иллювиально-железистые, Гпр – горно-тундровые примитивные, Гтжгм – горно-таежные, ПБ - подбуры, ПГл - глееподзолистые, Г - глееземы, Тз – торфяные эутрофные, Пд – дерново-подзолистые, По^{ил} – подзолы иллювиально-гумусовые, Лзпт – литоземы перегнойно-гумусовые, Алт – аллювиальные торфяно-глеевые.

1.4. Растительность

Распределение растительности на исследуемой территории зависит, прежде всего, от широтно-зональных, орографических и литологических условий. За исключением небольшого участка на юго-востоке, предгорья Приполярного и Северного Урала относятся к подзоне северной тайги. Отчетливо выражена высотная поясность, которая определяется географической широтой, крутизной и экспозицией склонов, массивностью гор (Горчаковский, 1968). Наиболее возвышенные участки с каменными и скалистыми поверхностями («гольцы») заняты группировками накипных лишайников. Гольцы распространены в горах Приполярного Урала, изредка встречаются на вершинах Северного Урала.

Ниже располагается горно-тундровый пояс, в пределах которого сверху вниз выделяются полосы каменистых,

лишайниковых, травяно-моховых, кустарничковых и кустарниковых тундр (Казанцева, Казанцев, 2009).

Различные типы тундровых сообществ образуют сложные сочетания в зависимости от особенностей субстрата (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Синузии эпилитных лишайников в сочетании с фрагментами кустарничково-лишайниковых сообществ в каменистой горной тундре на хребте Балбанты, Приполярный Урал

Горно-тундровый пояс тянется сплошной полосой на Приполярном Урале, но на Северном он распадается на ряд «островов», связанных с более крупными горными вершинами (Горчаковский, 1968). По мере снижения абсолютных отметок высот горные тундры постепенно

переходят в редколесья. Граница между горными тундрами и редколесьями проходит на Приполярном Урале на высотах 400–600 м, редколесья Северного Урала поднимаются до высот 600–700 м. Состав древесных пород редколесий смешанный, здесь в равной степени встречаются береза, ель и лиственница, несколько реже – сосна. Напочвенный покров кустарничково-лишайниковый, несомкнутый.

Лесные сообщества занимают доминирующее положение в структуре растительного покрова низкогорий и предгорий. Доля покрытых лесом земель составляет почти 80 % от общей площади района исследований. При этом лесистость территории горной части Приполярного Урала составляет 66 %, Северного — 91 %. На предгорную часть приходится соответственно 74 и 92 % (Казанцева, Казанцев, 2008). Преобладающей растительной формацией являются хвойные леса.

На основании лесорастительного районирования (Смолоногов и др., 1980) рассматриваемая территория расположена в Уральской горной лесорастительной стране и включает в себя Приполярно-Уральскую и часть Северо-Уральской лесорастительной подобласти. Внутри каждой из них, в меридиональном направлении, выделяются Центральная горная (горная часть) и Зауральская предгорная (предгорная часть) лесорастительные провинции.

На верхней границе древесная растительность представлена низкорослой либо стланиковой формой лиственницы, сосны и березы (*Betula tortuosa*). В высокогорном поясе распространены кедрово-елово-лиственничные или кедрово-елово-березовые мелколесья с зеленомошно-кустарничково-лишайниковым покровом, которые в низкогорном поясе переходят в среднесомкнутые леса зеленомошной группы (Казанцева, Казанцев, 2008). Горные леса имеют особо важное климатулучшающее, защитное и водоохранно-водорегулирующее значение (Смолоногов, Вегерин, 1980).

В предгорьях леса занимают господствующее положение. Как правило, таежные темнохвойные леса предгорий имеют смешанный состав. Основные деревья-лесообразователи на достаточно увлажненных почвах среднего

плодородия входят в состав древостоем примерно в равном соотношении; в условиях, отклоняющихся от оптимальных, состав древостоев обедняется и один из лесообразующих видов начинает явно преобладать (Горчаковский, 1968).

В соответствии с преобладающей лесообразующей породой, на рассматриваемой территории чаще всего встречаются еловые леса. Широкое распространение в предгорьях ледниковых отложений песчаного состава определило значительное присутствие сосновых лесов. Уступают им по площади распространения лиственничные и кедровые леса. Отмечается регрессия кедра вследствие антропогенной деятельности (Горчаковский, 1968). Наибольшего распространения хвойные леса достигают в Зауральской предгорной провинции Северного Урала.

Лиственные леса, среди которых наиболее распространены березняки, занимают 18 % территории. Распространение лиственных лесов вызвано, прежде всего, рубками и пожарами. Наибольшие площади лиственных лесов представлены в Центральной горной провинции Северного Урала, что свидетельствует о максимальном уровне антропогенного влияния на этом участке.

Болота наибольшего распространения достигают в предгорной провинции Приполярного Урала, где занимают более 21 % площади. Меньше выражена заболоченность в предгорной провинции Северного Урала (6 %). В горных провинциях болота занимают незначительные по площади участки (0,1-0,3 %). Преобладают верховые болота: выпуклые торфяные, грядово-мочажинные и болота типа аапа (Горчаковский, 1968). Во флористическом составе доминируют сфагновые мхи, ерник, болотные кустарнички (подбел, клюква), осоки топяная и шаровидная. Переходные болота преимущественно лесные с преобладанием в древесном ярусе березы и сосны, в травяно-кустарничковом ярусе обильны осоки, моховой покров представлен зелеными и сфагновыми мхами.

Экосистемы гарей и вырубок занимают 2 % территории, наибольшие площади расположены в предгорной провинции Приполярного Урала, представлены молодыми лиственными и травяными сообществами.

Луговые экосистемы не имеют широкого распространения. Они представлены субальпийскими и альпийскими лугами, фрагментарно встречающимися в редколесном, подгольцовом и отчасти тундровом поясе гор, а также ассоциациями осоковых и злаково-разнотравных лугов речных долин (Казанцева, Казанцев).

Процентное соотношение площадей разных типов растительных сообществ в общей структуре растительного покрова на исследуемой территории, приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Соотношение площадей, занимаемых различными типами экосистем (%) (Ресурсная..., 2002)

В процентах

Типы экосистем	Приполярный Урал		Северный Урал		Всего
	Горная провинция	Предгорная провинция	Горная провинция	Предгорная провинция	
<i>Гольцы</i>	10,0	-	0,9	-	3,3
Тундры	24,0	-	6,0	-	8,6
Темнохвойные леса, в том числе					
<i>Кедровники</i>	7,0	6,0	7,0	3,0	5,5
<i>Ельники и пихтовники</i>	19,0	31,0	51,0	16,7	26,3
Светлохвойные леса, в том числе					
Лиственничники	11,0	11,0	2,0	2,3	6,5
<i>Сосняки</i>	2,0	18,0	6,0	54,0	22,5
Лиственные леса	22,0	8,0	24,0	16,0	18,0
Болота	0,1	21,1	0,3	6,0	5,7
Гари и вырубки*	1,0	4,0	1,9	2,0	2,0
Луга	4,0	1,0	1,0	0,0	1,6
Общая площадь (км ²)	9667	5425	5822	10112	31026

* – Получены нами в результате дешифрирования космических снимков ALOS AVNIR-2 (разрешением 10 м.) за 2007-2008 гг., FORMASAT-2 (разрешением 8 м. и 2 м.) за 2008 г.

Наибольшее флористического разнообразия свойственно приречным лугам а также приречным заросли кустарников. Высокое разнообразие характерно также для горных редколесий и ерниковых тундр, где сочетание экологических

условий (положения в рельефе, характера увлажнения) определяет высокую видовую насыщенность растительных сообществ.

1.5. Ландшафты

Исследование ландшафтно-геохимических особенностей любой территории невозможно без предварительного анализа собственно ландшафтной структуры. Обращение к ландшафтам как к цельным системам связано с тем, что при ландшафтном подходе рассматривается весь комплекс взаимодействующих компонентов и межкомпонентных связей, фиксируются все происходящие или ожидаемые изменения и последствия (Кочуров, 2003). Важен ландшафтный подход и при исследовании процессов миграции и аккумуляции вещества. Специфика геохимии ландшафтов состоит не в особых принципах деления ландшафтной сферы, а в ином подходе к ее изучению (Исаченко, 1965; Перельман, 1975; Семенов, 1991).

По схеме физико-географического районирования Тюменской области (Физико-географическое..., 1973), описываемая территория относится к четырем провинциям:

- Народно-Итьинской и Хулгинско-Маньинской провинциям Приполярно-Уральской горной области
- Северо-Уральской Центральной провинции Северо-Уральской горной области.
- Северо-Сосьвинской провинции лесной равнинной широтно-зональной области (Войкарская и Люлимворская подпровинции).

Территория восточного склона Приполярного и Северного Урала отличается разнообразием ландшафтных комплексов. Связано это со значительной протяженностью в широтном направлении, литологическими условиями, наличием высотной поясности.

При классификации ландшафтной структуры, как правило, применяется системно-иерархический подход, основанный на выявлении соподчиненных пространственно типологических единиц по комплексу признаков. Нами

классификация ландшафтных комплексов территории проведена с учетом факторов, определяющих процессы миграции и аккумуляции вещества: характера рельефа, высотной поясности, особенностей водного режима. Учитывался опыт регионального ландшафтного районирования ХМАО-Югры (Атлас..., 2004; Москвина и др., 2001; Булатов, 2007).

Выделение ландшафтно-типологических единиц проведено на основании дешифрирования космических снимков ALOS AVNIR-2 (разрешением 10 м.) за 2007-2008 гг., FORMASAT-2 (разрешением 8 м. и 2 м.) за 2008 г. и анализа цифровой модели рельефа топографической основы Госгисцентра Федерального агентства геодезии и картографии (Роскартографии) М:1:200 000, полученной с помощью программы GST (Geospline Technology). В соответствии с проведенным анализом, на территории исследований выделено 11 родов ландшафтов (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Соотношение площадей, занимаемых ландшафтными комплексами Приполярного и Северного Урала

В процентах

Ландшафтные комплексы	Приполярный Урал	Северный Урал	Общая площадь
ГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ			
1. Экзарационные и эрозионно-денудационные среднегорные гольцово-тундровые	7,2	2,0	4,5
2. Эрозионно-денудационные среднегорные тундровые	19,4	0,8	9,8
3. Эрозионно-денудационные низкогорные тундрово-редколесные	24,7	36,5	30,8
4. Эрозионные и эрозионно-аккумулятивные низкогорно-предгорные таежные	14,1	17,0	15,6
5. Горно-долинные	6,9	6,5	6,8
ПРЕДГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ			
6. Предгорные с эрозионно-аккумулятивные северотаежные ландшафты дренированных и относительно дренированных водно-ледниковых равнин	14,0	9,8	11,9

Продолжение таблицы 1.2

В процентах

Ландшафтные комплексы	Приполярный Урал	Северный Урал	Общая площадь
ПРЕДГОРНЫЕ ЛАНДШАФТЫ			
7. Предгорные эрозионно-аккумулятивные среднетаежные ландшафты дренированных и относительно дренированных водно-ледниковых равнин	0	12,1	6,2
8. Предгорные среднетаежные ландшафты озерно-аллювиальных равнин	0	0,9	0,5
9. Гидроморфные ландшафты болот	8,5	9,6	9,0
10. Пойменно-долинные комплексы	5,1	4,8	4,9
11. Антропогенно-измененные ландшафтные комплексы	0,02	0,03	0,02

На исследуемой территории наиболее распространены эрозионно-денудационные низкогорные (более 30 % территории), эрозионные и эрозионно-аккумулятивные предгорные, низкогорно-предгорные таежные ландшафтные комплексы, а также северотаежные ландшафты дренированных и относительно дренированных равнин (таблица 1.2).

Экзарационные и эрозионно-денудационные альпийско-среднегорные ландшафтные комплексы, характеризуются большими абсолютными высотами (до 1895 м), глубоко расчлененным рельефом, широким распространением альпийских форм, многолетнемерзлых грунтов, ледников и снежников, гольцовых поверхностей и мерзлотно-солифлюкционных образований (Чикишев, 1968). Преобладают они на Приполярном Урале, на Северном занимают незначительные участки наиболее высоких хребтов.

Эрозионно-денудационные среднегорные ландшафтные комплексы представляют собой сочетание каменных россыпей, горных кустарничково-моховых, кустарничково-лишайниковых тундр, по мере снижения абсолютных отметок высот переходящие затем в лиственничные, березовые и еловые редколесья (рисунок 1.6).

Эрозионно-денудационные низкогорные тундрово-редколесные ландшафтные комплексы распространены на высотах 500-700 м. Тундрово-редколесные ландшафты низкогорий представляют собой сочетание ерниковых зарослей, кустарничково-лишайниковых каменистых тундр, лиственничных, березовых и еловые редколесий с хорошо развитым кустарничковым ярусом.



Рисунок 1.6 – Горная каменистая тундра, переходящая в редкостойные леса
(г. Ялпынгнер, Северный Урал)

Нижние части горных склонов заняты среднесомкнутыми еловыми с примесью кедра и березы лесами. Невысокие возвышенности, холмы и гряды пересечены глубоко врезаннами речными долинами. Горно-долинные комплексы представлены поймами и долинами ручьев и малых рек. По понижениям и долинам ручьев произрастает густой ерник с мохово-лишайниковым покровом, перемежающийся с небольшими осоково-сфагновыми болотами.

По мере удаления от центральной части гор холмисто-увалистые гористые поверхности сменяются полого-наклонными возвышенностями, покрытыми таежной растительностью. В древесном ярусе лиственница сменяется сосной,

березой и кедром, в напочвенном покрове преобладают кустарничков, бореальное мелкотравье и зеленые мхи.

Широкий спектр ландшафтно-экологических рядов, от альпийско-гольцовых до таежных, нестабильность экосистем, находящихся в суровых климатических условиях, определяют и их потенциальную уязвимость. Для крутосклоновых поверхностей характерна высокая динамичность современных рельефообразующих процессов, они в значительной степени подвержены эрозии. Ландшафтные комплексы с активно протекающими процессами термокарстовой переработки являются очагами естественной деградации многолетней мерзлоты и выполняют ландшафтно-стабилизирующую функцию. Высокую экологическую ценность представляют горно-альпийские ландшафты.

Анализ техногенных нарушений ландшафтов проведен методом дешифрирования космических снимков ALOS AVNIR-2 (разрешением 10 м.). Технология обработки данных дистанционного зондирования состояла из привязки к топографической основе, классификации и создании специальных и тематических карт. По результатам дешифрирования космических снимков на территории работ зарегистрированы следующие виды антропогенной деятельности: лесные рубки, трассы автомобильных дорог, места добычи общераспространенных и твердых полезных ископаемых, селитебные зоны, территории занятые промобъектами, трасса магистрального газопровода.

На описываемой территории находятся разработки россыпного золота (Яроташорский, Маньинский, Золотошорский лицензионные участки) и кварца (Додо, Нестер-Шор, Хусь-Ойка). Открытые способы отработки месторождений россыпного золота зачастую полностью разрушают деятельность русловых процессов. В результате наблюдается значительная трансформация всего пойменно-руслового комплекса рек (особенно ярко это проявилось при старательских работах 70-80 гг. прошлого века на р. Яроташор и р. Кожим). Добыча кварца осуществляется карьерным способом с основными технологическими процессами: горнопроходческие работы, водоотливное хозяйство, обустройство отвальных хозяйств, транспортировка, строительство

рабочих площадок и поселков. Уже сейчас происходит ландшафтно-геохимическая трансформация: нарушение целостности геологического массива, загрязнение атмосферы, загрязнение подземных вод, загрязнение поверхностных вод, загрязнение земной поверхности, отчуждение земель, воздействие на биологические ресурсы. Однако в целом антропогенные ландшафты занимают доли процента от общей площади территории. Уровень техногенной нагрузки на современном этапе оценен как низкий.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу работы положены материалы, полученные в рамках научно-аналитической работы «Предварительная оценка воздействия на окружающую среду при освоении Приполярного Урала, в том числе разработка требований к размещению производственных и инфраструктурных объектов, обеспечивающих допустимое воздействие на окружающую среду».

Методика работ основывалась на основных положениях геохимии ландшафтов, сформулированных в трудах Б.Б. Польшова (1956), М.А. Глазовской (1964, 1988), А.И. Перельмана (1975, 1982, 1989). Почвы, поверхностные воды и донные отложения были исследованы на трех различных орографических уровнях: в поясе среднегорно-низкогорных эрозионно-денудационных ландшафтов, в поясе низкогорно-предгорных эрозионных и эрозионно-аккумулятивных ландшафтов и на территории прилегающих таежных подгорных равнин. При выборе участков исследований учитывались положение в ландшафтной структуре, особенности орографии и геологического строения, уровень техногенной нагрузки.

Пробы почв были отобраны в элементарных ландшафтах, сменяющих друг друга от местного водораздела к местной депрессии рельефа и связанных латеральными направленными миграционными потоками – геохимическими катенах. В большинстве случаев катены охватывали широкий спектр ландшафтно-геохимических обстановок и протягивались от автономных элювиальных ландшафтов к подчиненным аккумулятивным. Всего было заложено 25 катен протяженностью до 3 км. Схема опробования представлена на рисунке 2.1.

Отбор проб почв проводился из корнеобитаемого слоя с глубины 5-20 см. Исключение составил ряд опорных разрезов, характеризующих разные типы почв. В них опробование охватывало все почвенные генетические горизонты, вплоть до почвообразующих пород.

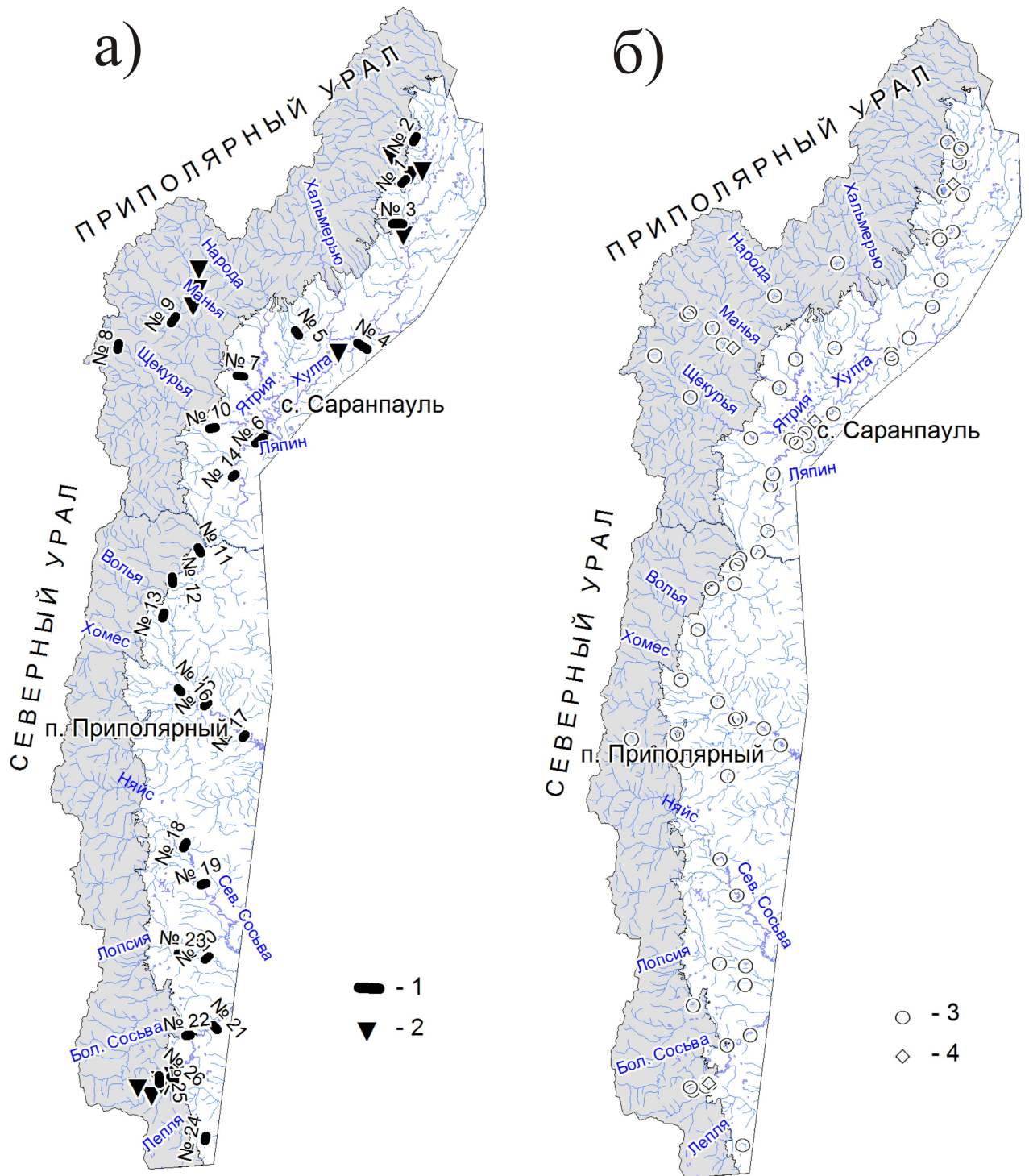


Рисунок 2.1 – Местоположение пунктов геохимического опробования: а) почв; б) поверхностных вод и донных отложений

1 – почвенные катены, 2 – опорные почвенные разрезы, 3 – пункты отбора поверхностных вод и донных отложений, 4 – пункты отбора только донных отложений). Серой заливкой выделены среднегорные и низкогорные ландшафты, без заливки-ландшафты предгорных равнин.

В конечных звеньях ландшафтно-геохимического сопряжения, субаквальных ландшафтах, были отобраны пробы донных отложений (по методике, изложенной в ГОСТ 17.1.5.01-80). Параллельно проводился отбор проб поверхностных вод. Состав поверхностных вод и донных отложений рассматривался в качестве показателя, характеризующего особенности ландшафтно-геохимической структуры водосборного бассейна. Отбор, хранение и транспортировка проб воды осуществлялись в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ 17.1.3.07-82; ГОСТ 17.1.5.01-80; ГОСТ 17.1.5.05-85 ; ГОСТ Р 51-592-2000). Опробование проведено на водотоках, обладающих большой площадью водосбора и относящихся, как правило, к высоким рыбохозяйственным категориям.

Количество проб и расположение пунктов наблюдения за качеством поверхностных вод обеспечили получение информации, достаточной для характеристики современного состояния водной среды в пределах рассматриваемой территории. Опробованием были охвачены 40 водных объектов. На территории восточного склона Приполярного Урала отобрано 38 проб поверхностных вод и донных отложений в притоках р. Ляпин, включая реки Хулга, Нияю, Халмерью, Манья, Налимаю, Народа, Щекурья, Ятрия. На территории восточного склона Северного Урала отобрана 31 проба поверхностных вод и донных отложений в р. Сев. Сосьва и ее притоках разных порядков (реки Воля, Толья, Лопсия, Лепля, Няйс, Люлия).

Перечень определяемых показателей химического состава был составлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к ведению эколого-геохимического мониторинга на распределенном фонде недр ХМАО-Югры (Требования..., 2004). В пробах почв и донных отложений было определено валовое содержание металлов (свинца, меди, цинка, марганца, хрома, никеля, железа) и концентрации в подвижной форме, а также величина рН, общее содержание органического вещества.

Химический анализ почвенных образцов был проведен в лаборатории экологических исследований Тюменского государственного университета

(аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511630), анализ донных отложений и поверхностных вод - в Ханты-Мансийском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.512070).

Концентрации металлов в почвах и донных отложениях определены методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, валовое содержание было определено на основании ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-02 и РД 52.18.685-2006, для полного разложения кристаллической структуры минералов была проведена обработка проб смесью концентрированных азотной, хлорной и плавиковой кислот. Подвижные формы, извлекаемые ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8, определены по методике, изложенной в РД 52.18.289-90. Органическое вещество почв определялось фотометрическим и гравиметрическим методом (методом Тюрина в модификации Центрального научно-исследовательского института агрохимического обслуживания сельского хозяйства), основанном на окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26213-91). Водородный показатель водной вытяжки (ед. рН) почв измерен на основании ГОСТ 26423-85.

В поверхностных водах определение водородного показателя рН выполнено электрометрическим методом на основании РД 52.24.495-2005. Массовая концентрация гидрокарбонатов (мг/дм^3) измерена титриметрическим методом, который заключается в титровании пробы воды раствором сильной кислоты (соляной или серной) на основании РД 52.24.493-2006. Массовая концентрация сульфатов (мг/дм^3) определена турбидиметрическим методом согласно РД 52.24.405-2005, хлоридов - меркуриметрическим методом (РД 52.24.382-2006). Определение массовой концентрации кальция выполнено титриметрическим методом с трилоном Б согласно РД 52.24.403-2007. Расчет общего содержания натрия и калия (мг/дм^3) проведен расчетным методом по разности между суммой анионов и суммой катионов на основании РД 52.24.514-2002.

Измерение массовой концентрации ионов аммония выполнено фотометрическим методом с реактивом Несслера (РД 52.24.486-95), массовая концентрация нитратов измерена фотометрическим методом согласно РД 52.24.380-2006. Биохимическое потребление кислорода измерено скляночным методом путем йодометрического титрования.

Определение массовой концентрации железа, марганца, никеля, меди, цинка, свинца и хрома выполнено методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб на основании РД 52.24.377-95; общей ртути – методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрией на основании ГОСТа Р 51212-98.

Массовая концентрация нефтепродуктов (мг/дм^3) определена ИК-фотометрическим методом согласно РД 52.24.476-2007. Выполнение измерений массовой концентрации анионоактивных ПАВ проведено на анализаторе жидкости “Флюорат 02” на основании ПНД Ф 14.1:2:4.27-95, летучих фенолов - экстракционно-фотометрическим методом после отгонки с паром на основании РД 52.24.488-2006.

При обработке материалов использовались методы математической статистики и геоинформатики. Вариационно-статистические характеристики рассчитаны в программах Microsoft Excel и PAST (Paleontological statistics software), version 3.0 (Hammer et.al, 2001). В случае отсутствия нормального распределения, за величину геохимического фона принята медиана, значение которой сравнительно мало подвержено влиянию аномальных значений (Геохимия..., 2006). По результатам анализов были вычислены кларки концентрации (КК), характеризующие распространенность химических элементов (относительно кларка почв по А.П. Виноградову). Для общей оценки накопления – рассеяния химических элементов в геосистемах вычислены коэффициенты накопления R_k – среднее из значений КК. Перераспределение химических элементов в ландшафтах оценено с использованием коэффициента латеральной дифференциации (Кл) – отношения содержания элементов в подчиненных геохимических ландшафтах к содержанию в автономных (элювиальных) и

коэффициента радиальной дифференциации (K_r) – отношение содержания химических элемента в почвенных генетически горизонтах по отношению к почвообразующей породе.

Для поверхностных вод были вычислены коэффициенты водной миграции K_x по Перельману – отношение содержания элемента в сухом остатке к содержанию в земной коре либо к содержанию в породах локального водосборного бассейна.

Оценка влияния природных условий (геологических, геоморфологических, литологических, ландшафтных) на состав почв, поверхностных вод и донных отложений выполнена на основании комплексного анализа геохимической структуры ландшафтов в различных водосборных бассейнах. Для этого по данным гипсометрических уровней и высотных отметок цифровой топографической основы Госгисцентра Федерального агентства геодезии и картографии (Роскартографии) масштаба 1:200 000 была подготовлена цифровая модель рельефа, выделены потоки (потенциальный путь движения воды по склону поверхности), водосборные бассейны потоков (часть земной поверхности, с которой происходит поверхностный сток ветки потоковой системы). Цифровая модель рельефа получена с помощью программы GST (Geospline Technology) (разработчик – Сидоров А.Н. и др.), расчеты проведены в TNTmips (разработчик - MicroImages). В качестве критериев выделения водосборных бассейнов выступали топографические показатели – абсолютное и относительное превышение, наклон поверхности, выпуклость.

Затем была подготовлена серия карт (слоев ГИС), характеризующих геологическое строение территории исследований, состав четвертичных отложений, распределение геологических структур, содержащих рудные полезные ископаемые. Компьютерное картографирование и сопоставление данных проведены в ГИС MapInfo Professional v. 10. В качестве источников информации использовались общегеографические и тематические карты объекта исследования, в том числе государственные геологические карты Российской Федерации (М: 1: 1000 000) (2005, 1995), карта плиоцен-четвертичных отложений

листов Q-41, P-41 (ФГУП «ВСЕГЕИ», ЗАО «МИРЕКО», ФГУП «ЗапСибГеоНАЦ» (2005), карта четвертичных образований листов P-40,41 (ФГУП «ВСЕГЕИ») (1995), геологическая карта восточного склона Северного и Приполярного Урала ХМАО-Югры (М: 1: 500 000) (Концепция..., 2005), минерагеническая карта восточного склона Северного и Приполярного Урала ХМАО-Югры (Концепция..., 2005); материалы ресурсной оценки земель Березовского района ХМАО-Югры М: 1:100 000 (ФГУП «Ангарское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие») (Ресурсная..., 2002).

Была подготовлена ландшафтно-типологическая карта масштаба 1:200 000, отражающая типологию и пространственное распределение геосистем. Затем было проведено сопоставление геохимических характеристик различных природных сред в пределах водосборных бассейнов с геологическими, ландшафтными и металлогеническими показателями.

ГЛАВА 3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ

3.1. Литологические факторы формирования состава почв

Общеизвестно, что состав почв в значительной степени наследует состав почвообразующих пород. Горные породы, формирующие литогенную основу ландшафта восточного склона Приполярного и Северного Урала, весьма разнообразны по своему генезису и составу. В отличие от равнинной территории Западной Сибири, сложенной с поверхности осадочными породами, для геологического строения Урала характерно широкое развитие древнейших сильнометаморфизованных пород, прорванных интрузиями преимущественно кислого состава, а также вулканогенно-осадочных пород, распространенных в полосе предгорий (Куницын, 1963). Многочисленные интрузии ультраосновных, основных, кислых пород формируют сложные пространственные структуры. Отложения, на которых непосредственно формируются почвы, представлены в горной части элювием, делювием и коллювием древних коренных пород. На Приполярном Урале широко распространены элювиальные и коллювиальные породы, на Северном доминируют по площади делювиально-коллювиальные. В предгорьях почвообразующими породами являются верхнечетвертичные и среднечетвертичные ледниковые, флювиогляциальные и аллювиальные, реже – озерно-аллювиальные отложения (Карта четвертичных..., 1973). Таким образом, почвообразование на территории Приполярного и Северного Урала протекает на коренных древних породах, слагающих горные системы, на коре их выветривания и переотложенных продуктах. В соответствии с принадлежностью к циклам выветривания горных пород, распространены три типа ландшафтных комплексов, охарактеризованные М.А. Глазовской (1988) как орто- пара- и неоэлювиальные ландшафты.

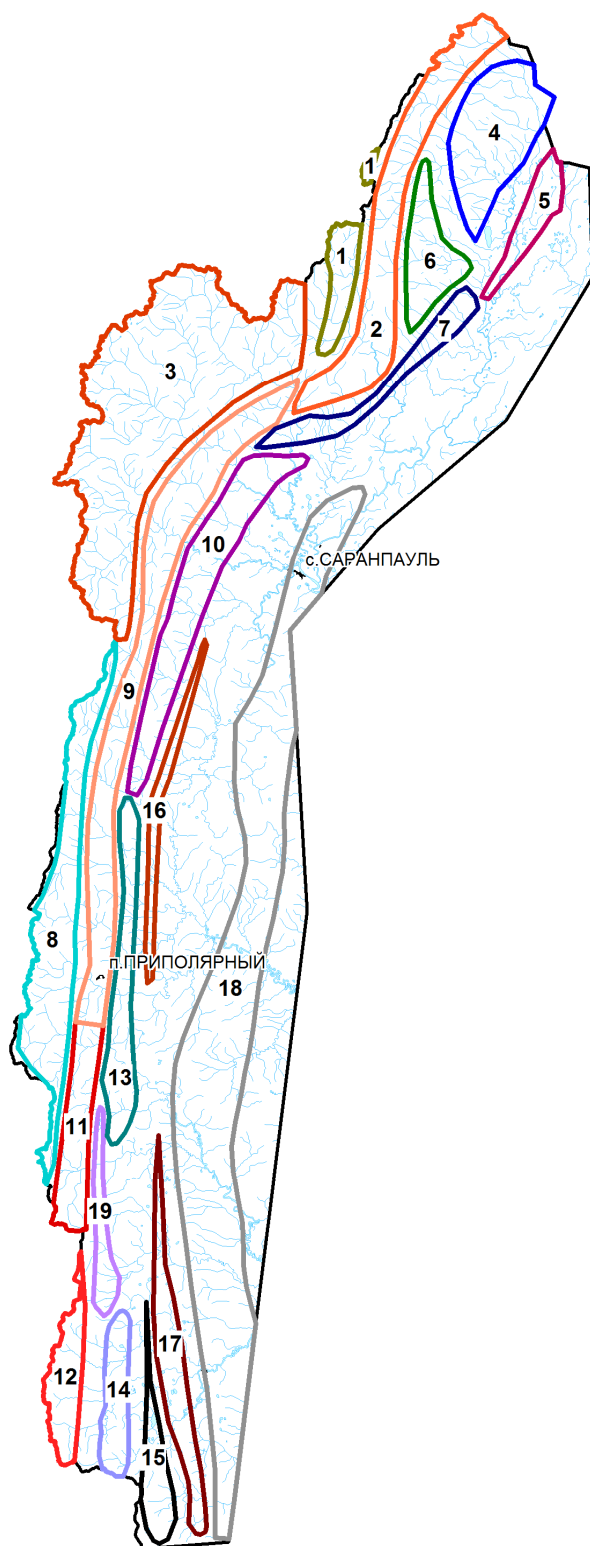
По мере снижения абсолютных отметок рельефа и перехода от гор к предгорным равнинам увеличивается доля осадочных пород в структуре покровных отложений. Так, в бассейне р. Щекурья, дренирующей горные

ландшафты Приполярного Урала, преобладают магматические (48 % территории) и осадочные (46 %) геологические формации, доля метаморфических формаций не превышает 6 %. В бассейне р. Хулга, протекающей по разделу между горными и предгорными ландшафтами Приполярного Урала, преобладают магматические геологические формации (50 %), метаморфические и осадочные составляют 23 и 27 % соответственно. На северном Урале в бассейне р. Манья, протекающей в низкогорьях и предгорьях, преобладают осадочные геологические формации (42 %).

Важнейшей особенностью геологического строения рассматриваемой территории является наличие крупных залежей рудных полезных ископаемых. Минерагения Уральской части Ханты-Мансийского автономного округа-Югры связана с развитием широкого спектра геологических процессов, обусловивших формирование полезных ископаемых всех генетических классов (Концепция..., 2005). На территории Приполярного и Северного Урала разведаны многочисленные залежи руд черных, цветных и благородных металлов. Выявлены геологические структуры, содержащие в высоких концентрациях медь, свинец, цинк, хром, никель, кобальт, железо, золото, платину (рисунок 3.1). Рудные тела, резко отличающиеся по своему составу от вмещающих пород, формируют геохимические аномалии и ореолы рассеяния в почвах. Таким образом, территория Приполярного и Северного Урала отличается исключительно сложным строением литогенной основы ландшафтов, что предопределяет высокую геохимическую контрастность.

Элементный состав почв и почвообразующих пород Северного и Приполярного Урала до настоящего времени обследован недостаточно. Приводимые в литературных источниках данные дают информацию об элементном составе горных пород небольших, ограниченных в пространстве участков, либо пород определенного генезиса и минералогического состава; обобщающие работы, отражающие особенности состава литогенной основы ландшафтов, отсутствуют.

Рисунок 3.1 – Геолого-экономические, горнорудные районы и перспективные объекты восточного склона Приполярного и Северного Урала (Концепция..., 2005)



Хулгинский геолого-экономический и горнорудный район: 1 – Грубеинско-Тыкотловская потенциальная площадь (Cu-Pb, Zn-Ba, asb, Nb, Be), 2 – Тыкотловская рудная подзона (Au, Pt, Pd, asb, Cu, Ba, Nb, Mo, Pb, Zn, U), 3 – Пуйвинско-Неройский рудный узел (Au, Q, asb, Pb, Zn, Cu) и Торговское рудное поле (W, Mo, Bi, Be), 4 – Южно-Войкарсыньинское рудное поле (Cr, Pt), 5 – Нижне-Тыкотловская потенциальная площадь (Al, Zn, Co, Cu, Au), 6 – Неркоюшорская площадь (Cu, Au, Ba, Ti), 7 – Олыся-Мусюрская площадь (Cr, Ni-Co, qf, Fe). Люльинский геолого-экономический и горнорудный район: 8 – Прикожимско-Маньхамбовская зона (Au, Nb, Ta, TR, Zr, U) – северная часть; южная в Лопсийском геолого-экономическом и горнорудном районе, 9 – Турупьинский рудный узел Саранхапнерской металлогенической подзоны (Au, Pt, Pd, Nb, Ta, Be, W, Mn, asb) – северная половина; южная – в Лопсийском геолого-экономическом и горнорудном районе, 10 – Хорасюрско-Охлямский рудный узел (Fe, Ti, Fe-Cu-V, Cr – Туяхланьинский участок). Лопсийский геолого-экономический и горнорудный район: 11 – Гурманская площадь (Cu, Au, Pt, Pd, asb) Саранхапнерской металлогенической подзоны, 12 – Верхне-Тосемтоуская аномальная зона (Au, Pt, Pd, PM, U, Pb, Cu, asb), 13 – Вольинская рудная зона (Cu, Zn, Au, Ti, Fe, Cr, Ni), 19 – Салатимская рудная зона (Ni, Co, Cu, Fe, Cr), 14 – Северо-Сосьвинская рудная зона (Cu, Au, Fe), 15 – Усть-Маньинская рудная зона (Fe, Au, Pb, Cu), 16 – Волья-Ятринская бокситоносная площадь (Al) – северная половина в Люльинском геолого-экономическом и горнорудном районе, 17 – Иоутыньинско-Лопсийская или Северо-Сосьвинская площадь (Al), 18 – Северо-Сосьвинский буроугольный бассейн – Люльинское месторождение с Шакуринской, Северо-Люльинской, Ятринской, Турупьинской, Охлямской перспективными площадями в Люльинском геолого-экономическом и горнорудном районе, остальные – в Лопсийском геолого-экономическом и горнорудном районе

Наибольшее количество сведений приводится в литературных источниках об элементном составе ультраосновных пород (базитов, гипербазитов, дунитов гарцбургитов и др.), отличающихся исключительно своеобразным минералогическим и элементным составом. Так, было отмечено, что породы горного массива Косьвинский Камень (Северный Урал), сложенного ультраосновными породами дунитового и пироксенового состава, отличаются многократно превышающим кларк содержанием никеля, кобальта и хрома (Михайлов, Михайлова, 1967). Черные сланцы Неркаюсского комплекса восточного склона Приполярного Урала содержат большое количество Cr, Mn, Ti, V, P; источником повышенного содержания хрома являются коры выветривания базитов и гипербазитов (Габов, 2007). Ультрабазиты зоны Главного Уральского разлома Приполярного Урала характеризуются повышенными содержаниями Co, Ni, Cr, а отличительной чертой габброидов является невысокое (100-300 г/т) содержание Sr и Ti (Шмелев, 2005). Промышленные запасы хромитовых руд найдены на участке распространения ультраосновных массивов Хулгинского блока (Приполярный Урал) (Алексеев и др., 2011). Таким образом, ультраосновные породы отличаются аномально высоким содержанием хрома, кобальта, никеля, что вызывает увеличение содержания этих элементов в почвах и растительности, что было описано на сопредельных участках Полярного Урала (Алексеева-Попова, Дроздова, 2013; Катаева, 2013).

Помимо хромитовых рудопроявлений, на исследованной территории выявлены руды цветных металлов, в частности, меди. Крайне высокие концентрации меди были отмечены в метаморфизированных породах вулканогенного генезиса рудной зоны бассейна р. Щугор (Северный Урал), однако за пределами рудной зоны концентрации снижаются на несколько порядков (Фишман, 2004). На Приполярном Урале выявлены аномалии меди с концентрацией 0,05 – 0,1 %, свинца с максимальными содержаниями 0,1-0,15 % (Опережающие..., 2007). Исследование элементного состава гранитов и конгломератов хобеинской свиты (Приполярный Урал), показало высокие

концентрации, урана, тория, тантала, ниобия, циркония и ряда микроэлементов (Душин и др., 2012).

Нами были опробованы почвообразующие породы различного генезиса, залегающие в разных ландшафтных и геоморфологических условиях. На территории Приполярного Урала были исследованы элювий древних коренных

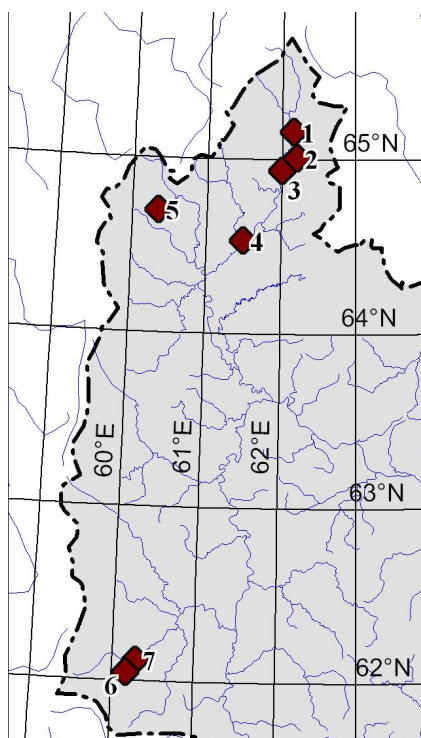


Рисунок 3.2 – Схема опробования почвообразующих пород

метаморфических пород, формирующий литогенную основу среднегорно-низкогорных ландшафтов. В бассейне р. Хулга были опробованы четвертичные аллювиальные, озерно-аллювиальные и водно-ледниковые отложения. На Северном Урале были отобраны пробы четвертичных аллювиальных и ледниковых отложений в верховьях р. Сев. Сосьва (рисунок 3.2). Элементный состав обследованных почвообразующих пород представлен в таблице 3.1.

При анализе полученных результатов обращает на себя внимание повышенное, относительно кларка, содержание большинства элементов в породах аллювиального генезиса на Приполярном Урале, в бассейне р. Хулга. Особенно велико содержание свинца, превышающее кларк в 5,4 раза. Здесь также повышено содержание цинка, марганца, железа, хрома и кобальта. Примечательно, что бассейн р. Хулга охватывает ряд геологических структур, вмещающих месторождения рудных ископаемых. Так, верхняя часть бассейна относится к Тыкотловской рудной подзоне, горные породы которой отличаются промышленными запасами руд, содержащих такие элементы, как Au, Pt, Pd, Cu, Ba, Nb, Mo, Pb, Zn, U (рисунок 3.1).

Таблица 3.1 – Элементный состав почвообразующих пород

В мг/кг

Участки (по рисунку 3.2)	Cu	Ni	Co	Mn	Zn	Pb	Cr	Cd	Fe, %
Приполярный Урал									
<i>Аллювиальные отложения (суглинки)</i>									
1	42	51	24	1320	100	86	139	0,05	5,6
<i>Аллювиальные отложения (пески).</i>									
2	12	35	16	1290	67	12	124	0,05	5,1
<i>Озерно-аллювиальные отложения (суглинки)</i>									
3	42	50	21	970	98	15	135	0,05	4,5
<i>Водно-ледниковые отложения (пески)</i>									
4	9	24	13	910	58	15	89	0,05	3,8
<i>Элювий коренных метаморфических пород</i>									
5	13	16	13	720	72	22	57	0,05	3,9
Северный Урал									
<i>Аллювиальные отложения (супеси)</i>									
6	7,8	26,5	не опр.	689	83	19,5	16,2	0,01	не опр.
<i>Ледниковые отложения (суглинки)</i>									
7	37,5	29	не опр.	2414	71	27,6	26,7	0,55	не опр.
Кларк земной коры по А.П. Виноградову	47	58	18	1000	83	16	83	0,13	4,65

Повышено, относительно кларка, содержание Mn, Cr, Co в озерно-аллювиальных отложениях Приполярного Урала. Водно-ледниковые отложения песчаного состава отличаются низким содержанием микроэлементов вследствие преобладания кварца, выщелачивания и удаления из них продуктов выветривания. Элювий древних коренных пород, представленных метаморфизированными сланцами, отличается невысоким содержанием микроэлементов, особенно меди и никеля, концентрации которых приблизительно в три раза ниже кларка.

На Северном Урале в ледниковых отложениях отмечено повышенное содержание марганца, свинца, низкое содержание хрома, никеля. Близки к кларку концентрации цинка и меди. Аллювиальные отложения супесчаного состава характеризуются низким содержанием меди, никеля, хрома, околосларковыми концентрациями свинца и цинка.

Различия между суглинистыми и песчаными породами велики по содержанию Cu, Ni, Co, Cr, что обусловлено приуроченностью элементов к различным гранулометрическим фракциям, и мало существенны для Pb, Cd.

Известно, что состав осадочных почвообразующих пород определяется миграционной способностью элементов в условиях гипергенеза и интенсивностью биологических процессов в момент образования пород (Ковда, 1973). Обогащенность аллювиальных почвообразующих пород Приполярного Урала, вероятно, связана с наличием рудных тел в пределах водосбора, активным их переносом с последующей аккумуляцией в условиях супераквальных ландшафтов, поглощением микроэлементов гидроксидами Fe и Al, которые в окислительной обстановке аллювиальных почв переходят в малоподвижные формы и накапливаются. Определенное значение имеет и эволюционная молодость верхнечетвертичных отложений Приполярного Урала. Тот факт, что на Среднем Урале породы аллювиального генезиса содержат меньшее количество исследованных микроэлементов, вероятно, связан с большей степенью гипергенной трансформации и последующего выщелачивания. При сопоставлении полученных результатов с данными о составе пород прилегающей равнинной территории Западной Сибири, приводимыми в работах А.И. Сысо (2004; 2007) В.Я. Хренова (1987) и Д.В. Московченко (2013) очевидно, что обследованная нами территория отличается повышенным содержанием большинства определенных микро- и макроэлементов, кроме Cu и Ni (таблица 3.2). Это подтверждает вывод о том, что горные области были источником сноса материала, сформировавшего покровные отложения Западно-Сибирской равнины (Сысо, 2007).

Необходимо отметить, что данные поисковых геохимических работ, выполненных на Приполярном и Северном Урале, свидетельствуют о высокой геохимической контрастности литогенной основы ландшафта. Выявлены многочисленные участки рудных зон, узлов и других геологических структур, отличающихся аномально-высоким содержанием черных и цветных металлов. В бассейнах р. Манья и Большая Поля, по результатам литогеохимических поисков

по вторичным ореолам рассеяния, были выявлены аномалии марганца с концентрациями от 0,2-0,4 % до 1,0 % и более, образующие аномальную зону протяженностью около 15 км, при ширине от 1 до 4 км. Аномалии хрома с концентрациями от 0,1 до 0,25%. и никеля 0,1% и более выявлены в верховьях бассейна р. Народа и левых притоков р. Бол. Поля; моноэлементные аномалии меди с концентрациями от 0,05 до 0,1 % . выявлены в бассейнах рек Малая Поля, Налимаю, Большая Люля и Ойкахуянья; содержание свинца достигает в аномалиях 0,1-0,15 % (Опережающие..., 2007).

Таблица 3.2 – Средние концентрации микроэлементов в почвообразующих породах по данным разных авторов

В мг/кг

Среднее	Cu	Ni	Co	Mn	Zn	Pb	Cr	Fe, %
по Приполярному и Северному Уралу (наши данные)	23	33	17	1188	78	28	84	4,6
по Западной Сибири (Сысо,2007)	30	42	11	617	62	16	79	2,6
по северу Западной Сибири (Московченко, 2013)	17-26	15-41	5-15	443-2070	27-85	12-16	50-223	-
лесотундры Зап. Сибири, суглинистые породы (Хренов,1987)	15	38	11	507	41	15	66	-
Кларк земной коры по А.П. Виноградову	47	58	18	1000	83	16	83	4,65

В то же время общий геохимический фон в районах, сложенных биотитовыми гранитами, кварцитами, песчаниками характеризуется невысоким содержанием микроэлементов. В качестве примера приведем результаты геохимического опробования при поисково-геохимических работах, выполненных на Приполярном Урале (горная территория) различными геологическими организациями (таблица 3.3).

Полученные результаты для всех определенных микроэлементов ниже, чем наши данные. Объяснением этому является разный генезис обследованных пород. В наших работах обследовались главные образом переотложенные в четвертичный период породы (аллювиальные, озерно-аллювиальные, водно-

ледниковые). Поэтому их состав в определенной мере объединяет материалы выноса вещества из горных районов и является интегрированным показателем состава как рудных тел, так и вмещающих их пород с низким содержанием элементов (кварцитов, сланцев, гранитов).

*Таблица 3.3 – Микроэлементный состав пород гор Приполярного Урала
(Опережающие..., 2007)*

В мг/кг

Состав пород	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Кварциты	55,4	387,7	5,9	9,8	12	62,9	н.о.
Конгломераты	34,4	239,1	н.о.	11,8	12,1	51,9	н.о.
Песчаники	59,4	295,9	5,2	10,6	12,1	61,4	н.о.
Алевриты	н.о.	н.о.	31,2	21,8	19,8	26,6	н.о.
Сланцы	н.о.	н.о.	19,8	17,9	21,7	25	н.о.
Кислые эффузивы	н.о.	н.о.	15,6	14,6	17,9	24,9	н.о.
Биотитовые граниты	15,2	176,4	н.о.	5,5	21,3	н.о.	4,2
Двуслюдяные граниты	52,5	403,4	9,6	11,8	28,5	74,8	5,5
Породы без указания состава	28,1-100	145-727	2,4-31,2	7,5-21,7	7,7-22,4	11,3-77,7	2,2-15,2
Средневзвешенное значение по всем породам	45,7	459	6,6	13,9	15,4	43,1	9,5

н.о. – элемент не определялся

Таким образом, литогенная основа ландшафтов Приполярного и Северного Урала отличается высокой геохимической контрастностью при общем повышенном, относительно кларка, содержании таких элементов, как Pb и Mn. Относительно регионального геохимического фона повышено содержание Zn, Pb, Mn, Cr, Co, Fe, т.е. практически всех определенных микро- и макроэлементов, за исключением Ni и Cu. Максимальное содержание микроэлементов отмечено в аллювиальных и озерно-аллювиальных отложениях предгорий.

3.2. Общие закономерности распределения химических элементов в почвах

Химический состав почв является одной из их главнейших характеристик ландшафтно-геохимической структуры и может быть использован для решения

ряда практических задач экологической направленности. В первую очередь это касается проблем загрязнения окружающей среды. Одним из условий корректного проведения мониторинга является установление фонового содержания элементов (в первую очередь тяжелых металлов) в почвах различных природных зон вне влияния техногенных факторов (Глазовская и др., 1989; Касимов и др., 1994). Характеристика закономерностей распределения микроэлементов в почвах и определение особенностей их миграции и аккумуляции является основой для оценки устойчивости ландшафтов (Глазовская, 1988).

Учитывая перспективы промышленного освоения Приполярного и Северного Урала, развития здесь горно-рудной отрасли, которая зачастую является источником поступления в окружающую среду тяжелых металлов, определение фоновых почвенно-геохимических параметров было одной из приоритетных задач исследования.

Для определения возможностей вычисления региональных средних характеристик содержания микроэлементов в почве был проведен статистический анализ вариационных рядов и законов распределения. Общеизвестно, что вычисление среднего арифметического значения корректно при нормальном распределении.

Проведенная оценка распределения концентраций микроэлементов в почвах по частотам встречаемости продемонстрировала, что для Cu, Cr и Ni, гистограммы близки к типичному нормальному распределению, с незначительной асимметрией и спорадической встречаемостью проб с высоким содержанием (рисунок 3.3).

У цинка выявлено два пика концентраций – основной на уровне 60-70 мг/кг, и второй, менее выраженный 100-110 мг/кг. Подобное распределение свидетельствует о влиянии фактора, приводящего к росту концентраций на локальных участках. К таковым относятся наличие рудных тел и зон аккумуляции элементов (геохимических барьеров). Крайне неоднородный характер имеет распределение свинца, для которого выявлено значительное количество проб с

концентрациями в диапазоне от 40 до 80 мг/кг. Распределение марганца близко к логнормальному.

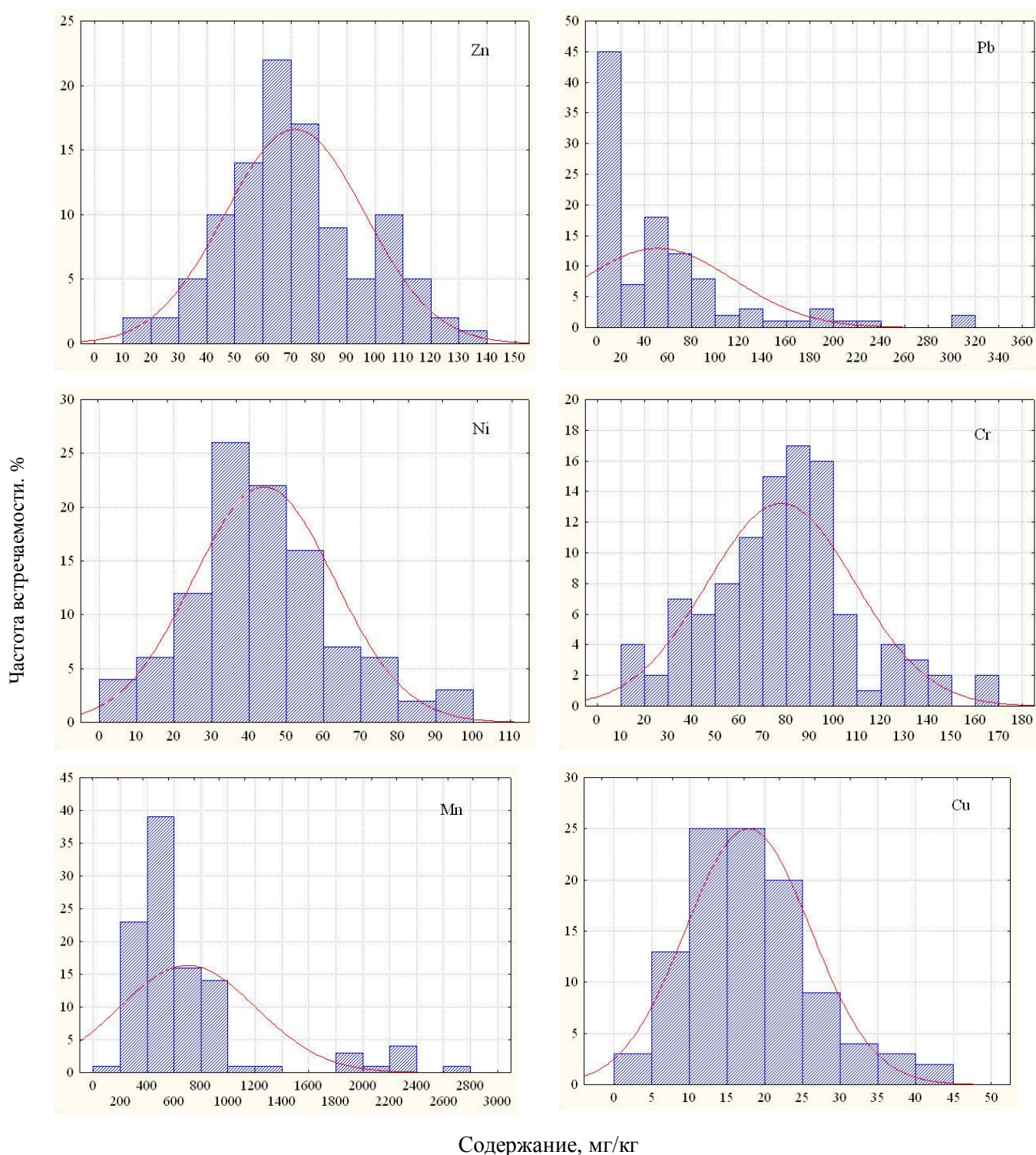


Рисунок 3.3 – Гистограммы распределения химических элементов в почвах Приполярного и Северного Урала (верхний 0-20 см слой)

Проверка с применением критерия хи-квадрат показала нормальный характер распределения в почвах меди, цинка, хрома и никеля. Таким образом,

медь, никель, хром и цинк в исследованных почвах находятся главным образом в рассеянном состоянии. На содержание марганца и свинца оказывают значительное влияние литологические факторы (присутствие рудных тел) и внутриландшафтное перераспределение с аккумуляцией на геохимических барьерах. Определенное влияние эти факторы оказывают на содержание цинка, в распределении которого наблюдается наличие второго пика концентраций, а также никеля и хрома.

Проведенная статистическая обработка результатов определения элементного состава почв показала широкое варьирование валового содержания элементов, что связано с контрастными литогеохимическими условиями, высокой подвижностью элементов и наличием разнообразных геохимических барьеров. Максимальные показатели вариации отмечены для свинца и марганца, менее изменчиво содержание меди, хрома, никеля, цинка (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Статистические параметры валового содержания элементов в поверхностных минеральных горизонтах почв Приполярного и Северного Урала (n=143)

В мг/кг

Элементы	<i>M</i>	<i>Me</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>SD</i>	V, %	Кларк почв по А.П. Виноградову
Pb	37,5	19,8	1	309,5	48,1	128	10
Zn	68,2	67,5	0,8	131,9	26,4	39	50
Cu	18,0	16,4	2,1	63,8	9,7	54	20
Fe	34006	35600	6000	71600	13009	38	38000
Mn	721,5	563,8	70	2666,9	522,9	72	850
Cr	70,2	71,1	4	162,1	36,5	52	200
Ni	39,2	37,5	0,63	96,7	19,4	50	40

Для обследованных почв Приполярного Урала характерно повышенное, относительно кларка, содержание свинца и цинка, пониженное – марганца и хрома. Близко к кларку среднее содержание Fe, Cu, Ni (таблица 3.4). Концентрации элементов в почвах, как правило, ниже, чем в почвообразующих породах. При сопоставлении с показателями среднего состава почвообразующих пород (рисунок 3.4) обращает на себя внимание значительное снижение

содержания в почвах Mn (в 2 раза) Fe (в 1,4 раза), и небольшое (в 1,3-1,1 раза) уменьшение концентрации Cr, Zn, Cu, Pb. Только содержание никеля в почвах незначительно (в 1,2 раза) превышает содержание в породах. Таким образом, накопление элементов почвах выражено слабо, вынос преобладает над закреплением. Это соответствует общей тенденции протекания процессов выветривания и почвообразования в холодных гумидных областях, для которых характерен вынос веществ (Таргульян, 1971).

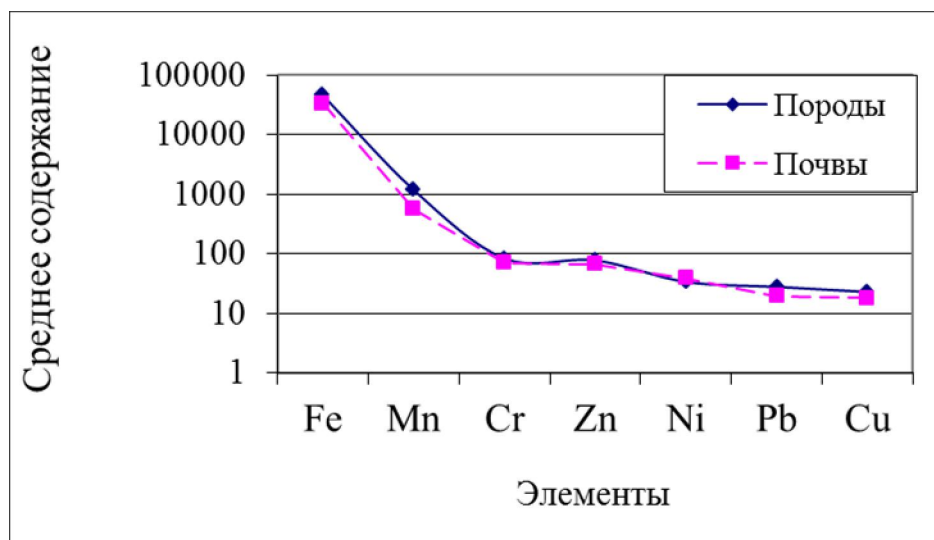


Рисунок 3.7 – Соотношение средних концентраций химических элементов в почвообразующих породах и почвах

Представляет интерес сопоставление полученных результатов в данными об элементном составе почв сопредельных участков Западно-Сибирской равнины. Существует ряд обобщающих работ, отражающих особенности регионального педогеохимического фона, среди которых наибольшее значение по полноте охвата имеют работы В.Б. Ильина (1987), А.И. Сысо (2007), Д.В. Московченко (2013) и Е.П. Сорокиной с соавторами (2001). Наиболее географически близки к району исследований данные о составе пород южной части Ямало-Ненецкого автономного округа (Сорокина и др., 2001). По сравнению с ними очевидно, что в почвах Северного и Приполярного Урала содержатся повышенные концентрации свинца, цинка, никеля, хрома и марганца, таблица 3.5. Это подтверждает роль Урала как источника обогащения микроэлементами почв прилегающих территорий.

Таблица 3.5 – Оценки регионального педогеохимического фона

В мг/кг

Район	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Cr	Ni
Приполярный и Северный Урал (наши данные)	19,8	68,2	18,0	34006	564	70,2	39,2
Север Западной Сибири (Сорокина и др.,2001)	13,5	41,5	32,3	-	402	56	9,6
Западная Сибирь (Сысо, 2007)	18	73	31	25104	797	84	42
Кларк почв по А.П. Виноградову	10	50	20	38000	850	200	40

Важнейшим фактором внутрипочвенного перераспределения элементов является накопление на биогеохимическом барьере. Обследованные почвы преимущественно малогумусные, общее содержание органического вещества в большинстве обследованных образцов не превышает 4%. Обобщение данных проведенного почвенно-геохимического опробования по различным генетическим горизонтам, органогенным и минеральным (иллювиальным), отображенное на рисунке 3.8, свидетельствует, что выделяются две группы химических элементов: элементы с пониженным содержанием в напочвенном опаде, торфе и гумусовом горизонте (железо, кобальт, никель, свинец, хром) и элементы, накапливающиеся в органогенных горизонтах (цинк, медь и кадмий). Таким образом, в минеральной толще преобладают элементы группы железа, а в органогенных горизонтах – халькофильные.

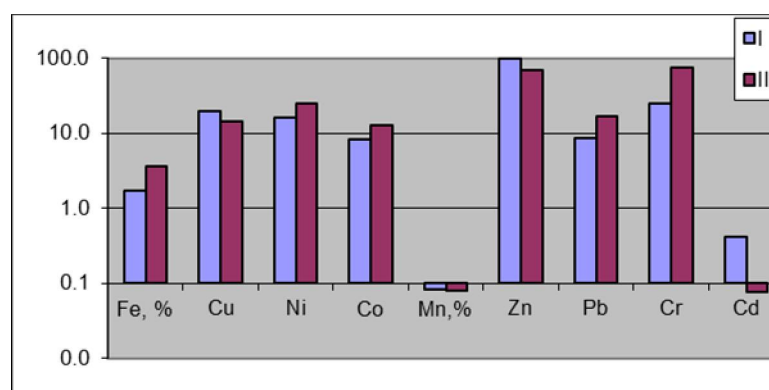


Рисунок 3.8 – Элементный состав почв Приполярного и Северного Урала

I – органогенные горизонты почв; II – минеральные горизонты

Проведенный корреляционный анализ показал, что существует достоверная корреляционная связь между содержанием органического вещества в почвах и концентрацией цинка, меди, марганца (таблица 3.6). Это подтверждает широко известный факт тесной положительной связи между содержанием гумуса и концентрацией микроэлементов (Ильин, Сысо, 2001).

Таблица 3.6 – Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между элементным составом, величиной рН и содержанием органического вещества в почвах (общая выборка)

Показатель	Валовое содержание						
	Pb	Zn	Cu	Mn	Cr	Ni	Fe
рН	-0,35 ++	0,27 ++	0,18 -	0,43 ++	-0,12 -	0,24 ++	-0,30 ++
Орг. в-во	-0,04 -	0,31 ++	0,42 ++	0,31 ++	0,17 -	0,19 -	0,21 +
	Подвижные формы						
рН	-0,36 ++	0,28 ++	0,18 -	0,21 ++	-0,16 -	0,24 ++	-0,36 ++
Орг. в-во	-0,03 -	0,31 ++	0,42 ++	0,35 ++	0,17 -	0,19 -	-0,01 -

Примечание: (++) коэффициент достоверен при $P=0.01$ (+) - коэффициент достоверен при $P=0.05$ (-) - корреляция отсутствует

Наиболее сильная, близкая к линейной положительная связь выявлена между содержанием свинца и органического вещества в почвах эрозионно-денудационных низкогорных ландшафтов ($r=0,75$). Также сильная связь выявлена у цинка и органического вещества почв ландшафтов подгорных равнин ($r=0,60$).

Существенное влияние на элементный состав почв оказывает их кислотность. Почвы Приполярного и Северного Урала имеют кислую и слабокислую реакцию, в редких случаях – нейтральную ($pH_{\text{вод}}= 4,0 - 7,0$). В предшествующих исследованиях отмечался факт возрастания кислотности почв по мере подъема в горы (Фирсова, Дедков, 1983). Нам не удалось установить четко выраженную закономерность, коэффициент корреляции между абсолютной высотой участка опробования и значением рН не выявил статистически достоверной связи ($r=0.02$). Однако можно отметить, что на подгорных равнинах

наблюдается существенное варьирование кислотности – если в буроземах северного Урала величины рН составляют 6.1-6.9 ед, то в глееподзолистых – 4.5-5.2 ед.

Наблюдается достоверная корреляционная зависимость между величиной рН и содержанием Pb, Zn, Mn, Ni, Fe (таблица 3.6), причем, для железа и свинца зависимость отрицательная - при снижении рН наблюдается рост концентрации этих элементов. Рассмотрение особенностей накопления Fe и Pb в различных ландшафтных и геологических условиях показывает, что аккумуляция железа, связана, прежде всего, с осаждением на окислительном барьере. Характерно, что корреляционная связь сильнее выражена для подвижных форм.

Анализ корреляционной матрицы позволил выявить парагенетические ассоциации элементов. В почвах эрозионно-денудационных низкогорных ландшафтов выявлены следующие пары: Cu-Zn ($r=0,97$), Ni-Zn ($r=0,89$), Ni-Cu ($r=0,85$), Cr-Zn ($r=0,69$), Cr-Cu ($r=0,62$), Cr-Fe ($r=0,62$), Fe-Cu ($r=0,69$). В почвах эрозионных и эрозионно-аккумулятивных предгорных, низкогорно-предгорных таежных ландшафтов: Cu-Zn ($r=0,90$), Cr-Fe ($r=0,62$).

В целом, малое содержание органики, преобладание кислых и слабокислых почв определяют высокую миграционную активность химических элементов.

3.3. Закономерности распределения химических элементов в разных типах почв

При выявлении показателей миграции и аккумуляции вещества, определяющих дифференциацию, интеграцию, развитие и антропогенную трансформацию природных комплексов, основное внимание уделяется изучению радиальной (почвенной, биогеохимической) и латеральной (ландшафтной, боковой) дифференциации элементов, с которыми связаны формирование природных и техногенных геохимических барьеров, биогеохимическая специфика ландшафта, его геохимическая устойчивость.

Общеизвестно, что почвы разных типов, развитые на однородных почвообразующих породах, могут сильно различаться по своему химическому

составу. Процесс почвообразования приводит к перераспределению элементов по сравнению с почвообразующими породами – накоплению, или, напротив, обеднению. Движение, перераспределение и локальное накопление почвенных соединений приводят к резко выраженной дифференциации их в толще коры выветривания и почв (Ковда, 1985). Особенности структуры почвенного покрова обуславливают пространственные различия в распределении химических элементов. Неоднородная и вертикальная структура почв – процессы элювиально-иллювиальной дифференциации приводят к перераспределению химических элементов. Именно процессы дифференциации вещества в почвах являются одними из важнейших процессов формирования ландшафтно-геохимической структуры, которая, согласно М.А. Глазовской (1988), представляет собой чередование зон выщелачивания и обогащения, со свойственной каждой из зон спецификой вещественного состава, формы, размера и пространственного соотношения. Поэтому одной из задач исследований была оценка радиальной дифференциации химических элементов в почвах разной таксономической принадлежности.

Ранее, при описании особенностей почвенного покрова территории исследований, отмечалось преобладание подзолистых и глееподзолистых почв (в том числе горных с укороченным почвенным профилем). Достаточно широко распространены торфяно-подзолисто-глеевые и горно-тундровые почвы. На отложениях легкого механического состава развиты альфегумусовые почвы: иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые подзолы и подбуры. В почвах предгорий, при ухудшении дренажа большое значение приобретают процессы глеегенеза, а на поверхности усиливается торфонакопление. Таким образом, формирование почв происходит под влиянием подзолистого, альфегумусового, глеевого процессов. В горных тундрах из-за низких температур происходит накопление на поверхности слабо разложившихся растительных остатков. Отмечалось влияние криометаморфических процессов на формирование почв приуральной части таежной зоны Западной Сибири (Классификация..., 2004).

В ходе исследований были изучены особенности элементного состава

генетических горизонтов почв, преобладающих в структуре почвенного покрова: горно-тундровых, подзолистых, торфяно-подзолисто-глеевых, подзолов иллювиально-железистых, горных подбуров, буроземов и аллювиальных почв.

Поскольку формирование вертикального профиля почв происходит в результате проявления какого-либо из элементарных процессов почвообразования, а чаще всего – их сочетания, рассмотрим радиальное распределение химических элементов в зависимости от того или иного процесса.

В горно-тундровых почвах первостепенное значение имеет детритогенез - накопление в ландшафтах неразложившихся и полуразложившихся остатков растений (Глазовская, 1988). В отличие от заболоченных ландшафтов севера Западно-Сибирской низменности, в горах Урала детритогенез происходит преимущественно в форме образования сухоторфянистого горизонта. Глеевый процесс, столь широко распространенный в равнинных тундрах, в горах наблюдается только в локальных западинах с проточно-застойным водным режимом. Геохимическая сущность детритогенеза состоит в биологическом накоплении элементов и закреплении их в составе растительных остатков. Биогенная аккумуляция элементов в холодно-влажных областях представляет собой относительную концентрацию на фоне абсолютного выноса (Таргульян, 1967). Однако результаты исследования состава почв горных тундр (таблица 3.7) свидетельствует о крайне слабом накоплении химических элементов в органогенных горизонтах. В почвах каменистых гольцовых тундр Приполярного Урала наблюдается аккумуляция в напочвенном растительном оторфованном опаде по сравнению с минеральным грунтом, состоящим из грубодисперсного элювия коренных пород, только меди и кадмия - халькофильных элементов. Такая характерная для детритогенеза Западной Сибири черта, как накопление марганца, не проявляется из-за малого присутствия в составе растительных сообществ манганофилов, в частности, карликовой березки.

В органогенных горизонтах горно-тундровых почв Северного Урала накапливаются халькофильные Cd, Pb и в опаде – Zn. Накопление меди сменяется деконцентрированием. Содержание железа и близких к нему по геохимическим

свойствам Ni, Co в органогенных горизонтах горно-тундровых почв значительно ниже, чем в коренной породе. Это соответствует тенденции биологического накопления халькофильных элементов в органогенных горизонтах тундровых и таежных почв Западной Сибири (Московченко, 2009).

Таблица 3.7 – Элементный состав горно-тундровых почв

В мг/кг

Элемент	Приполярный Урал, бассейн р.Манья, кустарничково-мохово-лишайниковая каменистая тундра. Почва-горно-тундровая примитивная		Северный Урал, горный массив Ялпынгнер, лиственнично-сосновое кустарничково-мохово-лишайниковое криволесье на верхней границе распространения древесной растительности, горно-тундровая почва		
	О 0-4 см	BC 20-30 см	О 0-3 см	A1B (3- 10 см)	BC +щебень (25-30 см)
Cu	12	4,4	9,4	12,4	19,2
Ni	10	22	6	7,2	14,5
Co	2,3	8,9	-	-	-
Mn	190	440	77	87	182
Zn	75	96	89,5	11,7	74,3
Pb	14	20	62,4	27,6	20,3
Cr	37	77	4,4	6,2	11,5
Cd	0,61	0,05	1,81	2,02	1,23
Fe, %	1,9	3,8	-	-	-

Широкое распространение в пределах низкогорий и предгорий четвертичных водно-ледниковых и аллювиальных отложений легкого механического состава определяет развитие на них Al-Fe гумусовых подзолов и подбуров. Профиль горных подзолов, в отличие от их равнинных аналогов, отличается небольшой мощностью. Подзолы характеризуются кислой реакцией среды ($pH_{\text{водн}} = 4.2-5.6$), кислотность падает с глубиной.

Рассмотрение элементного состава генетических горизонтов подзола подтверждает широко известный факт четкой элювиально-иллювиальной дифференциации в их профиле, с минимумом содержания практически всех микроэлементов в подзолистом осветленном горизонте. Несмотря на то, что профиль горных подзолов Приполярного Урала укорочен, и наблюдается длительное сезонное промерзание, обследование валового состава показало вынос из оподзоленного горизонта железа, полуторных окислов, кальция, магния,

фосфора и осаждение непосредственно под этим горизонтом (Фирсова, Дедков, 1983).

Радиальная дифференциация в профиле подзолов проявляется как морфологически (почвенные генетические горизонты резко отличаются по цвету), так и химически. Так, по данным анализов проб из разреза, заложенного нами на склоне террасы р. Хулга в кустарничково-лишайниковом сосняке, максимальные концентрации микроэлементов и железа приурочены к иллювиальному горизонту, минимум концентрация приходится на подзолистый и поверхностный органоминеральный горизонт.

Нами не отмечено накопления химических элементов в поверхностном органогенном горизонте, хотя в предыдущих исследованиях было зафиксировано накопление в подстилке фосфора, кальция, магния (Фирсова, Дедков, 1983).

Отсутствие биогенного накопления и интенсивная миграция в нижние горизонты характерна даже для такого биофильного элемента, как цинк.

Вынос химических элементов из поверхностного горизонта связан, прежде всего, с незначительным участием органического материала в его формировании, интенсивным вымыванием органических кислот и связанных с ними органоминеральных комплексов. Ранее отмечалось, что в почвах Приполярного Урала, формирующихся в условиях транзита веществ (горных склонов), практически не наблюдается формирования подгоризонта гумификации подстилки, что связано с низкими температурами, слабой биологической активностью и преобладающими движениями почвенно-грунтовых вод, выносящих значительную часть органических веществ, способных к формированию специфических гумусовых веществ в геохимически подчиненные ландшафты (Дымов, 2013). Таким образом, для подзолов характерен интенсивный вынос веществ из поверхностных горизонтов и незначительное накопление в иллювиальном.

Сходный характер имеет распределение элементов в профиле торфяно-подзолов, распространенных под сосновыми кустарничково-зеленомошными лесами выположенных нижних участков склонов в полосе низкогорий

Приполярного Урала (трансаккумулятивный род фаций). Однако имеются различия, связанные с активным биологическим накоплением элементов в торфяном горизонте, которое проявляется для халькофильных меди, цинка и свинца (таблица 3.8). Минимальные концентрации элементов отмечены в подзолистом горизонте, в иллювиальном горизонте увеличивается содержание хрома, никеля, кобальта. Таким образом, иллювиирование свойственно сидерофильным элементам, мигрирующим вместе с железом.

Таблица 3.8. Содержание химических элементов в генетических горизонтах торфяно-подзолов

В мг/кг

Элементы	Приполярный Урал, бассейн р.Манья, редколесье лиственнично-березово-кедровое ерниково-лишайниковое.				Приполярный Урал, бассейн р.Манья, сосново-еловый кустарничково-лишайниково моховой лес			
	T	E	Bf	BC	T	E	Bf	BC
Cu	14	2,9	10	8,3	7,9	9,5	4,2	10
Ni	13	4,8	37	18	5,5	1,4	0,63	17
Co	5,8	5,7	15	13	0,2	2,8	2,7	13
Mn	400	470	610	580	160	70	200	450
Zn	142	40	100	81	83	23	42	54
Pb	17	22	32	19	19	10	8,7	16
Cr	20	26	109	46	10	4	17	59
Cd	0,36	0,03	0,05	0,05	0,68	0,12	0,05	0,05
Fe, %	2,5	2,2	5,8	4,3	0,63	0,6	1,4	3,3

Отмечалось, что в горно-лесном поясе западного склона Приполярного Урала доминируют различные подтипы горных глее-подзолистых почв (Государственная почвенная..., 1999). Проведенный нами анализ распределения почв на восточном макросклоне Приполярного и Северного Урала также показал преобладание подзолистых и глееподзолистых почв (рисунок 1.4).

Несмотря на широкое распространение в России подзолистых почв, вопросы их генезиса и типологической принадлежности не имеют однозначного истолкования. По мнению Л.О. Карпаческого (2005), подзолистый процесс включает в себя кислотное разрушение минералов, замещение катионов в них, хелатизацию, комплексообразование, выщелачивание обменных катионов и

железоорганических соединений. Существует подход, при котором подзолистый процесс рассматривается как частная форма глеевого процесса (Зайдельман, 1998).

На приречной террасе, в низовьях р. Хулга, под травяно-моховыми лесом был исследован состав почв, диагностированных как дерново-подзолистые. Основанием для этого послужило наличие отчетливо выраженных дернового и гумусового горизонтов, залегающих на серовато-буром иллювиальном. Как показали результаты исследования разреза, реакция среды преимущественно кислая ($pH_{\text{водн.}}=4,9-6,3$), кислотность падает с глубиной. Биогенная аккумуляция в гумусовом горизонте проявляется для кадмия и цинка (катионогенных халькофильных элементов). Кадмий в кислых средах гумидных ландшафтов энергично мигрирует в катионной форме и активно поглощается растениями (Перельман, Касимов, 1999). Установленная В.С. Аржановой и П.В. Елпатьевским (1990) для лесных ландшафтов Приморья контрастная элювиально-иллювиальная дифференциация этого элемента в дерново-подзолистых почвах свойственна и подзолистым почвам на обследованной территории. Вертикальное распределение цинка в почвенном профиле, с неявно выраженным максимумом в горизонте А1 и увеличением содержания в иллювиальном горизонте и почвообразующей породе (рисунок 3.9), соответствует описанному ранее распределению Zn в профиле подзолисто-глееватых почв на суглинках в средней тайге Западной Сибири (Гаврилова, Павленко, 1969).

В иллювиальных горизонтах выражено накопление железа и металлов его группы: хрома и никеля. Практически совпадают кривые распределения марганца и кобальта. У свинца и меди выделяется два иллювиальных максимума – в горизонте В1 и в нижней части профиля, при переходе к почвообразующей породе.

Процесс оглеения почв наиболее характерен для аккумулятивного полугидроморфного типа фаций, широко распространенных в предгорьях Северного Урала. В склоновых условиях гор своеобразно протекает глубинное оглеение, связанное с проточным переувлажнением почв на контакте с плотной

горной породой, которому способствует сезонное промерзание (Фирсова, Дедков, 1983). Оглеение имеет сезонное проявление и связано с образованием в весеннее время надмерзлотной верховодки.

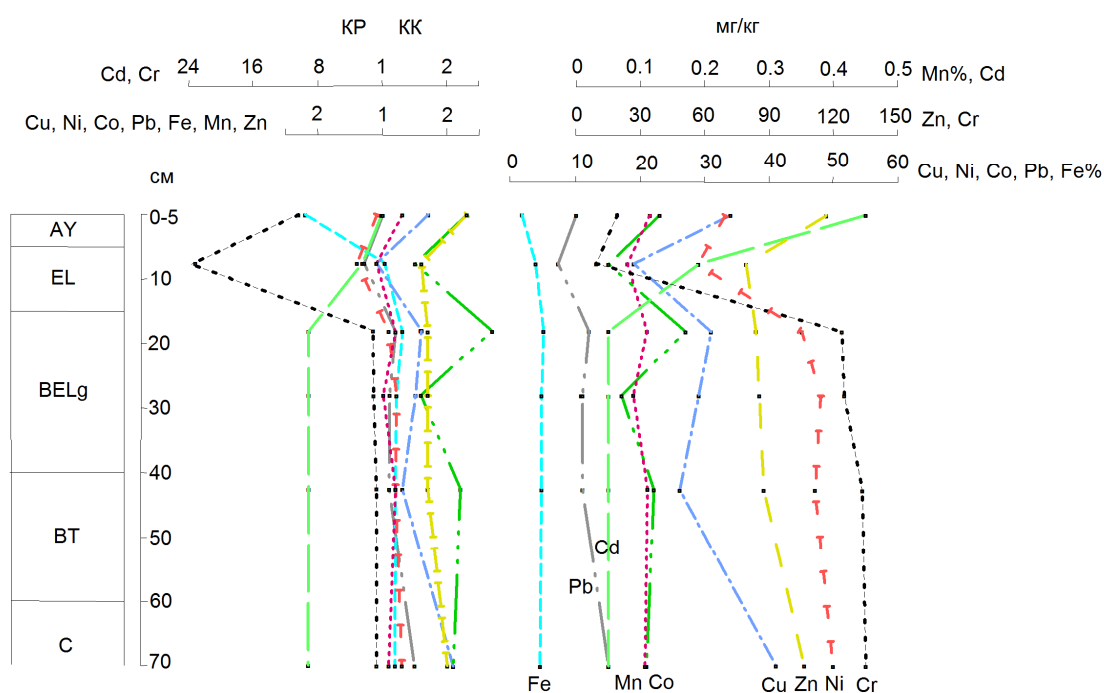


Рисунок 3.9 – Распределение химических элементов в профиле дерново-подзолистой глеевой почвы

Богатство глеевых почв органическими кислотами определяет возможность миграции в форме органоминеральных комплексов Pb, Zn, Ni и других металлов, элементы, восстановленные формы которых малоподвижны (V, Mo, Cu) мигрируют слабо (Перельман, 1982).

Как показали результаты опробования, в глее-подзолистых почвах Северного Урала наблюдается накопление в почвенном опаде Mn, Zn, Cd и в меньшей степени – Cu. Деконцентрирование свойственно Fe, Cr, Ni. Содержание железа увеличивается с глубиной, процесс выноса Fe при оглеении проявляется слабо, поскольку степень оглеения невелика, морфологически проявляется в форме серовато-бурой окраски.

В низкогорьях и предгорьях Северного Урала широко распространены буроземы. Диагностическими признаками буроземов являются наличие

выраженной структуры в гумусированном горизонте, прокраска профиля органическим веществом, отсутствие дифференциации профиля по гранулометрическому составу, относительно высокое содержание органического вещества на уровне 3.5–5.5% и нейтральный или слабокислый pH (Семиколенных и др., 2013).

По данным Фирсовой и Дедкова (1983), верхние горизонты буроземов состоят из мелкозема, с глубиной возрастает каменистость. Обследованные нами в верховьях р. Сев. Сосьва буроземы отличаются высокой каменистостью, составляющей в среднем 15-20 %. Визуально профиль буроземов слабо дифференцирован. Довольно равномерная пропитанность гумусом почвенного профиля вплоть до горизонта CD дает основания для вывода о высокой мобильности гумусовых веществ в условиях хорошего увлажнения.

В профиле буроземов отмечено накопление в верхней части профиля на биогеохимическом барьере цинка и свинца. Содержание хрома, никеля, меди увеличивается в иллювиальных горизонтах, на глубине 20-30 см. В нижней части профиля, на контакте с почвообразующими породами, концентрация микроэлементов снижается (рисунок 3.10). Накопление элементов в средней части профиля связано с формированием здесь сорбционного геохимического барьера. В предшествующих исследованиях отмечалось, что буроземы Северного Урала характеризуются заметным увеличением тонкой гранулометрической фракции в середине профиля (Семиколенных и др., 2013).

На прилегающих подгорных равнинах широкое распространение имеют торфяные почвы болот. Олиготрофные торфяные почвы занимают 5,2 % территории исследований, переходные и низинные - 2,1% (рисунок 1.4). В процессе торфонакопления происходит активная аккумуляция многих микроэлементов. Отмечалось накопление в торфах Западной Сибири свинца (Нечаева, 1994), ртути (Дорожукова и др., 2000), марганца (Инишева, Цыбукова, 1999; Московченко, 2006).

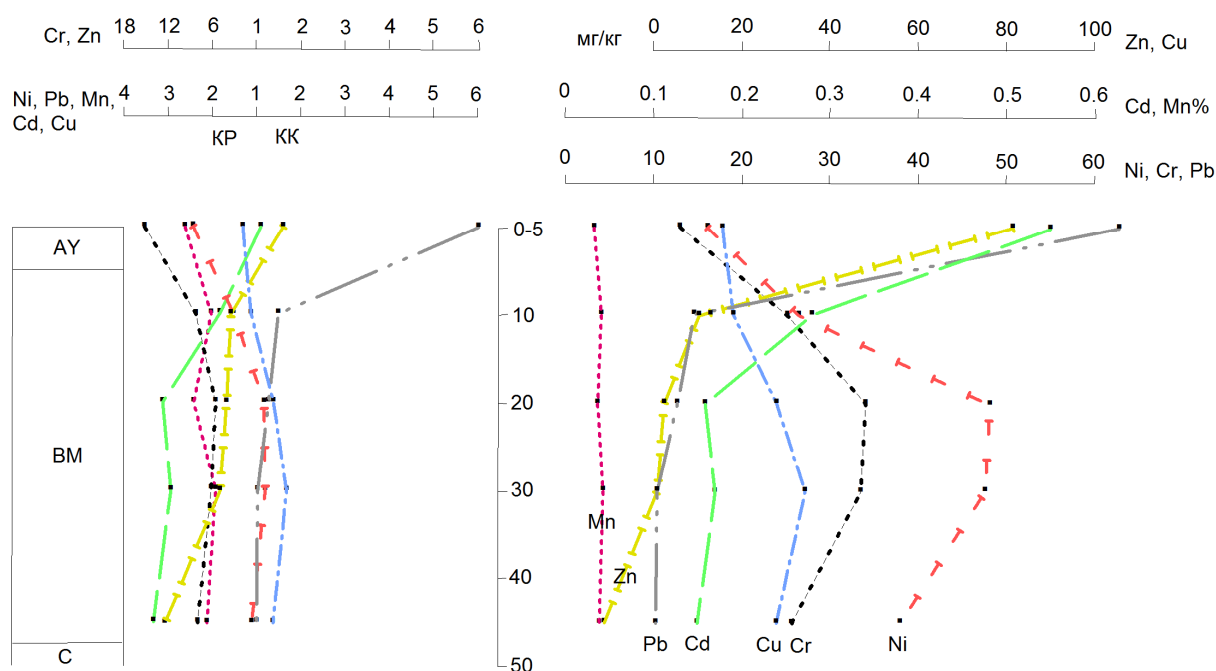


Рисунок 3.10 – Распределение химических элементов в профиле буроземов

В горах и предгорьях Урала торфяной горизонт имеет малую мощность, что говорит об эволюционной молодости болот. По данным наших исследований, мощность торфяного горизонта почв на болотах составляла на Приполярном Урале от 8 до 35 см, на Северном – до 50 см. Учитывая, что скорость торфонакопления верховых болот Западной Сибири в северной тайге составляет, по разным оценкам, 0,08 – 0,15 мм/год (Болота, 1976; Московченко, 2004), начало формирования болот происходило в последние 5000 лет, преимущественно в субатлантическое время, т.е. болота эволюционно очень молоды. Согласно современным принципам классификации почв (Классификация..., 2004), обследованные почвы относятся к торфяно-глеевым.

Обследование трех профилей торфяных почв, сделанных в различных ландшафтных и геоморфологических условиях, показало зависимость состава торфа от минерального субстрата. Так, содержание микроэлементов в торфе болота, сформировавшегося на аллювиальных голоценовых суглинистых отложениях террасы р. Хулга, значительно выше, чем содержание в торфе, расположенного в 3 км от него болота на террасе оз. Балбанты, сложенной элюво-делювиом метаморфизированных сланцев, причем, концентрации

микроэлементов в торфе пропорциональны содержанию в минеральном горизонте (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Содержание химических элементов в генетических горизонтах торфяно-глеевых почв

В мг/кг

Элементы	Разрез 1. Приполярный Урал, бассейн р. Хулга, 65° 9' 45" с.ш., 62° 9' 34" в.д. Надпойменная терраса, болото переходное кустарничково-сфагновое с елью				Разрез 2. Приполярный Урал, Приозерная терраса оз. Балбанты, переходное болото			Разрез 3. Северный Урал, бассейн р. Сев. Сосьва, верховое кустарничково-сфагновое болото		
	О	T1	T2	BCg	T1	T2	BCg	О	T1	T2
Cu	52	11	31	42	8	13	7,8	18	20	15,6
Ni	25	9,4	18	51	5,8	13	22	12	12	9,4
Co	12	3	12	24	1,6	8	10	-	-	-
Mn	1800	660	1200	1320	210	190	820	237	63	48
Zn	120	77	117	100	61	100	74	48	60	68
Pb	3,1	9,4	3,3	86	2,2	5,6	14	23	31	27
Cr	40	11	4,4	139	1,1	15	59	1,1	0,9	0,9
Cd	0,25	0,37	0,5	0,05	0,3	0,75	0,05	0,41	0,64	0,26
Fe, %	3,32	0,77	0,86	5,6	0,1	1,78	3,7	-	-	-

В отличие от равнинных участков Западной Сибири, где верховые болотные комплексы занимают центральные участки плоских водоразделов и орографически возвышаются над прилегающей территорией, на предгорных равнинах Урала болота, даже переходящие в олиготрофную стадию развития, находятся под влиянием стока с сопредельных горных участков. В них состав нижних торфяных горизонтов сформировался под влиянием грунтового стока, в то время как верхние горизонты состоят из олиготрофного, преимущественно сфагнового торфа. Даже на тех участках, где в силу особенностей микрорельефа торф формируется без влияния бокового стока, воздействие минеральных горизонтов почвообразующей породы проявляется в форме восходящей миграции растворов при промерзании, чему способствует малая мощность торфа – менее 40 см.

Почвы болот имеют кислую и сильнокислую реакцию среды (рН водн.=4,0-5,6). В строении профиля торфяных почв, как правило, выделяются верхний

олиготрофный и нижний – мезотрофный горизонты. В верхней части профиля торф сфагновый, средне- и слаборазложившийся.

Микроэлементный состав торфяных горизонтов и подстилающей минеральной породы резко отличаются по содержанию сидерофильных элементов (Fe, Cr, Ni, Co) – в минеральной толще их концентрации в 2 и более раз выше, чем в торфе. Наблюдается варьирование состава торфа в зависимости от ботанического состава. В поверхностном горизонте, состоящем из очеса сфагновых мхов, отмечено высокое содержание марганца. В составе растений марганец находится в легкорастворимой форме и быстро освобождается из разлагающихся растительных остатков (Нечаева, 1985). На Приполярном Урале также повышено содержание в очесе сфагновых мхов цинка и меди.

В нижних горизонтах торф переходного типа. В нем концентрация микроэлементов выше, чем в толще верхового сфагнового торфа, за исключением хрома и свинца (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Содержание металлов в торфе верховых болот

В мг/кг абс. сухого вещества

Элементы	Fe, %	Mn	Cu	Zn	Ni	Co	Pb	Cr	Cd
Олиготрофный торф Приполярного и Северного Урала	0,44	311	13	66	9	2,3	14,3	4,3	0,44
Верховой торф Западной Сибири (Московченко, 2013)	0,53	184	4,9	17,8	6,8	3,7	4,8	12,4	0,04
Торф лесной зоны Европейской территории России (Крештапова, 1991)	-	22,1	3,6	18,4	4,0	0,7	3,6	3,7	-

Представляет интерес сопоставление состава торфов подгорных равнин Приполярного и Северного Урала с составом торфа равнинной территории Западной Сибири, где болотные комплексы формируют основу ландшафтной структуры. Как показывает сопоставление, на болотах подгорных равнин Уральского Севера олиготрофный торф, по сравнению с равнинной территорией Западной Сибири, и Европейской части России отличается высоким содержанием

халькофильных элементов – меди, цинка, свинца и кадмия. Содержание сидерофильных (Fe, Cr, Co) напротив, понижено. Очевидно, это связано с более интенсивным биологическим накоплением халькофильных при повышенной водомиграционной активности сидерофильных, т.е. миграционная активность элементов в болотах подгорных равнин более высокая.

Следует отметить, что повышенное содержание микроэлементов в торфах Урала отмечалось и в предшествующих работах. В частности, было выявлено высокое содержание марганца: если в верховом торфе Европейской части России содержание Mn составляет 13-15 мг/кг сухого веса, то в Предуралье достигает 1442 мг/кг (Микроэлементы..., 1973)

Содержание железа и металлов его группы (Ni, Co) приблизительно равны содержанию в торфах Томской области (Езупенок, 2003; Арбузов и др., 2009). При изучении состава торфов центральной части Западной Сибири было выявлено, что содержание железа в верховом торфе составляет 0,08-0,4% от абс. сухого вещества (Архипов и др., 1997). Таким образом, концентрация сидерофильных элементов близка к показателями, свойственным верховым торфам Западной Сибири, кроме никеля, концентрация которого незначительно их превышает, что объясняется обогащенностью этим элементом ультраосновных пород, распространенных на Приполярном Урале.

Аллювиальные почвы описаны нами на участке поймы р. Мал. Сосьва при слиянии с р. Бол. Сосьва (Северный Урал). Аллювиальные почвы развиты на поверхности, сложенной супесями и песками, покрытой высокотравным ивняком. В профиле почвы под слоем дернины (густопереплетенных корней злаков, неазложившегося опада) залегает темно-серый супесчаный горизонт со слабо выраженной слоистостью. В нижней части профиля наблюдаются сизые пятна и железистые конкреции. Реакция почв слабокислая и нейтральная ($pH_{\text{водн.}}=5.8-6.8$). Для аллювиальной почвы характерно равномерное распределение в профиле меди, никеля, хрома, и незначительная элювиально-иллювиальная дифференциация марганца и свинца. В распределении цинка наблюдается отчетливо выраженный минимум в средней части профиля, и накопление в

нижней, оглеенной части профиля (рисунок 3.11).

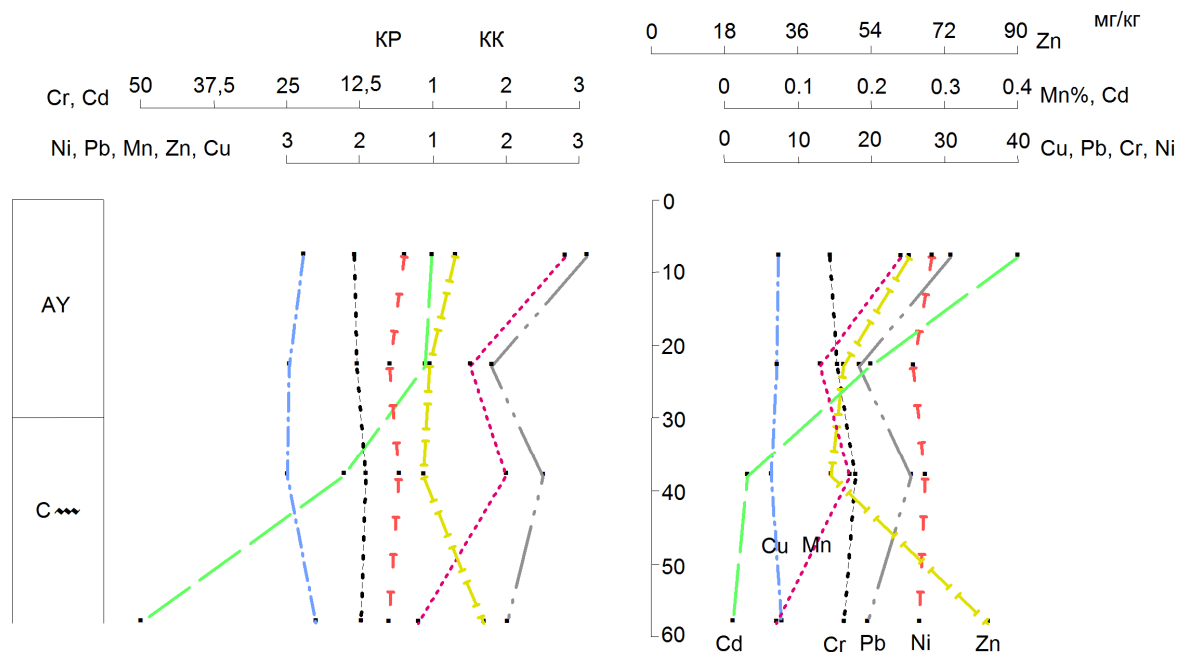


Рисунок 3.11 – Распределение химических элементов в профиле аллювиальной серогумусовой (дерновой) почвы

Таким образом, радиальное распределение микроэлементов в почвах зависит от ряда факторов. В формировании химических свойств почв большую роль играет минеральный субстрат с происходящими в нем физико-химическими процессами высвобождения элементов из богатых первичными минералами горных пород. В горных почвах, вследствие суровости климатических условий, продолжительность взаимодействия жидкой фазы почв с твердой меньше, чем на прилегающих равнинах, физическое выветривание преобладает над химическим. Этим объясняется слабо выраженная элювиально-иллювиальная дифференциация профиля многих горных почв. Зачастую сорбционный геохимический барьер в иллювиальных горизонтах не проявляется. Напротив, в горных подбурях содержание обменных оснований уменьшается от верхних горизонтов к нижним (Фирсова, Дедков, 1983). Вместе с тем для горных почв характерна высокая мобильность органического вещества и его глубокое проникновение.

Таким образом, значительная роль в формировании радиальной неоднородности химического состава почв принадлежит биогенным процессам –

миграции и аккумуляции органоминеральных соединений. Отмечалось, что для почв Западной Сибири важнейшее значение на распределение Cu, Mn, Fe, Ni, Mo, Zn, Sr оказывает органическое веществ почв (Сысо, 2007).

Для оценки влияния почвообразовательного процесса на перераспределение элементов верхней толще коры выветривания были рассчитаны коэффициенты радиальной дифференциации как отношение среднего содержания элемента в почвенных генетических горизонтах к содержанию в почвообразующей породе для различных типов почв и ландшафтно-геохимических систем (ЛГС). Результаты, показанные в таблице 3.11, свидетельствуют, что в целом для почв характерен вынос элементов и слабое накопление. Это в целом подтверждает мнение В.О. Таргульяна (1971) о доминировании выноса над накоплением в почвах холодных гумидных областей.

Таблица 3.11 – Показатели радиальной дифференциации почв

Тип ЛГС	Почвы	Накопление элементов			Рассеяние ($K_p < 1$)
		Сильное ($K_p > 4$)	Среднее (K_p =2-4)	Слабое ($K_p = 1-2$)	
Приполярный Урал					
Среднегорный гольцово- тундровый	Горно-тундровые	-	Pb2,2	Cd1,6	Zn0,7 Cu0,6 Ni0,5 Cr0,5 Mn0,4
Низкогорный редколесно- таежный	Подзолы	-	-	Zn1,0 Pb1,0 Cd1,0 Ni1,0	Cr0,9 Mn0,9 Co0,8 Fe0,8 Cu0,7
Низкогорный редколесно- таежный	Глееподзолистые	-	Cd 3,3	Cu1,7 Mn1,4 Zn1,3 Co1,1	Cr0,8 Ni0,8 Fe0,8 Pb0,7
Низкогорный редколесно- таежный	Подзолистые	-	-	Cd1,7 Fe1,0 Co1,0	Mn0,9 Zn0,8 Ni0,8 Cr0,7 Pb0,7 Cu0,6
Северный Урал					
Среднегорный гольцово- тундровый	Петроземы		Pb2,2	Cd1,6	Zn0,7 Cu0,6 Cr0,5 Ni0,5 Mn0,4
Низкогорный редколесно- таежный	Буроземы	Zn4,5	Pb2,1	Cd1,7	Mn 0,9 Cr0,9 Cu0,8 Ni0,8
Горно-долинный	Аллювиальные	Cd6,9	Mn2,6	Pb1,3 Ni1,0 Cr1,0	Cu 0,9 Zn0,8

Накопление интенсивнее проявляется в почвах Северного Урала, где выше теплообеспеченность, более интенсивен биологический круговорот веществ, и соответственно, активнее происходит накопление элементов на биогеохимических барьерах. Максимальные значения отмечены для почв с высоким содержанием гумуса – буроземов и аллювиальных.

Можно констатировать, что биологическое накопление элементов, препятствующее выносу, является механизмом поддержания химического состава геосистем и сохранения их устойчивости, которая связана с процессами продуцирования и трансформации органического вещества.

ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ МЕЖГЕОСИСТЕМНОЙ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВА

4.1. Типы ландшафтно-геохимических сопряжений

Геосистемный подход к изучению дифференциации вещества предполагает взаимосвязь и взаимообусловленность миграции вещества в сопряженных топогеосистемах (Семенов, 1991). В соответствии с законом пространственной геохимической сопряженности Польшова, потоки вещества в ландшафтах имеют системообразующее значение и определяют их геохимическую структуру (Касимов, 2006). Потоки вещества – как в твердой, так и в жидкой формах имеют наибольшую интенсивность в горных районах. На Приполярном и Северном Урале практически повсеместное распространение пород, претерпевших гипергенную трансформацию и перемещенных силой тяготения вниз по уклону поверхности в различных формах (делювия, пролювия, коллювия), а также интенсивная миграция водных растворов в поверхностном и грунтовом стоке определяет необходимость анализа латеральной неоднородности геохимической структуры ландшафтов.

Методика изучения пространственной геохимической структуры предполагает сопряженный анализ химического состава геосистем, объединенных потоками вещества. Объектами исследования на низшем уровне выступают фации, элементарные ландшафты, объединенные в профиль (катену). Ландшафтно-геохимический профиль представляет собой сочетание элементарных ландшафтов, взаимосвязанных процессом миграции вещества в твердой и жидкой формах. Различия в условиях миграции и аккумуляции вещества, особенно четко выраженные в горах, приводят к формированию ландшафтно-геохимической структуры, которая проявляется, прежде всего, через различия почв элювиальных, трансэлювиальных, трансаккумулятивных и трансупераквальных элементарных геосистем. Для количественной оценки латеральной неоднородности используются коэффициенты местной миграции,

равные отношению содержания элемента в автономном ландшафте к содержанию в геохимически подчиненном.

Считается, что корректное определение коэффициентов местной миграции возможно только на однородной литогенной основе (Касимов, 1988). Однако принцип «однородности» в условиях контрастного распределения горных пород и интенсивного проявления геоморфологических процессов, можно соблюсти только на профилях протяженностью до нескольких сотен метров (микрокатенах). Более протяженные профили, отражающие закономерности дифференциации вещества в геохимических сопряжениях более высокого ранка (мезокатенах), обычно охватывают несколько типов почвообразующих пород. Например, в предгорьях обычно сочетание плиоценовых и плейстоценовых водно-ледниковых и голоценовых аллювиальных отложений. Учитывая неоднородность литогенной основы, коэффициенты местной миграции необходимо называть коэффициентами латеральной дифференциации.

Степень разнообразия ландшафтов по содержанию изучаемых элементов имеет разную выраженность и зависит от многих факторов, прежде всего от типа ландшафтно-геохимического сопряжения. Исследования показали, что наиболее распространены следующие типы ландшафтно-геохимических сопряжений: горно-долинный с подразделением на низкогорно-долинный и среднегорно-долинный; предгорный водораздельно-долинный; значительно реже встречается горно-озерный тип вследствие малого числа крупных озер. Описание ландшафтно-геохимических сопряжений, наиболее типичных для района исследований, представлено в таблице 4.1.

Горно-долинный тип сопряжения исследован на нескольких профилях (катенах) протяженностью 1,5-2 км, заложенных в средне- и низкогорных ландшафтах. Наиболее контрастные геоморфологические условия характерны для профиля, заложенного в верхнем течении р. Щекурья и характеризующего среднегорно-долинный тип геохимического сопряжения. Его последовательно слагают следующие фации (по мере убывания абсолютных высот): элювиальная (Э) с комплексом кустарничково-мохово-лишайниковых горных тундр и

открытых группировок эпилитных лишайников на элювии метаморфизированных сланцев; трансэлювиальная (ТЭ) с редкостойными березово-елово-кедровыми кустарничково-лишайниковыми лесами на делювии сланцев и солифлюкционных отложениях, трансэлювиально-аккумулятивная (ТЭА) в нижней части склона, примыкающего к долине малого безымянного притока р. Щекурья с темнохвойным травяно-моховым лесом на торфяно-подзолисто-глеевой почве и аккумулятивная супераквальная (СА) с березово-кустарничково-сфагновой ассоциацией на аллювиальной торфяно-глеевой почве, развитой на голоценовых аллювиальных отложениях.

Таблица 4.1 – Характеристика сопряженных рядов фаций в различных ландшафтных условиях

Положение в ряду	Абс. высота, м	Растительность	Почва	Почвообразующая порода
Катена № 3. Бассейн р. Неркаю (Приполярный Урал). Низкогорно -долинный тип сопряжения (от эрозионно-денудационных низкогорных до эрозионно-аккумулятивных предгорных)				
Э	292	Низкогорные лиственничные редколесья ерничково-кустарничково-лишайниковые	Горные подзолы глеевые	Элювий дунитов и гарцбургитов
ТЭ	139	Низкогорно-предгорные лиственнично-березовые кустарничково-лишайниково-зеленомошные редкостойные леса	Горные подзолистые	Делювий дунитов и гарцбургитов
ТЭА	61	Предгорные березовые кустарничково-моховые леса	Глееподзолистые	Плейстоценовые озерно-аллювиальные отложения
СА	48	Темнохвойные травяно-сфагновыми и кустарничково-сфагновыми переувлажненные леса надпойменной террасы	Торфяно-подзолисто-глеевые	Голоценовые аллювиальные отложения

Продолжение таблицы 4.1

Положение в ряду	Абс. высота, м	Растительность	Почва	Почвообразующая порода
Катена № 8. Бассейн р.Щекурья (Приполярный Урал) Среднегорно-долинный тип сопряжения (от среднегорно-низкогорных до таежных низкогорных)				
Э	691	Открытые группировки эпилитных лишайников, местами –кустарничково-мохово-лишайниковые горные тундры	Петроземы (горные примитивные)	Элювий метаморфизированных сланцев
ТЭ	470	Березово-елово-кедровые редкостойные леса нижних частей склонов	Горные подзолистые	Делювий метаморфизированных сланцев
ТЭА	371	Темнохвойные травяно-моховые леса приречных склонов	Торфяно-подзолисто-глеевые	Аллювий пойменных террас
СА	359	Березовые кустарничково-сфагновые и кустарничково-травяно-моховые заболоченные леса приречных склонов	Аллювиальные серогумусовые	Аллювий пойменных террас
Катена № 10. Бассейн р.Щекурья (Приполярный Урал). Предгорно-долинный тип сопряжения (от эрозионно-аккумулятивных предгорных до горно-долинных)				
Э	173	Вершины увалистых водоразделов с темнохвойными кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами	Глееподзолистые	Элювий и делювий
ТЭ	118	Пологие склоны с темнохвойными кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами	Подзолистые	Коллювий, десерпций и солифлюксий нерасчлененные
ТЭА	83	Нижние части склонов с еловыми мелкотравно-моховыми лесами	Глееподзолистые	Гляциолимний
СА	60	Березовые кустарничково-травяно-моховые леса в комплексе с травяно-злаковыми лугами	Аллювиальные	Аллювий пойменных террас

Продолжение таблицы 4.1

Положение в ряду	Абс. высота, м	Растительность	Почва	Почвообразующая порода
Катена № 19. Бассейн р.Няйс (Северный Урал) Предгорный водораздельно-долинный гидроморфный тип сопряжения				
ТЭ	72	Березово-еловые заболоченные травяно-осоковые редкостойные леса	Торфяно-глеевые	Неоплейстоценовые озерно-аллювиальные отложения
ТЭА	70	Осоково-травяные заболоченные редколесья с елью и березой	Торфяно-глеевые	То же
А	65	Темнохвойные травяно-моховые приречные леса	Аллювиальные серогумусовые	Голоценовый аллювий
А	64	То же	То же	Голоценовый аллювий
Катена № 22.Слияние р.Манья и р. Сев.Сосьва (Северный Урал) Низкогорно-долинный тип сопряжения (от эрозионно-денудационных низкогорных до горно-долинных ландшафтов).				
ТЭ	137	Елово-березово-сосновые кустарничково-зеленомошные леса	Подзолистые	Ледниковые отложения
ТЭА	125	Елово-березово-сосновые кустарничково-зеленомошные леса	Подзолистые	То же
ТЭА	119	Елово-березово-сосновые кустарничково-зеленомошные леса	Подзолистые	То же
ССА	97	Темнохвойные травяно-моховые приречные леса	Аллювиальные серогумусовые	Аллювий пойменных террас
Катена № 24.Бассейн р.Сев.Сосьва (Северный Урал) Предгорный водораздельно-долинный тип сопряжения (от ландшафтов относительно дренированных равнин до речных пойм)				
Э	168	Березово-кедрово-сосновые и кедрово-сосновые кустарничково-моховые леса	Глееподзолистые	Плейстоценовые водно-ледниковые отложения
ТЭ	165	Березово-кедрово-сосновые и кедрово-сосновые кустарничково-моховые леса	Торфяно-подзолисто-глеевые	То же
ТЭА	149	Березово-кедрово-сосновые и кедрово-сосновые кустарничково-моховые леса	Торфяно-подзолисто-глеевые	То же
СА	120	С темнохвойными кустарничково-моховыми лесами на торфяно-подзолисто-глеевых почвах	Торфяно-подзолисто-глеевые	Аллювиальные голоценовые отложения

Ландшафтно-геохимическая обстановка характеризуется кислой и слабокислой реакцией среды, ростом содержания органического вещества по мере снижения абсолютных высот с максимумом в трансэлювиально-аккумулятивной фации, господством окислительной обстановки в верхней части профиля и проявлением оглеения – в нижней (трансэлювиально-аккумулятивная и супераквальная фации).

Латеральная дифференциация химического состава проявляется в постепенном нарастании вниз по профилю от элювиальной до трансэлювиально-аккумулятивной фаций содержания меди и снижении содержания марганца. Наиболее отчетливо выражен градиент в распределении валового железа – его концентрация падает по мере снижения абсолютных высот от 4,83% до 3,96 % и соответствует нарастанию оглеения почвенного профиля. Из почв элювиальной фации происходит вынос Zn и Cu с максимумом накопления в трансэлювиально-аккумулятивной фации (таблица 4.2). Содержание меди прямо пропорционально содержанию органического вещества, а марганца, напротив, обратно пропорционально. Таким образом, латеральная неоднородность данной катены связана с различиями в распределении органического вещества, окислительно-восстановительной обстановки.

Таблица 4.2 – Показатели латеральной дифференциации микроэлементов в почвах гетеролитных ландшафтно-геохимических профилей

Фация	Кл						Содержание орг.в-ва,%	рН (водн)
	Zn	Cu	Fe	Mn	Cr	Ni		
Катена № 3								
Э	1	1	1	1	1	1	2,2	5,06
ТЭ	0,84	1,14	1,04	1,05	2,27	0,89	1,57	5,32
ТЭА	0,82	1,03	0,42	1,15	0,93	1,14	2,01	5,29
ТА	0,64	0,33	0,83	0,85	1,93	0,76	1,92	5,22
Катена № 8								
Э	1	1	1	1	1	1	3,43	4,88
ТЭ	1,27	2,00	0,96	0,82	1,50	1,35	5,23	5,1
ТСА	1,13	3,52	0,88	0,29	0,41	0,40	9,16	5,27
СА	1,35	1,83	0,82	0,58	1,23	1,36	5,42	4,58

Продолжение таблицы 4.2

Фация	Кл						Содержание орг. в-ва, %	рН (водн)
	Zn	Cu	Fe	Mn	Cr	Ni		
Катена № 10								
Э	1	1	1	1	1	1	2,96	5,83
ТЭ	0,98	0,85	0,40	1,19	0,43	0,92	3,21	5,76
ТЭА	1,04	0,69	0,89	1,05	1,18	0,70	2,13	5,84
СА	0,94	0,87	1,03	1,28	1,45	0,69	3,33	5,19
Катена № 19								
ТЭ	1	1	1	1	1	1	2,24	4,83
ТЭА	0,84	0,86	0,72	1,74	0,91	0,86	1,49	5,63
ТЭА	0,92	0,96	0,80	1,38	1,13	1,17	1,71	5,57
СА	0,87	0,53	1,11	1,55	0,92	0,80	1,4	5,33
Катена № 22								
Э	1	1	1	1	1	1	6,48	6,37
ТЭ	1,05	1,14	1,32	1,06	1,20	1,19	3,83	6,4
ТЭА	1,08	1,05	1,18	1,19	1,06	1,17	4,63	6,4
СА	0,86	0,91	2,44	1,12	1,17	1,02	5,33	6,32
Катена № 24								
Э	1	1	1	1	1	1	12,43	5,68
ТЭ	1,06	1,05	1,04	1,15	1,06	0,96	17,52	6,03
ТЭА	0,99	0,97	0,87	0,98	0,99	1,06	10,41	5,87
СА	0,83	1,13	0,96	0,78	1,07	1,09	6,02	6,2

Низкогорно-долинных тип сопряжения исследован на различных участках Приполярного и Северного Урала, в том числе и на участках, сложенных ультраосновными породами, которые отличаются повышенным содержанием хрома, кобальта и никеля. Так, в бассейне р. Неркаю исследован профиль, охватывающий фации от эрозионно-денудационных низкогорных местоположений до эрозионно-аккумулятивных предгорных. Он представлен выделами следующих фаций: элювиальной лиственничного ерничково-кустарничково-лишайникового редколесья на горных глееподзолистых почвах, трансэлювиальной с березовыми кустарничково-моховыми лесами на горных глееслабоподзолистых почвах, трансэлювиально-аккумулятивной с березовыми кустарничково-моховыми лесами на горных подзолисто-глеевых почвах и трансаккумулятивной с еловыми травяно-сфагновыми и кустарничково-сфагновыми переувлажненными лесами на торфянисто-подзолисто-глеевых почвах.

Реакция среды в почвах слабокислая, содержание органического вещества низкое (максимально – 2,2%). Для латеральной дифференциации элементов в пределах данного профиля характерно снижение содержания большинства элементов в подчиненных фациях, особенно в нижнем звене миграционного ряда, где содержание меди в 3 раза, а цинка в 1,5 раза меньше, чем в почвах элювиальной фации. Вероятно, снижение содержания Zn и Cu в почве происходит вследствие активного биологического накопления растительностью, из-за чего верхние горизонты почв обеднены этими элементами. Коэффициенты латеральной дифференциации $K_l < 1$ в трансаккумулятивной фации для всех элементов, за исключением хрома (таблица 4.2). Таким образом, в малогумусных слабокислых почвах вынос элементов увеличивается в нижних звеньях миграционного ряда вследствие усиления увлажнения, а закрепления на геохимических барьерах (сорбционном, биогенном) в минеральных горизонтах почв не происходит.

Сходный характер латерального распределения элементов отмечен на профиле в бассейне р. Манья (катена № 9), где в подбурах элювиальной фации наблюдается максимальное содержание меди, цинка, никеля, которое снижается по мере уменьшения абсолютных высот.

Таким образом, на Приполярном Урале в низкогорно-долинном типе геохимического сопряжения верхние элювиальные фации которого представлены редколесьями, а нижние – трансаккумулятивными фациями приречных участков, не наблюдается накопления элементов в заключительных звеньях сопряжения. Напротив, для таких элементов, как медь и цинк, свойственно усиление выноса по мере снижения абсолютных высот. Подвижности этих элементов способствует кислая и слабокислая реакция среды, а обеднение почв, вероятно, связано с накоплением в фито- и мортмассе.

Окислительно-восстановительные условия в горно-долинных ландшафтно-геохимических сопряжениях Приполярного Урала различаются в зависимости от типа почвообразующих пород, механического состава почв, крутизны склонов.

Преобладают окислительные условия, но на пологих склонах наблюдается оглеение почв, что сопровождается снижением содержания железа из-за усиления его подвижности. Геохимическая контрастность довольно низкая, значения Кл варьируют в пределах 0,3-2,3.

На Северном Урале реки имеют более выраженную пойму, и завершающим звеном миграционного ряда являются супераквальные фации.

Рассмотрение особенностей латеральной дифференциации вещества в почвах сопряженного ряда фаций также дает основания для вывода о низкой геохимической контрастности. Коэффициенты латеральной дифференциации изменяются в незначительных пределах – от 0,53 до 2,44 (таблица 4.2). Это связано с невысокой подвижностью элементов в условиях близкой к нейтральной реакции почвенных растворов и интенсивным биологическим круговоротом, который препятствует выносу элементов. Наиболее отчетливо проявляется гидрогенная аккумуляция железа в почве супераквальной фации профиля, заложенного в нижнем течении р. Манья при впадении в р. Сев. Сосьва (Кл железа=2,44). Аккумуляция железа в аллювиальных почвах связана с накоплением на окислительном геохимическом барьере при поступлении грунтовых вод, содержащих закисные формы этого элемента. Как правило, наблюдается прямая корреляционная зависимость содержания железа и хрома от величины рН – снижение рН сопровождается снижением концентраций этих элементов. Поскольку нарастание кислотности обычно наблюдается при усилении увлажненности почв, то это указывает на проявление оглеения почвенного профиля. Для низкогорно-долинных рядов миграции на Северном Урале характерно незначительное увеличение концентрации практически всех исследованных микроэлементов в почвах трансэлювиальных и трансэлювиально-аккумулятивных фаций по сравнению с элювиальными фациями вершин, и накопление в аллювиальных почвах сидерофильных элементов при рассеянии халькофильных (Zn и Cu). Характерной особенностью рассматриваемых миграционных рядов Северного Урала, по сравнению с Приполярным, является высокое содержание в почвах марганца, как правило, превышающее величину

кларка. Содержание марганца, как правило, скоррелировано с содержанием органического вещества, таким образом, марганец аккумулируется на биогенном геохимическом барьере.

В целом для низкогорно-долинных рядов характерны низкая геохимическая контрастность, слабая аккумуляция в подчиненных фациях. Более выражена неоднородность в почвах с повышенной кислотностью и низким содержанием органического вещества.

На равнинной территории геохимические ряды миграции изучены на участках волнистых подгорных водоразделов в нижнем течении рек Няйс и Лопсия. Предгорный водораздельно-долинный ряд составляют фации, на которые первоочередное влияние оказывает фактор переувлажнения. Так, в нижнем течении р. Няйс в ряду миграции выделяются два звена: верхнее представлено выделами елово-березовых заболоченных редколесий на торфяно-глеевых почвах, сформировавшихся на плейстоценовых озерно-аллювиальных отложениях, нижнее – темнохвойных травяно-моховых переувлажненных приречных лесов на голоценовом аллювии. Для рассматриваемого водораздельно-долинного гидроморфного ряда характерна слабокислая реакция почв, низкое содержание органики в минеральных горизонтах, низкое содержание практически всех рассеянных элементов. В почвах орографически наиболее низкой аккумулятивной фации наблюдается гидрогенная аккумуляция железа и марганца при выносе остальных элементов, особенно меди (таблица 4.2).

Таким образом, для рядов миграции в целом характерна невысокая латеральная неоднородность по содержанию изученных элементов, что обусловлено, прежде всего, слабой выраженностью биогенных и механических геохимических барьеров. Накопление в нижних звеньях миграционного ряда отмечено на Северном Урале.

Слабая контрастность позволяет предположить наличие интенсивного выноса веществ в составе водных растворов, поэтому для уяснения механизмов миграции вещества необходим анализ вещественного состава объектов гидросферы – поверхностных вод и донных отложений.

4.2. Водная миграция вещества

4.2.1. Гидрохимические особенности рек Приполярного и Северного Урала

При ландшафтно-геохимических исследованиях вода рассматривается как один из основных блоков, через который проходят потоки вещества (Снытко, 1974). Общеизвестно, что формирование химического состава поверхностных вод происходит под действием совокупности региональных факторов, ведущими из которых являются геологическое строение, состав горных пород и комплекс физико-географических параметров (климатических, ландшафтных, геоботанических, геоморфологических). Без преувеличения можно сказать, что состав поверхностных вод дает комплексную характеристику литогеохимических и ландшафтно-геохимических условий водосборного бассейна, а зависимость содержания веществ – загрязнителей от интенсивности техногенного воздействия делает их важнейшим объектом экологических исследований. Водная миграция вещества позволяет сохранять оптимальное состояние в процессе функционирования геосистем, благодаря речному стоку не создается одностороннего накопления тех или иных химических элементов и обеспечивается необходимая для живых организмов биогеохимическая обстановка (Нечаева, 1985).

Восточные склоны Приполярного и Северного Урала дают начало многим рекам, однако сведения об их гидрохимическом режиме, экологическом состоянии ограничены. Существуют обзорные работы, в которых рассмотрен гидрохимический режим рек Северная Сосьва и Манья на подгорных равнинах Урала (Аспекты изучения..., 1984; Характеристика..., 1990). Сведения о составе вод горных рек до настоящего времени в литературных источниках отсутствовали.

Восточный макросклон Приполярного и Северного Урала относится к бассейну р. Северная Сосьва. Ее основными притоками являются реки Хулга, Волья, Толья, Ятрия, которые дренируют территории с различными

ландшафтными особенностями и геологической структурой. Формирование состава их вод происходит в различных условиях, и анализ различий состав вод в совокупности с рассмотрением особенностей ландшафтно-геохимической структуры водосборных бассейнов крайне информативен для понимания особенностей миграции вещества.

Бассейны обследованных рек располагаются на восточном склоне Урала, где водоносность, по сравнению с западным, снижена и модули стока приблизительно вдвое ниже, чем на реках западного склона (Характеристика экосистемы..., 1990). Основным источником питания рек как в горах, так и на предгорных участках являются атмосферные осадки. На долю весеннего стока, образующегося при таянии снега, приходится от 60 до 70% годового (Атлас..., 1971). Длительное сезонное промерзание, медленное оттаивание обуславливают малое соприкосновение талых вод с почвенно-грунтовой толщей, что не способствует вымыванию солей и росту минерализации.

Горные реки отличаются значительным уклоном русла, высокой скоростью течения – 1-2 м/с. При выходе на равнину скорость течения снижается до 0,3-0,4 м/с. Отмечалось, что модули стока в горах существенно выше, чем на прилегающих равнинах и изменяются от 15-20 л/с на 1 км² в верховьях до 6-10 л/с на 1 км² – на равнинных территориях (Характеристика экосистемы..., 1990).

Химический состав речных вод зависит от водности года, наступления и продолжительности фаз гидрологического режима. Различия в гидрологической обстановке влияют на содержание ионов аммония, фосфора, натрия, калия, величину окисляемости (Аспекты изучения..., 1984). Объем стока рек максимален в период интенсивного таяния снежников, талые воды составляют более половины объема стока. По данным для р. Ляпин, в районе с. Саранпауль, 51% стока дают воды талых снегов, дожди – 28% и подземные воды – 21% (Характеристика экосистемы..., 1990). Максимальные концентрации главных ионов наблюдаются в меженный период, минимальные – в весеннее половодье.

Сток рек предгорий складывается из горных и равнинных притоков, причем последние являются типичными таежными реками со свойственным им

меандрированием, низкой скоростью течения, окрашиванием вод. По сравнению с равнинной частью ХМАО-Югры, водосборные бассейны обследованных рек характеризуются относительно слабой заболоченностью, что сказывается на составе воды.

Проведенное в летний период опробование и последующие анализы, выполненные по стандартным методикам, позволили определить основные различия гидрохимии рек горных и предгорных участков (таблица 4.3).

На состав вод рек подгорных равнин оказывает влияние поступление кислых грунтовых вод, обогащенных растворенным органическим веществом, соединениями азота и органическими кислотами. Так, в водах рек подгорных равнин величина биологического поглощения кислорода и содержание аммонийного азота в 1,4 – 1,6 раз выше, чем в реках горной части. Особенно ярко это проявляется в водах р. Нияю, - левого притока р. Хулга, сток которой полностью формируется в пределах подгорных заболоченных равнин. В составе ее вод выявлено максимальное содержание аммонийного азота ($2,5 \text{ мг/дм}^3$), фосфатов ($0,48 \text{ мг/дм}^3$), значительно выше среднего уровня содержание нитратов ($0,26 \text{ мг/дм}^3$) и железа ($0,45 \text{ мг/дм}^3$).

Значения показателя БПК, который характеризует темп использования O_2 микроорганизмами на окисление азота, выделяющегося при разрушении органических веществ, довольно низкие (от 0,1 до $1,8 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$). Воды, в соответствии с ГОСТ 17.1.2.04–77 относятся к категории «чистые олигосапробные», что свидетельствует о незначительном присутствии растворенного и взвешенного органического вещества. По величине БПК воды рек восточного макросклона Урала значительно отличаются от рек равнинной части Западной Сибири, где нормой являются значения 2,3–2,8 мг/дм^3 (Московченко, Бабушкин, 2012).

Содержание загрязнителей (нефтепродуктов, АПАВ) в водах рек низкое и за редким исключением не превышает установленных нормативов.

Таблица 4.3 – Гидрохимическая характеристика рек территории намечаемого промышленного освоения Приполярного и Северного Урала (восточный макросклон)

Показатель	Горная часть (n=13)	Предгорья и подгорные равнины (n=56)	Равнинная территория ХМАО-Югры (Московченко, Бабушкин, 2012)
pH, ед.	6,9 (6,7-7,3) *	6,7 (6,0-7,3)	6,3
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	36,2 (14,3-44,2)	25,1 (14,6-48,8)	50,1*
Cl ⁻ , мг/дм ³	4,9 (3,5-5,9)	4,3 (3,0-5,8)	5-6,7*
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	3,9 (2,1-9,7)	3,9 (0,8-16,9)	1,6-2,7*
Ca ²⁺ , мг/дм ³	7,7 (2,2-10,8)	6,0 (1,8-15,2)	23,2*
Mg ²⁺ , мг/дм ³	1,5 (0,7-3,4)	1,9 (0,5-6,6)	6,0*
Na ⁺ + K ⁺ , мг/дм ³	4,2 (2-12)	4,5 (0,5-14,5)	10,3*
N-NO ₃ , мг/дм ³	0,09 (0,003-0,15)	0,21 (0,001-2,60)	0,3-0,5
N-NH ₄ , мг/дм ³	0,41 (0,15-1,32)	0,68 (0,01-2,5)	0,8-1,5
БПК полный, мгO ₂ /дм ³	0,5 (0,4-0,9)	0,7 (0,1-1,8)	2,3/2,3
PO ₄ ⁻³ , мг/дм ³	0,028 (0,01-0,088)	0,050 (0,01-0,48)	0,17-0,2
Fe общ., мг/дм ³	0,13 (0,07-0,25)	0,19 (0,02-1,46)	1,5-2,9
Mn, мкг/дм ³	53 (15-116)	71,5 (6-258)	109-400
Ni, мкг/дм ³	10 (5-12)	8 (4-12)	2-3,2
Cu, мкг/дм ³	6 (2-15)	6 (1-27)	1,8-3,6
Zn, мкг/дм ³	11 (2-27)	10 (1-50)	9-13
Pb, мкг/дм ³	1 (0,5-1)	1 (0,2-3)	2,5-2,9
Cr, мкг/дм ³	2 (1-6)	2 (0,4-33)	2,5-4,9
Hg, мкг/дм ³	0,008 (0,002-0,01)	0,01(0,001-0,02)	0,005-0,0098
Фенолы, мкг/дм ³	0,6 (0,1-2)	0,8 (0,1-3)	1
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,02 (0,01-0,14)	0,03 (0,01-0,12)	0,03-0,05
АПАВ, мкг/дм ³	8 (2-27)	16 (2-53)	25-55

Примечание: в горной части опробованы воды рек Народа, Щекурья, Хальмерью, Волья (верхнее течение), Манья, Хабею, в предгорной части – Хулга, Бол. и Мал.Сосьва, Ятрия, Ляпин, Волья (среднее течение), Манья (нижне течение), Тыкотлова, Толья, Семья, Лопсия.

* варьирование среднегодовых значений медианы

Своеобразием отличается элементный состав поверхностных вод. Концентрации железа и марганца ниже показателей, характерных для поверхностных вод равнинной части Западной Сибири. Так, концентрация железа

составила в реках горной территории - 0,13, в реках подгорных равнин - 0,19 мг/дм³, что на порядок ниже уровня, типичного для рек центральной части таежной зоны Западной Сибири, который составляет 2,9 мг/дм³ (Бабушкин и др., 2007). Сходным образом характеризуется и распределение марганца, среднее содержание которого в водных объектах горной и предгорной территории составило соответственно 53 и 71 мкг/дм³, а для речных вод для ХМАО в целом характерна величина 230 мкг/дм³ (Там же). Наблюдается увеличение концентрации марганца в устьевых участках рек, что связано с влиянием грунтовых вод, поступивших из поверхностных слоев почв таежных фитоценозов.

Для меди характерно значительное варьирование, связанное с зависимостью от местных литологических и ландшафтных условий. Средняя величина содержания меди в водных объектах предгорий Северного и Приполярного Урала составляет 6 мкг/дм³, что вдвое выше, чем средняя величина содержания меди в водах ХМАО-Югры, составляющая 3 мкг/дм³ (Бабушкин и др., 2007). Для рек таежной зоны Западной Сибири средние концентрации меди в речных водах оцениваются на уровне 2,3 – 2,6 мкг/дм³ (Шварцев и др., 1996; Шварцев, Савичев, 1997). Таким образом, поверхностные воды восточного макросклона Приполярного и Северного Урала обогащены медью. Также выявлено существенное обогащение вод никелем, особенно в горных реках, что связано с особенностями минералогического состава пород водосборного бассейна (наличием ультраосновных пород), а также ростом подвижности этого металла в кислой среде, свойственной многим почвам. Высокая водомиграционная активность никеля в водотоках, дренирующих кислые породы на Северном Урале была выявлена в предшествующих исследованиях В.В. Добровольским и Ю.Л. Мельчаковым (1990), определившим, что значение коэффициента водной миграции Ni более чем в 10 раз превышает среднемировые показатели.

Вместе с тем, содержание свинца ниже, чем в реках равнинной части ХМАО-Югры, вопреки тому, что породы и почвы обогащены этим элементом.

При оценке миграционной активности свинца в почвах указывалось, что прочно-сорбированные формы этого элемента в бурых лесных почвах составляют 50-55%, что определяет менее активную, по сравнению с другими тяжелыми металлами, радиальную и латеральную миграцию в гумидных ландшафтах (Перельман, Касимов, 1999).

Концентрации ртути близки к содержанию в реках равнинной территории ХМАО-Югры, а содержание хрома несколько ниже, несмотря на то, что породы содержат хрома больше, чем на Севере Западно-Сибирской равнины. Вероятно, низкая водомиграционная активность хрома определяется невысокой, по сравнению с равнинными реками ХМАО-Югры, кислотностью.

4.2.2. Зависимость элементного состава поверхностных вод и донных отложений от литологических и ландшафтно-геохимических факторов

Одним из распространенных способов анализа характера миграции и аккумуляции вещества в ландшафтах является выделение элементарных стоковых ландшафтно-геохимических бассейнов. При этом подходе водоразделы представляют в качестве абсолютных геохимических экранов для всех видов миграции (Семенов, 1991).

Для анализа зависимостей между гидрохимическими показателями и условиями формирования состава объектов гидросферы был применен бассейновый подход. Речные бассейны - естественные природные формирования, объединенные потоками вещества в структурные единства, применение бассейнового метода позволяет делить природно-территориальные комплексы на системы разного иерархического уровня. В отличие от структурно-генетического подхода, фокусирующего внимание на причинах дифференциации территории, бассейновый подход сконцентрирован на изучении сил объединения и процессах взаимодействия, которые проявляются через потоки вещества и энергии (Черных, Булатов, 2002).

Применение бассейнового метода в геохимии ландшафтов теоретически обосновано М.А. Глазовской (1988), согласно которой, определение ландшафтно-

геохимической структуры возможно путем анализа совокупности ландшафтно-геохимических катен в пределах водосборного бассейна, формирующих ландшафтно-геохимические арены.

Бассейновый метод исследования получил широкое распространение для решения различных задач, связанных с оценкой экологических ситуаций и оценки геохимического фона. Для Северного Урала бассейновый подход применялся при анализе структуры почвенного покрова (Семиколенных и др., 2013). Нами для выявления закономерностей формирования состава речных вод восточного макросклона Урала в пределах ХМАО-Югры и влияния на него ландшафтно-геохимических, литологических и геоморфологических факторов был выполнен анализ состава поверхностных вод и проведено сопоставление с составом почв, особенностями элементного состава рудных полезных ископаемых и ландшафтной структуры в различных водосборных бассейнах.

Бассейны стока – это фундаментальные ландшафтные единицы, в пределах которых растворенные и взвешенные вещества извлекаются, перемещаются и переоткладываются движущимися водами. Водосборные бассейны разделяются между собой водораздельной границей, выраженной на рельефе более высокими абсолютными отметками. Таким образом, определена ландшафтно-геохимическая макроарена р. Сев. Сосьва и мезоарены (водосборные бассейны притоков) (рисунок 3.13).

Изучение закономерностей водной миграции должно опираться на знания о составе почвообразующих пород, почв, ландшафтной структуре территории. Ведущими факторами формирования состава вод являются климатические, геолого-геоморфологических и ландшафтно-биотические. Согласно подсчетам С.Л. Шварцева с соавторами (1989), доля биогенной составляющей в формировании химического состава вод Западной Сибири составляет около 60%.

В районах со сложной геологической структурой и наличием рудных полей первоочередное значение может переходить к геологическим факторам.

Общеизвестен факт формирования ореолов рассеяния вокруг рудных тел. Вместе с тем важнейшее значение имеют и ландшафтные факторы, определяющие условия миграции вещества, тип и распространение геохимических барьеров.

Анализ особенностей элементного состава поверхностных вод в различных водосборных бассейнах должен опираться на комплекс данных о геологическом строении (особенно о наличии участков с аномальными концентрациями), о ландшафтной структуре с характерными для каждого типа ландшафтов условиями миграции вещества, о структуре почвенного покрова и наличии тех или иных геохимических барьеров. Особенности ландшафтной структуры и типоморфные элементы рудных полей обследованных водосборных бассейнов на территории Приполярного и Северного Урала отражены в таблице 4.4.

Ионный состава поверхностных вод, содержание аммонийного и нитратного азота, величина БПК в различных бассейнах стока представлены в таблице 4.5.

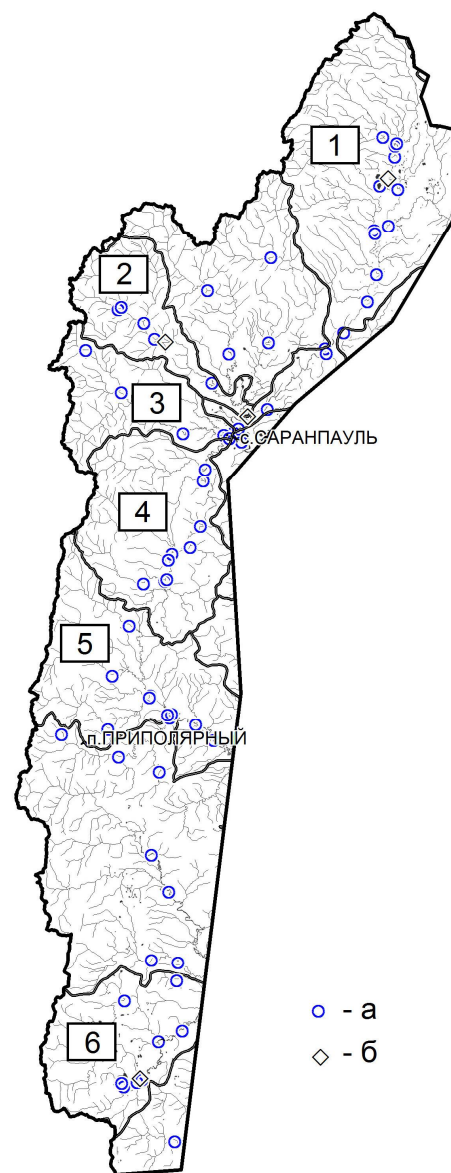


Рисунок 3.13 – Мезоарены р. Северная Сосьва

(выделенные водосборные бассейны: 1 – Хулгинский, 2- Маньинский, 3- Щекурьинский, 4 – Ятринский, 5 – Вольинский, 6 – Верхнесосьвинский; пункты отбора: а – поверхностных вод и донных отложений, б – только донных отложений)

Таблица 4.4 – Особенности ландшафтной структуры и рудопроявления в различных бассейнах стока

Водосборный бассейн	Типоморфные элементы рудных залежей (узлов, площадей, полей и зон)	S общ., км ²	Доля горных ландшафтов, %	Доля ландшафтно-геохимического комплекса от общей площади водосборного бассейна, %					
				а	б	в	г	д	е
1. Хулгинский	Al, Zn, Co, Cu, Pb, Cr	6244	52	21	12	20	25	11	10
2. Маньинский	Pb, Zn, Cu, Fe, Cr, Mo, Mn	1734	92	20	23	42	4	3	8
3. Щекуринский	Pb, Zn, Cu, Fe, Cr, Mo, Mn	1828	91	9	5	63	8	3	13
4. Ятринский	Fe, Cu, Cr, Zn, Mn	3455	74	3	4	56	24	2	11
5. Вольинский	Cu, Zn, Ti, Cr, Ni, Mn	3985	54	2	3	46	25	10	15
6. Верхнесосьвинский	Cu, Zn, Pb	2902	83	2	6	59	13	10	10

а-е - тип ландшафтно-геохимического комплекса:

- а) Экзарационные и эрозионно-денудационные гольцово-тундровые
- б) Эрозионно-денудационные тундрово-редколесные
- в) Эрозионно-аккумулятивные низкогорных редколесий
- г) Трансаккумулятивные предгорных лесов
- д) Гидроморфные болотные
- е) Супераквальные речных долин

Таблица 4.5 – Химический состав поверхностных вод в водосборных бассейнах Приполярного и Северного Урала

Водосборный бассейн	pH	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ K ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	БПК ₂₀
Хулгинский (n= 14)	6,86	17,2	4,9	3,6	3,3	2,7	3,5	0,54	0,17	0,76
Маньинский (n=5)	6,94	35,5	4,9	3,7	7,0	1,5	3,0	0,32	0,08	0,54
Щекуринский (n=6)	6,78	31,9	4,1	6,6	8,9	1,7	4,4	0,41	0,37	0,68
Ятринский (n=11)	7,18	31,9	4,6	4,1	7,0	2,3	5,4	0,90	0,09	0,84
Вольинский (n=13)	6,77	37,8	4,4	4,4	6,7	1,7	8,8	1,28	0,54	0,77
Верхнесосьвинский (n=9)	6,69	35,5	4,5	4,9	7,0	1,9	7,4	0,47	0,82	0,58

Хулгинский бассейн занимает наиболее северную часть обследованной территории. Река Хулга (протяженность 218 км) образуется при слиянии рек Хаймею и Грубею у подножья восточного склона Приполярного Урала. Площадь

водосбора 6244 км², из них на долю горных ландшафтов приходится 3249 км² или 52 %. В верхнем течении Хулга - типичная горная река с большим падением, значительными скоростями течения, порожистым и каменистым руслом. Правые притоки, текущие с круто понижающегося к востоку склона Урала - это горные реки. Всего в бассейне Хулги насчитывается 860 постоянных водотоков разных названий общей протяженностью 5327 км, густота речной сети 0,41 км/км² (Характеристика экосистемы..., 1990). Питание рек происходит преимущественно за счет атмосферных осадков. Гидрологический режим с ярко выраженным весенне-летним половодьем, начало которого в среднем датируется серединой апреля, окончание – серединой июля (Атлас..., 1971). Максимальные уровни воды наблюдаются во время весенних паводков. Летнее повышение уровня воды отмечается обычно после интенсивного таяния в горах в августе - сентябре. Различные части водосборного бассейна существенно различаются по степени заболоченности – в правобережной (горной) часть доля болот мала, на левобережной (равнинной) примерно треть территории заболочена. Для почв характерна щебнистость, что обеспечивает хороший дренаж.

В ходе исследования были отобраны пробы из рек Хулга, Хальмерью, Тыкотлова, Неркаю, Енготаю, Балбанью, а также в оз. Балбанты. Согласно результатам химических анализов, воды в Хулгинском бассейне относятся гидрокарбонатному классу, магниевой группе, третьему типу ($\text{HCO}_3 + \text{SO}_4 < \text{Ca} + \text{Mg}$). Минерализация вод крайне низкая и не превышает 50 мг/дм³. Формирование вод магниевой группы происходит из-за крайне низкого содержания кальция (от 1,9 до 4.5 мг/дм³). Только в реке Хулга выявлено превышение кальция над магнием в эквивалентной форме. Это связано с поступлением вод в реку Хулга не только из горных, но также и из равнинных притоков. Преобладание магния над кальцием указывает на незначительное поступление в речную сеть грунтовых вод, состав вод обследованных водотоков непосредственно зависит от состава атмосферных осадков. Величина водородного показателя отличается стабильностью и изменяется от 6,5 до 7,1 ед. рН. Все воды имеют нейтральную реакцию и укладываются по величине рН в экологические нормативы.

Маньинский бассейн расположен на участке с наиболее высокими хребтами Урала и отличается значительной густотой речной сети, составляющей 500-600 м на 1 км² площади. В ландшафтной структуре велика доля гольцовых и кустарничково-моховых тундр. Река Манья отличается высокой водностью и довольно изменчивым режимом в теплое время года, скорость течения в верховьях около 1 м/с. Среднегодовые модули стока составляют 20-25 л/с на 1 км² (Характеристика экосистемы..., 1990). В качестве литогенной основы ландшафта выступают нерасчлененные отложения с выходами на поверхность коренных пород (KorP), в долинах рек - современные аллювиальные отложения aQ_{IV} (Атлас ХМАО-Югры..., 2004). Позднеплейстоценовые ледниковые и водно-ледниковые отложения (g,fQ_{III2}) распространены незначительно. Доминируют эрозионно-аккумулятивные ландшафтные комплексы горных лесов и редколесий, велика доля эрозионно-денудационных гольцовых и горнотундровых ландшафтов, в совокупности занимающих около 43 % площади.

Воды Маньи гидрокарбонатно-кальциевые, ультрапресные, с нейтральной реакцией. Содержание органических веществ очень низкое, по значению показателя БПК₂₀, составляющему в среднем 0,54 мгО₂/дм³, они относятся к «чистым ксеносапробным» (ГОСТ 17.1.2.04–77). Значение показателя БПК в Маньинском бассейне самое низкое среди всех обследованных бассейнов стока. Минимально и содержание соединений азота. Таким образом, Маньинский бассейн отличается наименьшим содержанием органики в поверхностных водах, что коррелирует со наибольшей долей гольцовых и тундровых ландшафтов, для которых характерна низкая биопродуктивность и малая мощность почв.

Площадь водосборного бассейна р. Щекурьи 1828 км². Средняя высота водосбора 320 м, озерность менее 1%, лесистость 55%, доля болот около 3 %. Река Щекурья, протяженность которой около 120 км, берет начало в гольцовом поясе Приполярного Урала. В верховьях Щекурьи типично горный поток с крутым падением русла, бурным течением, большим числом перекатов и порогов. Скорость течения на этом участке достигает 10-15 км/ч, в низовьях падает 0,3-0,5

км/ч. Источниками питания р. Щекурьи служат талые воды (51 %), дожди (28 %) и подземные воды (21 %).

Ионный состав поверхностных вод типичный гидрокарбонатно-кальциевый 1 типа ($\text{HCO}_3 > \text{Ca} + \text{Mg}$), с низкой минерализацией. Сумма ионов не превышает 70 мг/дм³. Все пробы поверхностных вод имеют нейтральную реакцию (рН=6,8-7,2). Содержание нитратов, аммонийного азота выше, чем в соседнем Маньинском бассейне, что связано с возрастанием доли эрозионно-аккумулятивных ландшафтов горных лесов и редколесий. Наблюдается рост содержания соединений азота в устье Маньи. Величина БПК во всех пробах не превышает 1 мгО₂/дм³.

Ятринский бассейн располагается на границе Приполярного и Северного Урала. Литогенная основа ландшафта представлена главным образом среднеплейстоценовыми водно-ледниковыми отложениями fQ_{II2-4} и нерасчлененными отложениями с выходами на поверхность коренных пород (KorP). В ландшафтной структуре доминируют эрозионно-аккумулятивные комплексы горных лесов и редколесий, повышается доля трансаккумулятивных таежных ландшафтов, болота в совокупности занимают около 2% территории. Почвы - подзолистые, глееподзолистые преимущественно легкосуглинистого и супесчаного механического состава, реже встречаются подзолы иллювиально-гумусовые и подбуры.

Воды р. Ятрия и ее притоков гидрокарбонатно-кальциевые, пресные, с нейтральной и слабощелочной реакцией. Наблюдается закономерное увеличение минерализации от истоков к устью. Среди катионов ведущая роль принадлежит кальцию, однако в одном случае было отмечено доминирование натрия (река Бол.Люлья, устье). Формирование вод натриевой группы в описываемом районе происходит в период снеготаяния, и вероятной причиной повышенной концентрации натрия является высокая доля ледникового и снегового питания реки в период отбора пробы. Среди анионов во всех пробах значительно доминирует гидрокарбонат – ион. Отмечается рост, по сравнению с другими водосборными бассейнами Приполярного Урала, содержания аммонийного азота

и значения БПК₂₀, что объясняется увеличением доли таежных лесов с повышенной, по сравнению с горными тундрами, биопродуктивностью и величиной БИКа. Ранее отмечалось (Аспекты изучения..., 1984), что в водах рек Ятрия и Манья содержание NH_4^+ подвержено заметным сезонным и внутрисезонным колебаниям в зависимости от режима осадков и выноса соединений азота из почв поверхностным стоком. Таким образом, соединения азота поступают преимущественно из почв.

Вольинский водосборный бассейн характеризуется сравнительно небольшими абсолютными высотами и широким распространением полугидроморфных трансаккумулятивных ландшафтов. Река Волья отличается высокой удельной водностью, средние модули стока составляют 15-20 л/с на 1 км² (Характеристика экосистемы..., 1990). В ландшафтной структуре доминируют увалисто-холмистые поверхности с участками покатых нагорных террас, занятые таежными ценозами. В почвенном покрове преобладают подзолистые почвы с различной мощностью подзолистого горизонта, иногда оглеенные. При ухудшении дренажа господство переходит к торфянисто-мелкоподзолисто-глеевым легкосуглинистым почвам.

По сравнению с другими водосборными бассейнами, в водах Вольинского бассейна отмечено возрастание доли натрия в ионном составе. Тем не менее, все воды относятся к кальциевой группе, хотя абсолютное содержание ионов кальция не превышает 10 мг/дм³. Сумма ионов составляет 45-75 мг/дм³, т.е. воды ультрапресные и пресные, имеют нейтральную реакцию (рН 6,7-7,2).

Речные воды Вольинского водосборного бассейна отличает повышенное, по сравнению с другими бассейнами, содержание биогенных веществ. Средняя концентрация аммонийного азота составляет 1,28 мг/дм³, а максимальные величины составляют 1,7-1,9 мг/дм³, что в 3,4-3,8 раза выше величины ПДК. Рост аммонийного азота происходит пропорционально росту доли таежных трансаккумулятивных и эрозионно-аккумулятивных ландшафтов, с характерным для тайги азотно-кальциевым типом биогеохимического круговорота. Данные свидетельствуют о повышенной биогенности вод равнинно-таежных ландшафтов

Западной Сибири, неоднократно отмечавшейся в предшествующих исследованиях (Нечаева, 1990, 1994; Московченко, 2013).

Верхнесосьвинский бассейн расположен в низкогорно-предгорной части Северного Урала с доминированием сосновых и еловых лесов. Абсолютные отметки высот изменяются от 150 до 600 м. Волнистый, местами холмисто-увалистый рельеф, значительное эрозионное расчленение определили формирование густой речной сети. В почвенном покрове преобладают подзолистые, подзолисто-глеевые, торфяно-подзолисто-глеевые почвы. Основные источники питания р. Северная Сосьва в верховьях - талые снеговые воды (47%), дожди (31 %) и подземные воды (22 %) (Характеристика экосистемы..., 1990).

Сумма ионов составляет 65-75 мг/дм³, т.е. воды пресные, маломинерализованные. В ионном составе отмечается преобладание гидрокарбонат- иона среди анионов и натрия среди катионов. Сумма кальция и магния меньше содержание гидрокарбонатов. Таким образом, воды относятся к гидрокарбонатному классу группы натрия, 1-му типу. По содержанию и соотношению главных ионов все обследованные водотоки отличаются сходством, диапазон варьирования незначителен.

Концентрация биогенных веществ в поверхностных водах бассейна невелика, о чем свидетельствуют низкие показатели биологического потребления кислорода. Величина БПК во всех пробах была от 0,4 до 0,7 мгО₂/дм³, что соответствует чистым водам по эколого-санитарной классификации качества вод. Среднее содержание аммонийного азота составляет 0,47 мг/дм³. Можно отметить, что содержание соединений азота в водах в значительной степени зависит от распространение полугидроморфных трансаккумулятивных ландшафтов с таежными лесами разной степени заболоченности – чем она выше, тем больше в водах содержание азотистых веществ.

Рассмотренные особенности ландшафтной структуры водосборных бассейнов и их основные гидрохимические характеристики позволяют перейти к анализу водной миграции рассеянных элементов.

Для уяснения факторов, определяющих закономерности водной миграции вещества, был проведен комплексный анализ почв и поверхностных вод в различных водосборных бассейнах.

Показатели элементного состава поверхностных вод и почв обследованных водосборных бассейнов отражены в таблице 4.6 и таблице 4.7.

Таблица 4.6 – Элементный состав вод в различных бассейнах стока Приполярного и Северного Урала

В мкг/дм³

Водосборный бассейн	Элементы							
	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb	Cr	Hg
Хулгинский (n= 14)	253	119	8,0	6,5	8,4	1,3	3,1	0,013
Маньинский (n=5)	146	79	10,6	4,6	12,6	1,0	2,4	0,008
Щекурьинский (n=6)	113	83	9,0	4,3	12,7	1,0	3,5	0,006
Ятринский (n=11)	464	101	6,1	4,8	11,3	1,0	6,1	0,007
Вольинский (n=13)	265	79	8,3	11,3	12,1	1,0	3,6	0,007
Верхнесосьвинский (n=9)	158	59	8,3	10,8	22,4	1,0	0,8	0,007
Среднемировое значение для речных вод (Martin, Meybeck, 1979)	40	8,2	2,2	10	30	1	1	0,07*

* - содержание ртути дано по В.В. Добровольскому (2003)

Таблица 4.7 – Элементный состав почв в различных бассейнах стока Приполярного и Северного Урала

В мг/кг

Водосборный бассейн	Элементы (валовое содержание)							pH, ед.
	Pb *	Zn	Cu	Fe	Mn	Cr	Ni	
Хулгинский (n= 16)	37,0	76,9	21,0	42031	557,2	86,4	50,7	5,0
Маньинский (n=12)	49,6	91,1	17,5	29712	571,6	48,4	38,5	5,5
Щекурьинский (n=12)	70,6	92,1	24,5	41525	592,4	77,7	31,0	5,3
Ятринский (n=12)	69,3	59,7	18,1	32408	519,5	92,9	40,3	5,2
Вольинский (n=12)	46,3	50,0	14,1	33644	397,4	73,7	36,5	5,2
Верхнесосьвинский (n=12)	58,4	82,3	24,0	32867	1255,6	85,0	57,2	6,2
Кларк почв по А.П.Виноградову (Справочник..., 1990)	10	50	20	38000	850	200	40	-

* - приведены значения медианы

Сопоставление со среднемировыми величинами (таблица 4.6) показывает повышенное содержание в поверхностных водах всех водосборных бассейнов железа, марганца, никеля, хрома. Близко к среднемировым значениям содержание

свинца. Содержание меди на среднемировом уровне в водах Вольинского и Верхнесосьвинского бассейнов, в остальных содержание снижено в 1,5-2 раза. Содержание цинка и ртути снижено в поверхностных водах на всей рассматриваемой территории. Можно констатировать, что концентрация элементов в поверхностных водах зависит от их химических свойств и классификационной принадлежности: сидерофильные содержатся в повышенных концентрациях, халькофильные – преимущественно в пониженных.

Одним из показателей, характеризующих особенности водной миграции вещества является коэффициент водной миграции K_x . Существуют два способа вычисления K_x – по отношению к кларку земной коры и по отношению к содержанию элемента в водовмещающих породах (Перельман, 1989). Считается, что использование кларка литосферы приоритетно для вод, в формировании химического состава которых большую роль играет биологический круговорот, а также для ландшафтов развивающихся в условиях гетеролитного субстрата (Авессаломова, 1987). Вместе с тем использование местных кларков помогает правильнее оценить источники поступления и возможные пути миграции вещества.

Нами были вычислены значения K_x по отношению к кларку и среднему содержанию в почвах водосборного бассейна (без учета органогенных почв). Использование показателей педогеохимического фона вызвано тем обстоятельством, что в условиях длительного промерзания грунтов, наличия многолетнемерзлых пород состав стока формируется главным образом в пределах почвенного профиля; почвы в данном случае являются зоной дренирования. Вычисленные значения коэффициентов водной миграции K_x по отношению к кларку литосферы и локальному педохимическому фону мало отличаются для хрома и железа, концентрации которых в различных водосборных бассейнах близки кларку. Для других элементов отмечены существенные различия (в 2-4 раза). Характерно, что различия эти разнонаправленны. Так, для свинца наибольшие значения получены при расчете на кларк литосферы, для других элементов, напротив, при использовании местного «фона». Сниженные значения

Кх для свинца при использовании местных показателей связаны с тем обстоятельством, что концентрации этого элемента в почвах повышены, однако это не приводит к существенному росту концентрации в водах. Таким образом, водная миграция свинца горных и предгорных ландшафтов Урала невелика, и наличие горных пород, содержащих Рb в повышенных концентрациях, мало сказывается на поступление этого элемента в речные воды. В целом полученные результаты подтверждают вывод о том, что среди тяжелых металлов Рb наименее подвижен (Перельман, Касимов, 1999).

Для других элементов, особенно меди, марганца, ртути, значение Кх выше при использовании показателей содержания элементов в местной зоне дренирования. Подобное расхождение связано со сниженным содержанием в местных почвах этих элементов. Следует обратить внимание, что высокое содержание марганца в поверхностных водах, намного превышающее среднемировые показатели, наблюдается на фоне сниженного содержания в почвах и породах, а величины Кх превышают среднемировые значения на порядок (таблица 4.8). Таким образом, марганец проявляет себя как наиболее активный водный мигрант. Причины этого заключаются как в высокой подвижности в глеевой обстановке, широко распространенной в предгорных ландшафтах, так и в слабом закреплении на биогеохимическом барьере в маломощных горных почвах. Зависимость содержания марганца в воде от ландшафтных условий становится очевидной при сопоставлении средних концентраций и показателей водомиграционной активности с показателями структуры ландшафтов в различных водосборных бассейнах (таблица 4.4). Максимальное содержание Mn отмечено в Хулгинском бассейне, на формирование вод которого оказывают существенное влияние левые притоки р. Хулга, протекающие по слабодренированной предгорной равнине. Сниженное содержание Mn отмечено на юге описываемой территории, в Верхнесосьвинском бассейне, несмотря на то, что здесь болота и полугидроморфные таежные леса имеют относительно широкое распространение. Здесь водной миграции марганца препятствует его интенсивное биологическое накопление с закреплением на

гумусовом геохимическом барьере. В почвах бассейна, среди которых преобладают буроземы, отмечено максимальное содержание этого элемента (таблица 4.7). Примечательно, что высокое содержание Mn в почвах этого водосборного бассейна наблюдается при отсутствии марганцевых руд в его пределах.

Обращает на себя внимание относительно низкие показатели водомиграционной активности железа при высокой активности марганца. Значения коэффициента водной миграции Fe близки к среднемировым величинам, в то время как у Mn намного превышают их. Это подтверждает вывод о том, что марганец, несмотря на близость его химических свойств к железу, более активный водный мигрант и может находиться в растворе в таких водах, где железо выпало в осадок и лучше всего мигрирует в восстановительной кислой обстановке (Перельман, Касимов, 1999). Таким образом, содержание Mn в поверхностных водах зависит, прежде всего, от ландшафтно-геохимических условий водосборного бассейна. Это подтверждает и сопоставление с показателями содержания в поверхностных водах равнинной территории Западной Сибири. Среднее для территории ХМАО-Югры содержание марганца в поверхностных водах составляет 230 мкг/дм^3 (Бабушкин и др., 2007), что в 2-4 раза больше превышает значения для Приполярного и Северного Урала. Очевидно, что это вызвано абсолютным преобладанием на равнинной части округа ландшафтов кислого глеевого класса водной миграции (болот и лесов с различной степенью заболоченности), где Mn активно мигрирует в форме Mn^{2+} . С влиянием ландшафтных факторов связано и низкое содержание железа, составляющее для водосборных бассейнов восточного макросклона Урала (в пределах ХМАО) $113\text{-}464 \text{ мкг/дм}^3$ (таблица 4.6), в то время как для равнинной территории ХМАО-Югры содержание железа составляет в среднем 1500 мкг/дм^3 (Московченко, Бабушкин, 2012).

Вычисленные значения коэффициента водной миграции K_x для таких элементов, как Ni и Cr, существенно превышают среднемировые показатели (таблица 4.8). Эти элементы относятся к малоподвижным, что объясняется

связыванием глинами, оксидами Fe и Mn, органическим веществом (Перельман, Касимов, 1999). В почвах и породах рассматриваемой территории эти факторы играют слабую роль – скелетные почвы с высокой долей щебня и малым содержанием физической глины мало препятствуют миграции элементов. Влияние этих факторов на содержание в поверхностных водах становится очевидным, если принять во внимание тот факт, что максимальные концентрации Ni отмечены в Маньинском водосборном бассейне в условиях широкого распространения гольцовых и горнотундровых ландшафтов. Здесь высокое содержание Ni наблюдается на фоне низкого содержания в почвах (таблица 4.7).

Таблица 4.8 – Интенсивность миграции химических элементов в поверхностных водах Приполярного и Северного Урала

Водосборный бассейн	Значения Kx								Минерализация, мг/дм ³
	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb	Cr	Hg	
Хулгинский	<u>0,16</u> 0,17	<u>3,4</u> 6,1	<u>3,9</u> 4,5	<u>4,0</u> 8,8	<u>2,8</u> 3,1	<u>2,4</u> 0,74	<u>1,0</u> 1,0	<u>4,4</u> 15,9	35
Маньинский	<u>0,06</u> 0,09	<u>1,4</u> 2,5	<u>3,3</u> 5,0	<u>1,7</u> 4,6	<u>2,6</u> 2,5	<u>1,1</u> 0,34	<u>0,50</u> 0,89	<u>1,7</u> 6,2	56
Щекуринский	<u>0,04</u> 0,05	<u>1,5</u> 2,5	<u>2,7</u> 5,1	<u>1,6</u> 3,2	<u>2,6</u> 2,4	<u>1,1</u> 0,22	<u>0,71</u> 0,79	<u>1,3</u> 4,7	57
Ятринский	<u>0,18</u> 0,26	<u>1,8</u> 3,6	<u>1,9</u> 2,8	<u>1,9</u> 4,9	<u>2,4</u> 3,5	<u>1,1</u> 0,26	<u>1,3</u> 1,2	<u>1,5</u> 5,4	55
Вольинский	<u>0,09</u> 0,12	<u>1,2</u> 3,1	<u>2,2</u> 3,6	<u>3,8</u> 12,6	<u>2,2</u> 3,8	<u>1,0</u> 0,27	<u>0,66</u> 0,76	<u>1,4</u> 5,0	64
Верхнесосьвинский	<u>0,06</u> 0,08	<u>1,0</u> 0,8	<u>2,4</u> 2,4	<u>3,8</u> 7,4	<u>4,3</u> 4,5	<u>1,0</u> 0,86	<u>0,15</u> 0,15	<u>1,4</u> 5,0	61
В среднем	<u>0,10</u> 0,13	<u>1,7</u> 3,1	<u>2,7</u> 3,9	<u>2,8</u> 6,9	<u>2,8</u> 3,3	<u>1,3</u> 0,45	<u>0,73</u> 0,81	<u>1,95</u> 7,0	-
Среднемировое значение Kx (Добровольский, 2003)	0,15	0,12	0,81	2,64	3,27	0,52	0,24	17,6	-

Числитель – по отношению к кларку литосферы по А.П. Виноградову, знаменатель – по отношению к содержанию в почвах водосборного бассейна

Особого внимания требует анализ содержания в поверхностных водах меди, учитывая наличие на исследуемой территории медных руд (рисунок 4.1). В целом почвы обеднены медью, содержание которой в различных водосборных бассейнах

изменяется от 14 до 24 мг/кг (таблица 4.7). Повышенное содержание меди в почвах приурочено к зонам простирающихся геологических структур, вмещающих медно-колчеданные руды (в пределах Ятринского и Верхнесосьвинского бассейнов). Однако нужно отметить, что в почвах Вольинского бассейна, где также находятся залежи медных руд, содержание меди в обследованных почвах было минимальным. Это противоречие вероятно, связано с тем фактом, что на участках опробования почв литогенная основа ландшафтов представлена среднеплейстоценовыми водно-ледниковыми отложениями (fQ_{II2-4}) легкого механического состава, которые отличаются низким содержанием практически всех микроэлементов. Однако влияние залежей медно-колчеданных руд проявляется в этом бассейне через высокое содержание меди в поверхностных водах (максимальное из всех

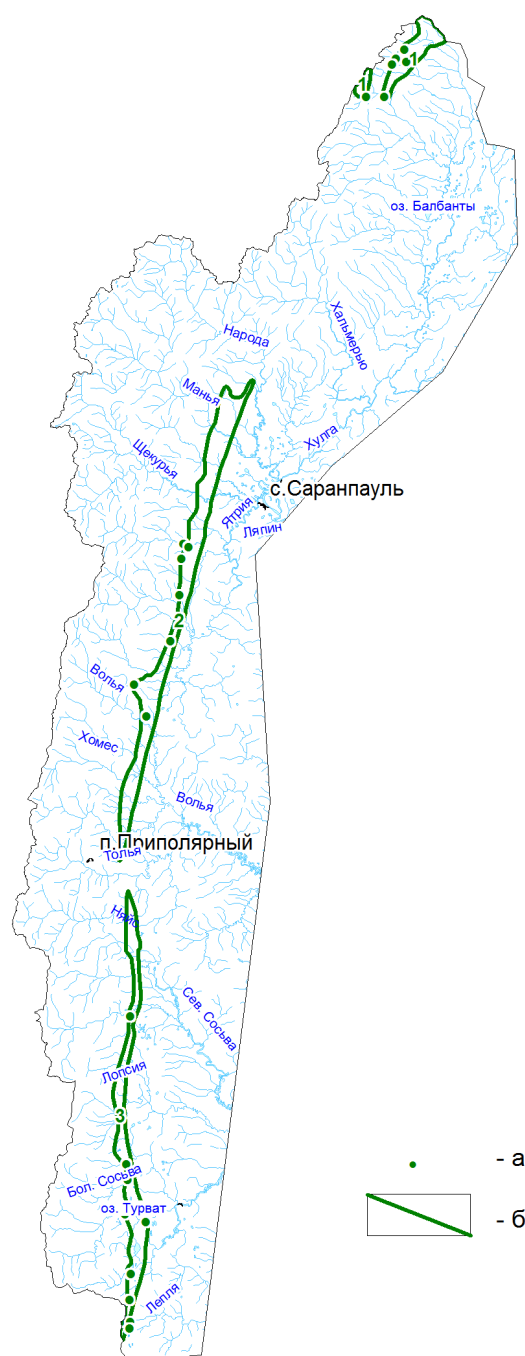


Рисунок 4.1 – Медно-колчеданные рудные районы восточного макросклона Приполярного и Северного Урала (Концепция..., 2005)

а – рудопроявления медно-колчеданных руд, б – границы медно-колчеданных рудных районов (1 – Грубеинско-Тыкотловский, 2 – Вольинский, 3 – Северо-Сосьвинский)

водосборных бассейнов). Вероятно, играет свою роль и слабая аккумуляция меди на биогеохимическом барьере в подзолах, широко распространенных в пределах бассейна.

Таким образом, различия в ландшафтной и геологической структуре определяют особенности водной миграции вещества в водосборных бассейнах. Максимальные водомиграционные показатели большинства элементов отмечены в бассейне р. Хулга (Приполярный Урал), что связано со значительной расчлененностью рельефа на данном участке и широким спектром ландшафтно-геохимических со рядов, от гольцовых и тундровых вершин гор до лесоболотных комплексов предгорий.

Вычисленные коэффициенты водной миграции свидетельствуют, что по сравнению со средними значениями K_x для речных вод по В.В. Добровольскому (2003), воды рек восточного макросклона Урала характеризуются интенсивной миграцией сидерофильных элементов (Cr, Ni, Mn, Fe), и близкой к норме для халькофильных (Cu, Zn). Участки горно-тундровых ландшафтов реки Щекурья, берущей начало с главного водораздельного хребта Урала, отличаются невысокими значениями коэффициентов водной миграции, особенно для биогенных Mn и Zn, что связано с распространением устойчивых к выветриванию геологических формаций, и слабым вовлечением элементов в геохимический круговорот.

4.3. Формирование состава донных отложений в различных ландшафтно-геохимических условиях

Донные отложения водоёмов представляют собой геологическое образование, формирующееся в новейшее время и слагающее внешнюю часть земной коры. Одновременно они важнейший компонент подводного ландшафта и неотъемлемый элемент биосферы (Опекунов, 2012). Элементный состав донных отложений является интегральным показателем, характеризующим геохимическую структуру водосборного бассейна.

Геохимические условия в донных осадках на обследованной территории Приполярного и Северного Урала характеризуются следующими показателями. Реакция среды донных отложений изменяется в незначительных пределах, от слабокислой до нейтральной (диапазон изменений от 5,12 до 6,74, среднее значение-5,87 единиц рН). Содержание органического вещества изменяется от почти полного отсутствия – 0,19% до 9,28%. Преобладают отложения с низким содержанием органики, среднее значение составило 1,48 %.

Микроэлементный состав характеризуется значительной изменчивостью и существенными отличиями с другими участкам ХМАО-Югры. Обобщенные показатели содержания металлов в донных отложениях восточного склона Приполярного и Северного Урала представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Статистические показатели содержания химических элементов в донных отложениях восточного склона Приполярного и Северного Урала (n=73)

Элементы	M	min-max	S	Std. error	квартили		C _{var} , %	КК	Среднее значение для ХМАО (Московченко, 1998)
					25%	75%			
Fe, %	4,0	0,08-22,7	4,1	0,49	1,2	5,3	102	0,86	1,2*
Cr, мг/кг	86,9	1,36-490	84,9	10,2	20,1	122,6	98	1,05	49,2
Ni, мг/кг	5,84	1,32-9,84	1,48	0,18	5,0	6,88	25	0,10	16,7
Mn, мг/кг	1023	9,00-6447	1183	142,4	344	1358	116	1,02	423
Cu, мг/кг	26,5	0,12-212,9	40,9	4,93	3,9	31,3	155	0,56	13,5
Hg, мг/кг	0,08	0,046-0,117	0,02	0,002	0,07	0,09	20	0,96	<0,1*
Pb, мг/кг	95,5	0,14-1438	227,4	27,37	2,24	28,4	238	5,97	11,6
Zn, мг/кг	2,97	1,11-6,24	1,23	0,15	2,01	3,99	41	0,04	22,9
pH, ед.	5,87	5,12-6,74	0,44	0,05	5,53	6,28	8	-	6,07*

n – Количество проб. M – Среднее арифметическое. S – Стандартное отклонение. Std. error – Погрешность среднего значения. min-max – минимальное и максимальное значение. КК – Кларк концентрации. 25%, 75% - 1 и 3 квартили. C_{var} – Коэффициент вариации. * – собственные данные.

Сопоставление с кларками свидетельствуют о повышенном содержании в донных отложениях обследованной территории свинца, на среднемировом уровне находится содержание ртути, хрома, железа, марганца, дефицит характерен для меди, никеля, цинка.

Состав донных отложений складывается под влиянием состава пород водосборного бассейна. Как указывалось ранее, почвообразующие породы на описываемой территории характеризуется близкими к кларку концентрациями железа, хрома, кобальта, цинка, повышенным - марганца и свинца, сниженными - меди и никеля. Выявленные нами региональные особенности элементного состава донных отложений (повышенное по сравнению с кларком содержание свинца, окологларковые величины железа, хрома, марганца, низкое содержание никеля, меди, цинка, в целом соответствуют особенностям состава литогенной основы ландшафта.

Важным критерием для оценки геохимических свойств донных отложений исследуемой территории является сравнение полученных данных с усредненными показателями, характерными для фоновых районов севера Западной Сибири (Московченко, 1998). Донные отложения Приполярного и Северного Урала отличаются повышенным содержанием свинца (в 8,2 раза), марганца (в 2,4 раза), меди (в 2 раза), хрома (в 1,8 раз), железа (в 3,4 раза). Это в целом подтверждает высказывавшееся ранее мнение об уменьшении содержания микроэлементов в различных компонентах ландшафтов Западной Сибири по мере удаления от горного обрамления (Сысо, 2007). Подтверждением этому служит и тот факт, что в низовьях р. Северная Сосьва, к бассейну которой принадлежат обследованные нами реки, отмечен дефицит микроэлементов, за исключением кадмия и кобальта (Романова и др., 2009).

Таким образом, донные отложения рек на рассматриваемой территории характеризуются повышенным содержанием большинства микроэлементов по сравнению с отложениями нижних ступеней каскадной ландшафтно-геохимической системы. Подтверждается, что обогащенность почв и донных

отложений некоторых ландшафтно-геохимических провинций Западной Сибири связана с поступлением материала с Урала (Сорокина и др., 2001).

Снижено по сравнению со среднерегionalными показателями содержание Zn (в 8 раз) и Ni (в 3 раза). Особо обращает на себя внимание содержание цинка, которое в среднем ниже кларка литосферы в 25 раз, несмотря на то, что в почвах и породах района исследований цинк содержится в повышенных концентрациях.

Цинк относится к элементам сильного биологического накопления (Перельман, 1989), аккумулируется в напочвенном опаде и гумусовом горизонте почв. Активная биологическая аккумуляция препятствует выносу цинка. Как указывалось ранее, среднее содержание цинка в поверхностных водах на обследованной территории ниже среднемировых показателей. Очевидно, что низкое содержание цинка связано со слабо выраженной взвешенной формой миграции этого элемента, связанной с поверхностно-сорбированными формами на глинистых частицах, органических коллоидах, гидроксидах Fe и Mn. Способность цинка к катионообразованию в кислых водах приводит к тому, что в водах рек Западной Сибири цинк мигрирует преимущественно в растворенной форме (Конторович, 1968).

Следует отметить широкое варьирование концентраций практически всех элементов, кроме ртути и никеля (таблица 4.9). Различия в содержании железа, марганца, меди, свинца, хрома превышают три математических порядка. Таким образом, геохимическая структура, которая, согласно М.А. Глазовской, представляет собой чередование зон выщелачивания и обогащения, на территории исследований очень контрастная. Выявлен ряд участков с аномальными концентрациями свинца, большинство из которых расположены на территории Приполярного Урала и относятся к реке Хулга и ее притокам. Так, в устье р. Хальмерью отмечена концентрация свинца 419,8 мг/кг, в р. Хулга (ниже впадения р. Хальмерью) - 461,7 мг/кг, в устье р. Пупую (при впадении в р. Хулга) - 1437,8 мг/кг, в устье р. Мал.Хосая (при впадении в р. Хулга) - 448,3 мг/кг. Выявленные концентрации более чем на один математический порядок выше

порогового уровня токсичности свинца в донных отложениях, составляющего, по разным оценкам, от 35 мг/кг (MacDonald et al, 2000) до 46,7 мг/кг (Long et al, 1995).

Донные отложения - полигенетическое образование, их состав определяется особенностями геологического строения водосбора, наличием геохимических барьеров (сорбционных, окислительно-восстановительных, биогенных и др.), особенностями седиментогенеза в различных ландшафтных и геоморфологических условиях. Поэтому для уяснения основных факторов, определяющих состав донных отложений, необходимо провести анализ ландшафтных факторов и геологического строения.

Влияние ландшафтных условий на состав донных отложений изучено путем сопоставления горных и равнинных участков (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Состав донных отложений различных ландшафтно-геоморфологических комплексов

В мг/кг

Элементы	Приполярный Урал		Северный Урал	
	Низкогорно-предгорные эрозионные денудационные ландшафты (M/Me)	Ландшафты подгорных равнин (M/Me)	Низкогорно-предгорные эрозионные денудационные ландшафты (M/Me)	Ландшафты подгорных равнин (M/Me)
Свинец	8,1/4,1	156,6/7,0	116,6/7,7	23,1/4,2
Цинк	5,8/2,9	8,0/3,1	6,2/3,6	2,8/3,0
Медь	18,5/6,5	22,6/9,3	43,1/21,6	11,6/10,1
Ртуть	0,07/0,07	0,08/0,08	0,08/0,08	0,08/0,09
Марганец	1091,5/532,0	553,7/514,0	1551,1/1066,5	1615,7/1228,5
Хром	60,7/20,1	63,4/41,1	98,9/90,3	148,7/106,7
Никель	5,7/5,7	7,6/5,4	7,6/6,8	6,5/6,7
Железо	40863,7/16986,5	30050,1/20848,0	62283,0/47167,0	39238,9/39977,0
pH, ед.	5,9/5,9	6,0/6,1	5,8/5,7	5,6/5,5

M – Среднее арифметическое, Me – Медиана

Донные отложения низкогорных эрозионных денудационных ландшафтов Приполярного Урала характеризуются малыми величинами кларков концентрации всех микроэлементов, в том числе свинца. В условиях равнинных ландшафтов наблюдается аккумуляция марганца, хрома, железа. Вариативность микроэлементов здесь либо минимальная, либо средняя. Увеличение

концентрации элементов в нижних ступенях миграционного ряда дает основания для предположения о выносе веществ в составе жидкого и твердого стока с последующей аккумуляцией в условиях снижения скорости течения. Однако для меди, цинка, свинца отмечены существенные различия в распределении по высотным поясам для Приполярного и Северного Урала.

Рассмотрение состава донных отложений в различных бассейнах стока показывает значительную обогащенность в Верхнесосьвинском бассейне железом, свинцом, марганцем (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Элементный состав донных отложений в различных бассейнах стока Приполярного и Северного Урала

В мг/кг

Водосборный бассейн	Элементы							
	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb*	Cr	Hg
Хулгинский (n= 14)	29457	386	4,2	24,7	2,2	20,0	54	0,070
Маньинский (n=5)	17323	440	5,6	6,4	2,9	3,0	18	0,074
Щекуринский (n=6)	42191	892	6,8	46,1	3,9	7,2	103	0,085
Ятринский (n=11)	49053	1081	6,3	13,5	3,6	5,1	143	0,082
Вольинский (n=13)	16480	523	5,3	11,0	2,9	2,7	28	0,083
Верхнесосьвинский (n=9)	90221	2497	6,7	65,4	2,5	241,7	139	0,090
Кларк земной коры по А.П.Виноградову	46500	1000	58	47	83	16	83	0,083

* приведено значение медианы

Условия осадконакопления в водах характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды и повышенным, относительно других бассейнов, содержанием органического вещества (рисунок 4.2). Таким образом, формирование зон с аномальным содержанием свинца связано с накоплением на биогеохимическом барьере. В целом содержание органики связано высокой корреляционной зависимостью с содержанием меди ($r=0,78$), марганца ($r=0,76$), свинца ($r=0,74$). Существует сильная отрицательная зависимость ($r=-0,91$) между концентрацией цинка и величиной рН, что подтверждает положение о повышении миграционной активности этого элемента в кислой среде (Перельман, Касимов, 1999).

Для оценки влияния ландшафтных условий на процессы осадконакопления в пределах водосборного бассейна был проведен корреляционный анализ, в

котором учитывались средние концентрации элементов в донных отложениях и показатели ландшафтной структуры (таблица 4.12).

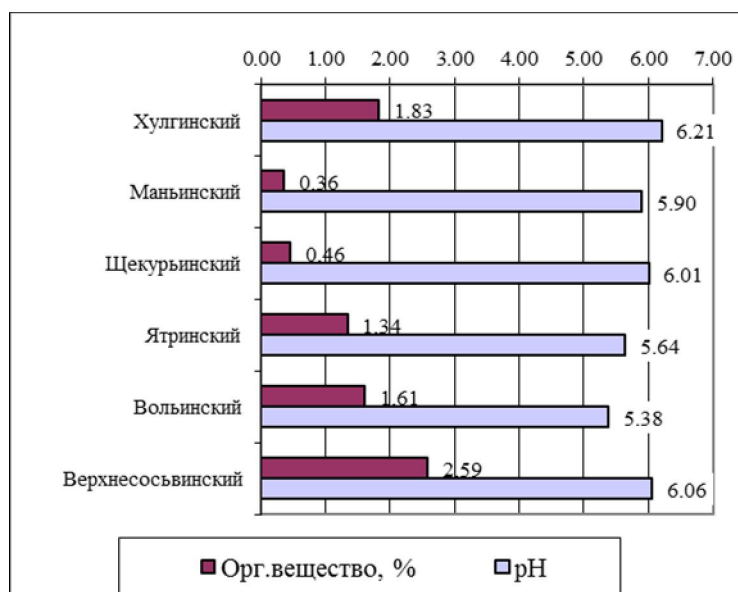


Рисунок 4.2 – Кислотно-щелочные условия и среднее содержание органических веществ в донных отложениях различных водосборных бассейнов

Таблица 4.12 – Парные коэффициенты корреляции между содержанием химических элементов, величиной pH и показателями ландшафтной структуры (долей площади ландшафтных комплексов различного типа)

Тип ландшафтного комплекса	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb	Cr	Hg	pH
Экзарационные и эрозионно-денудационные гольцово-тундровые	-0,66	-0,67	-0,84	-0,53	-0,59	-0,38	-0,81	-0,91	0,58
Эрозионно-денудационные тундрово-редколесные	-0,45	-0,40	-0,42	-0,41	-0,40	-0,18	-0,67	-0,66	0,38
Эрозионно-аккумулятивные низкогорных редколесий	0,29	0,46	0,72	0,30	0,44	0,30	0,24	0,88	-0,27
Трансаккумулятивные предгорных лесов	0,24	0,01	0,02	0,25	0,28	-0,14	0,58	-0,07	-0,36
Гидроморфные болотные	0,54	0,41	-0,23	0,24	-0,47	0,45	0,52	-0,09	0,15
Супераквальные речных долин	0,05	0,02	0,19	-0,21	0,48	-0,25	0,44	0,33	-0,60

Результаты отраженные в таблице, показывают, что при увеличении доли гольцово-тундровых ландшафтов наблюдается снижение концентрации всех элементов, особенно Ni, Cr, Mn, Hg и Fe. Причины этого – замедленность процессов химического выветривания, длительное промерзание грунтов, ослабленность миграции элементов в форме органо-минеральных и

железоорганических комплексов в условиях господства окислительной обстановки. Усиление накопления железа происходит при увеличении доли болотных ландшафтов, в которых железо интенсивно мигрирует в глеевой обстановке и осаждается на окислительном барьере в речных долинах и поймах. Наиболее благоприятные условия для обогащения донных осадков складываются при преобладании в ландшафтной структуре эрозионно-аккумулятивных ландшафтов низкогорных редколесий, где отмечено значительное накопление никеля и ртути.

В целом коэффициенты корреляции свидетельствуют о слабой зависимости от факторов ландшафтной структуры, сильная степень зависимости с величиной $r > 0,7$ наблюдается только в единичных случаях.

Таким образом, по сравнению с кларком земной коры дефицитными элементами донных отложений Приполярного и Северного Урала являются Zn и Ni, зачастую наблюдаются низкие концентрации Cu. На уровне кларка содержание Mn, Fe, Cr, Hg, повышенные концентрации выявлены у Pb. Сопоставление с сопредельной равнинной территорией Западной Сибири показало, что донные отложения обследованной территории обогащены таким элементами, как Mn, Fe, Cu, Pb, Cr. Практически все элементы демонстрируют значительную вариабельность, вплоть до многократного превышения кларка литосферы, что говорит о контрастных литогеохимических условиях и влиянии горных пород, обогащенных микроэлементами.

Для оценки общих закономерностей концентрирования и рассеяния элементов в ландшафтах различных бассейнов стока были вычислены коэффициенты накопления R_k , представляющие собой усредненное значение кларков концентрации $КК$ - отношений содержания элемента в объекте к величине кларка (либо иной базовой величины). Нами были вычислены значения R_k для почв (по отношению к кларку почв), донных отложений (по отношению к кларку литосферы) и поверхностных вод (по отношению к среднемировому содержанию в речных водах (Martin, Meybeck, 1979), рисунок 4.3.

Проведенные подсчеты показывают, что ландшафты Приполярного и Северного Урала отличаются высокой водомиграционной активностью за счет элементов группы железа, в почвах происходит накопление халькофильных свинца и цинка, для донных отложений характерно рассеяние веществ. Среди бассейнов стока наибольшие показатели аккумуляции в почвах и донных отложениях свойственны самому южному, Верхнесосьвинскому бассейну, отличающемуся более теплым климатом, активным биологическим круговоротом элементов, широким распространением трансаккумулятивных ландшафтных комплексов предгорных лесов. Активная аккумуляция на биогеохимическом барьере способствует закреплению в почвах и донных отложениях. Вместе с тем водомиграционные показатели здесь ниже, чем в других бассейнах. Наблюдается деление элементов на две группы в зависимости от их геохимических свойств – водная миграция максимальна для сидерофильных, в почвах накапливаются халькофильные цинк и свинец, только в южной части территории к ним присоединяется марганец за счет активизации гумусообразования. В Хулгинском бассейне накопление в почвах никеля связано с наличием геологических структур, вмещающих ультраосновные породы.

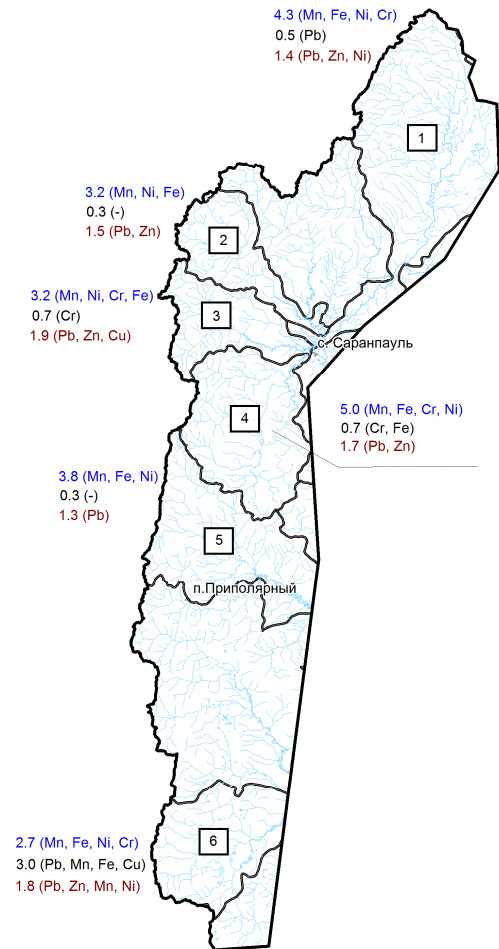


Рисунок 4.3 – Значения коэффициентов накопления элементов R_k в различных бассейнах стока

R_k синими цветом – в поверхностных водах, черным цветом – в донных отложениях, коричневым цветом – в почвах. В скобках – парагенетические ассоциации элементов с кларком концентрации > 1.

Выделенные водосборные бассейны: 1 – Хулгинский, 2- Маньинский, 3- Щекуринский, 4 – Ятринский, 5 – Вольинский, 6 – Верхнесосьвинский

ГЛАВА 5. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

5.1. Принципы классификации ландшафтно-геохимических систем

Ландшафтно-геохимический подход к изучению природных комплексов позволяет представить географическое пространство как совокупность территориальных объектов, каждый из которых имеет особые характеристики вещественного состава. Согласно принципу геохимической индивидуальности, каждый ландшафт имеет присущую только ему радиальную и латеральную геохимическую структуру, выражающуюся в индивидуальных соотношениях между подсистемами (Касимов, 2006). Однако уникальность каждой геохоры, особенно топологического и регионального порядков, не исключает необходимости их типизации (Сочава, 1974). Научный анализ многообразия ландшафтно-геохимических систем (ЛГС) невозможен без классифицирования, основанного на комплексе признаков и объективно отражающих их особенности, как инвариантные, так и переменные.

Геохимическая структура ландшафтов формируется в результате процессов миграции и аккумуляции вещества, т.е. вещественно-энергетического обмена, который является главным фактором самоорганизации. Как отмечалось Е.Г. Нечаевой (2011) ландшафтно-геохимический подход, с его функциональной направленностью на изучение вещественно-динамических аспектов геосистем позволяет оценить организацию ландшафта и управлять ею. Организованность ЛГС подразумевает их структурную упорядоченность, поэтому при классификации необходимо учитывать принцип иерархичности - соподчиненность природно-территориальных комплексов низшего ранга высшим.

Таким образом, классификация ЛГС должна характеризовать иерархически соподчиненные территориальные объекты различной размерности, отличающихся качественным своеобразием химического состава и характером протекающих процессов метаболизма. Поставленная задача оценки ландшафтно-геохимической

структуры Уральского Севера неразрешима без разработки системы критериев для выделения пространственных единиц и проведения границ между ними.

В.И. Вернадский, рассматривая проблемы организации биосферы, подчеркивал целесообразность применения ландшафтного подхода для изучения ее химической неоднородности (используя при этом термин «геохора» в качестве синонима ландшафта). «В биосфере... можно различать различные геохоры, имеющие зональный характер, тесно связанные с климатом, с его поясами, явно химически неодинаковыми» (Вернадский, 2001). На современном этапе преобладает подход, при котором главным способом выделения территориальных ландшафтно-геохимических единиц является первоначальный анализ ландшафтной структуры (на основании геоморфологических, почвенных, геоботанических критериев). Географическое положение, рельеф и геологический субстрат определяют климатические и почвенно-эдафические условия, их варьирование находит отражение в структурных характеристиках фитоценозов, развитии различных типов почв и почвенных комбинаций. Индикаторные свойства почвенно-растительного покрова дают необходимую информацию о комплексе факторов природной среды, выполняемых ландшафтными комплексами функций, их устойчивости и особенностях метаболизма. Таким образом, выделение ландшафтных единиц основывается на зонально-климатических, геолого-геоморфологических особенностях, структуре растительного покрова. На следующем этапе проводится геохимическая интерпретация выделенных ландшафтных единиц, основанная на материалах опробования различных природных сред, прежде всего почв, отражающих в своем составе инвариантные свойства геосистем (Семенов, 1991). Такие критерии ландшафтно-геохимической дифференциации территории, как интенсивность миграционных процессов, определяются по рельефу и абсолютной высоте местности, учитывается также неоднородность физических свойств почвенно-грунтовых толщ как фактора миграции (Нечаева, 2010).

Разработанная классификация ЛГС является основой для их картографирования. Составление ландшафтно-геохимических карт

рассматривается как способ синтеза информации, позволяющего охарактеризовать не отдельные компоненты ландшафта, а систему в целом (Перельман, Касимов, 1999). Поэтому выбор критериев для классификации, разработка классификационной схемы и дальнейшее выделение контуров на карте требуют тщательного анализа всего комплекса факторов, определяющих особенности ландшафтно-геохимической структуры территории. Как отмечалось А.Ю. Опекуновым (2012), вопрос границ – основной для понимания организации геосистем.

При проведении ландшафтно-геохимического картографирования Приполярного и Северного Урала классифицирование ландшафтно-геохимических систем проводилось нами в соответствии со следующими критериями. На первом этапе в зависимости от типоморфных элементов водной миграции выделены надрегиональные типологические единицы – классы ландшафтов. При мелкомасштабном ландшафтно-геохимическом картографировании бывшего СССР рассматриваемая территория была отнесена к Уральской лесной провинции, характеризующейся доминированием ландшафтов кислого (H^+) и кислого глеевого (H^+-Fe^{2+}) классов водной миграции (Перельман, 1999). Однако многие ЛГС занимают промежуточное положение, т.к. их почвы имеют слабые, иногда скрытые признаки оглеения профиля, реакция почвенных растворов близкая к нейтральной, величина рН поверхностных вод меняется в течение года, переходя от слабокислой к нейтральной. Причина слабого проявления оглеения – кратковременность периода застоя влаги во время сезонного оттаивания почвенной толщи, активная вертикальная и радиальная миграция почвенных вод при значительном содержании в профиле грубообломочного материала. Близкая к нейтральной реакция почв связана с большим количеством поглощенных оснований, относительно слабым продуцированием органических кислот в условиях длительного холодного периода. Поэтому горно-таежные лесные геосистемы на подзолистых почвах со слабо выраженными в морфологическом строении профиля признаками оглеения, распространенные на элювиально-делювиальных отложениях в нижних частях

пологих склонов, представляют собой переход от ландшафтов кислого к ландшафтам кислого глеевого класса. Можно добавить, что вопрос о соотношении между глеевым и подзолистым процессами почвообразования до сих пор является предметом дискуссии почвоведов. Поэтому вопрос о типологической принадлежности многих ЛГС к тому или иному классу, при отсутствии четких количественных критериев их разграничения, не вполне ясен. Нами ландшафты с таежными и горно-тундровыми фитоценозами, развитыми на почвах со слабым или скрытым проявлением оглеения в условиях кратковременного застоя грунтовой влаги (подзолистые, подзолисто-глеевые) отнесены к классу ландшафтов переходному от кислого к кислому глеевому (H^+ – H^+ - Fe^{2+}).

В южной части территории, в низкогорьях и предгорьях Северного Урала, на делювии средних пород распространены почвы, имеющие близкую к нейтральной реакцию ($pH_{вод}=5,8-6,5$), высокую насыщенность основаниями, относительно большое содержание органических веществ (4-8%) и темное равномерное окрашивание почвенного профиля, свидетельствующее о значительном количестве гуминовых кислот. Данные почвы отнесены к буроземам, в которых не проявляется оглеение из-за наличия устойчивого внутрипочвенного бокового стока вследствие чего исключается застой влаги. При этом профиль обогащается за счет бокового подтока гумусовых веществ и элементов минерального питания (Семиколенных и др., 2013). Поверхностные воды этой территории характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом и реакцией, близкой к нейтральной в теплое время года. На основании указанных факторов на юге описываемой территории под лесами смешанного состава с горными буроземами нами выделен класс ландшафтов переходный от кислого к кальциевому (H^+ - Ca^{2+}).

Затем с учетом особенностей миграции и аккумуляции вещества, зависящих от геоморфологических условий, были выделены роды ландшафтов – от геохимически автономных элювиальных до подчиненных аккумулятивных (субаэральных и супераквальных). При таком подходе отражается система

ландшафтных сопряжений, характеризующих особенности миграции веществ в региональном масштабе - от горных ландшафтов с абсолютным доминированием элювиальных и трансэлювиальных ландшафтно-геохимических комплексов, до ландшафтов предгорных депрессий и гидроморфных низин с господством аккумулятивных комплексов.

В соответствии с М.А. Глазовской (1988), классификацию родов геохимических ландшафтов можно представить в форме матрицы, в которой осями координат являются положение в миграционном ряду (от элювиальных до аккумулятивных) и особенности водного режима (субэральные – супераквальные – субаквальные ЛГС). Как правило, выделение родов ландшафтов проводится на основании совмещения этих критериев, причем супер- и субаквальные причисляются к аккумулятивным. Подобная схема выделения родов ландшафтов обладает простотой и наглядностью, тем не менее существуют разночтения в определении типологической некоторых ландшафтов. Например, верховые болота на основании орографического местоположения на верхних ступенях миграционного ряда иногда относят к элювиальным ландшафтам, подчеркивая этим их автономное местоположение и независимость от поступления веществ из смежных геосистем. К примеру, такой подход был реализован при классификации геохимических ландшафтов северо-западной части Кольского полуострова (Кузьменкова, 2010). Однако, по М.А. Глазовской (1988), верховые болота, несмотря на водораздельное местоположение и питание атмосферными водами, относятся к супераквальным ландшафтам.

На исследованной нами территории Приполярного и Северного Урала болота, как правило, расположены в пределах подгорных равнин и занимают пониженные элементы рельефа. В соответствии с орографией, типом растительности и почв нами выделено два рода геохимических ландшафтов, относящихся к болотам – субсупераквальные автономные (верховые) и субсупераквальные подчиненные (переходные и низинные). Всего на исследованной территории выделено 7 родов ЛГС: элювиальный (эрозионно-денудационные ландшафты вершин гор и верхних частей склонов),

трансэлювиальный (средние части склонов), трансэлювиально-аккумулятивный (нижние части пенеуплензированных склонов, ложбины, эрозионно-аккумулятивные нагорные террасы), трансаккумулятивный (подгорные депрессии, сниженные участки древнеаллювиальных террас), супераквальный (речные долины и поймы), субсупераквальный автономный (верховые болота) и супсупераквальный подчиненный (переходные и низинные болота).

Дальнейшее разграничение ландшафтных комплексов было выполнено нами на основе анализа структуры почвенно-растительного покрова. Структура растительности и соответствующие фитоценозам типы почв являются интегральным показателем состояния геосистем в пространстве и во времени. Использование индикаторной роли растительного покрова сводится к выделению фитоценозов, которые отражают наиболее важные для данной территории факторы природной среды, характеризуют особенности почвообразующих пород, почв и связанных с ними миграционными потоками донных осадков и поверхностных вод. Таким образом, при проведении классификации ЛГС учитывались характерные экологические группы видов растений, которые индицируют наиболее специфические для данной территории, дифференцирующие факторы ландшафтно-геохимической структуры. Так, сосновые кустарничково-лишайниковые леса являются индикатором песчаных покровных отложений с иллювиально-железистыми подзолами, отличающихся весьма бедным химическим составом, слабовыраженными геохимическими барьерами и интенсивной латеральной и радиальной миграцией веществ. Темнохвойные леса на глееподзолистых почвах характеризуются типичным таежным метаболизмом, при котором особенности окислительно-восстановительного режима, биоаккумуляция ряда веществ в напочвенной подстилке и поверхностном органогенном горизонте, обогащенность недоокисленными органическими соединениями активизирует подвижность минеральных и органо-минеральных соединений и создают особую геохимическую структуру ландшафтных комплексов. При усилении гидроморфности территории ограничение окислительных процессов вследствие

избыточно-поверхностного увлажнения почв задерживает трансформацию отмерших органических остатков и ведет к образованию торфяного горизонта, который, аккумулируя атмосферную влагу, способствуют дальнейшему усилению поверхностного оглеения почв и формированию торфяно-подзолисто-глеевых почв. Индикаторами этих условий являются леса с кустарничково-сфагновым покровом, которые характеризуются замедленным круговоротом веществ и аккумуляцией некоторых химических элементов в толще сфагнового торфа.

5.2. Ландшафтно-геохимическое картирование и его прогнозно-оценочное значение

На основании указанных критериев была составлена ландшафтно-геохимическая карта масштаба 1 : 200 000, охватывающая территорию Приполярного и Северного Урала в пределах ХМАО-Югры. В качестве исходных материалов, помимо данных геохимического опробования, были использованы геологическая, почвенная и ландшафтно-типологическая карты. Основные территориальные ландшафтно-геохимические системы были выделены по данным ландшафтно-типологической карты после ее уточнения и генерализации.

Всего на карте нашли отображение 192 вида ЛГС, относящихся к 7 родам и 4 классам водной миграции. Детальное деление территориальных ландшафтно-геохимических систем, помимо принадлежности к определенному классу водной миграции и роду по положению в ряду миграции, проведено с учетом генезиса почвообразующих пород, состава фитоценозов и типа почв. Фрагменты карты для горной территории и подгорных равнин приведены на рисунке 5.1. Легенда-экспликация к карте отражена в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Легенда-экспликация к ключевым участкам ландшафтно-типологической карты

а) Горный участок

Индекс выдела	Вид геохимического ландшафта	Интенсивность миграции	Особенности накопления элементов на геохимических барьерах
Класс. Кислый (Н⁺)			
<i>Род. Элювиальный</i>			
Э1-1	Скально-осыпные поверхности вершин с сообществами эпилитных лишайников на элювии метаморфизированных сланцев	Высокая	-
Э1-3	Верхние части склонов с лишайниковыми горными тундрами на горно-тундровых примитивных фрагментарно-оторфованных почвах	Высокая	Накопление на биогеохимическом барьере Cd, Zn, Pb
Э1-4	Верхние части склонов с кустарничково-лишайниково-моховыми горными тундрами на горно-тундровых примитивных фрагментарно-оторфованных почвах	Высокая	Накопление на биогеохимическом барьере Cd, Zn, Pb
Э1-6	Привершинные части склонов с кустарничково-лишайниковыми тундрами на горно-тундровых торфянисто-перегнойных почвах (горных подбурах перегнойных)	Высокая	Слабое накопление на биогеохимическом барьере Pb, слабый сорбционный барьер в иллювиальном гор-те
Э1-12	Верхние части склонов с кустарничково-моховыми каменистыми тундрами на горно-тундровых торфянисто-перегнойных почвах	Высокая	Накопление на биогеохимическом барьере Cd, Zn, Pb, сорбционный барьер в нижней части профиля
Э1-13	Верхние части склонов с ерниковыми мохово-лишайниковыми тундрами на горно-тундровых примитивных фрагментарно оторфованных почвах	Высокая	Накопление на биогеохимическом барьере Cd, Zn, Pb
<i>Род. Трансэлювиальный</i>			
ТЭ1-1	Средние части склонов с ерnikово-моховыми тундрами на горно-тундровых торфянистых почвах	Высокая	Накопление на биогеохимическом барьере Cd, Zn, Pb, Cu
ТЭ1-2	Нижние части склонов с кустарниковыми (ерниково-ольховниковыми) моховыми горными тундрами на сухоторфяно-подбурах	Высокая	Слабое биогенное накопление Cd, Pb
ТЭ1-6	Средние части склонов с кустарничково-моховыми каменистыми тундрами на горно-тундровых примитивных фрагментарно оторфованных почвах	Высокая	Слабое биогенное накопление Cd, Pb

Продолжение таблицы 5.1

Индекс выдела	Вид геохимического ландшафта	Интенсивность миграции	Особенности накопления элементов на геохимических барьерах
ТЭ1-8	Нижние части пологих склонов с березово-елово-кедровыми лесами на горных слабоподзолистых почвах	Повышенная	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
ТЭ1-9	Нижние части склонов с лиственнично-березовыми, елово-березовыми кустарничково-зеленомошными лесами на горных слабоподзолистых почвах	Средняя	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
ТЭ1-14	Нижние части склонов с темнохвойными (кедрово-еловыми) кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами на горных слабоподзолистых почвах	Повышенная	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
ТЭ1-18	Нижние части склонов с кедрово-березовыми кустарничково-лишайниковыми лесами на подзолах иллювиально-железистых	Повышенная	Слабо выраженный биогеохимический барьер с накоплением Pb
ТЭ1-19	Средние части склонов с сосново-березовыми кустарничково-зеленомошными лесами на горных подзолистых типичных почвах	Повышенная	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
<i>Род. Трансэлювиально-аккумулятивный</i>			
ТЭА1-5	Нижние части склонов с редкостойными лиственничными ерниково-кустарничково-моховыми лесами на сухоторфяно-подбурах	Повышенная	Биогеохимический барьер с накоплением Pb, Cd
Класс. Переходный от кислого к кислому глеевому (H^+ - H^+-Fe^{2+})			
<i>Род. Трансэлювиально-аккумулятивный</i>			
ТЭА2-4	С лиственничными кустарничково-моховыми лесами на горных глееподзолистых почвах	Повышенная	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Mn, Cd, сорбционный (Ni, Cr) в иллювиальном горизонте

Продолжение таблицы 5.1

Индекс выдела	Вид геохимического ландшафта	Интенсивность миграции	Особенности накопления элементов на геохимических барьерах
ТЭА2-6	С кедрово-еловыми кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами на глееподзолистых почвах	Повышенная	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Mn, Cd, сорбционный (Ni, Cr) в иллювиальном горизонте
Класс. Кислый глеевый (H⁺-Fe²⁺)			
<i>Род. Супераквальный</i>			
СА3-1	Долины рек с тундровыми ерниково-моховыми, ерниково-ивняковыми гигрофитно-травяными луговинами на аллювиальных торфяно-глеевых почвах	Высокая	Накопление на биогеохимическом барьере Pb, Mn, Cd, восстановительный глеевый барьер в нижней части профиля почв
СА3-3	Долины рек с кустарниково-лугоболотными сериями сообществ (ивняково-моховыми, ивняково-травяными, ерниково-моховыми) на торфяно-мелкоподзолисто-глеевых почвах	Пониженная-средняя	Накопление на биогеохимическом барьере Pb, Mn, Cd, сорбционный барьер
СА3-6	Долины рек с елово-кедровыми кустарничково-моховыми лесами в комплексе с кустарниковыми прибрежными сообществами и осоково-сфагновыми болотами на торфяно-подзолисто-глеевых почвах	Средняя	Биогенный, восстановительный глеевый, сорбционный барьеры

б)участок подгорных равнин

Индекс выдела	Вид геохимического ландшафта	Интенсивность миграции	Преобладающие геохимические барьеры
Класс. Кислый (H⁺)			
<i>Род. Трансэлювиальный</i>			
ТЭ1-19	Нижние части склонов низкогорий с сосново-березовыми кустарничково-зеленомошными лесами на горных подзолистых типичных почвах	Пониженная	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu)

Продолжение таблицы 5.1

Индекс выдела	Вид геохимического ландшафта	Интенсивность миграции	Преобладающие геохимические барьеры
ТЭ1-20	Нижние части склонов низкогорий с елово-кедрово-березовыми кустарничково-моховыми лесами на горно-таежных подбурах	Пониженная	Биогеохимический барьер с накоплением Pb, Cd
<i>Род. Транслювиально-аккумулятивный</i>			
ТЭА1-11	Эрозионно-аккумулятивные слабонаклонные поверхности предгорий с сосновыми кустарничково-лишайниковыми лесами на подзолах иллювиально-железистых	Пониженная	Слабо выраженный биогеохимический барьер с накоплением Pb
Класс. Переходный от кислого к кислому глеевому (H^+ - H^+-Fe^{2+})			
<i>Род. Транслювиально-аккумулятивный</i>			
ТЭА2-6	Эрозионно-аккумулятивные пологонаклонные слаборасчлененные поверхности низкогорий с темнохвойными кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами на глееподзолистых почвах	Низкая	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Mn, Cd, сорбционный (Ni, Cr) в иллювиальном горизонте
ТЭА2-8	Эрозионно-аккумулятивные пологонаклонные слаборасчлененные поверхности низкогорий с сосновыми кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами на горных подзолисто-глеевых почвах	Пониженная	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
ТЭА2-17	Пологонаклонные слаборасчлененные поверхности подгорных равнин с темнохвойными кустарничково-зеленомошными лесами на подзолисто-глеевых почвах	Низкая	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
ТЭА2-19	Пологонаклонные подгорные равнины с березово-сосновыми кустарничково-моховыми лесами на подзолисто-глеевых почвах	Низкая	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, сорбционный в иллювиальных горизонтах (Ni, Cr, Cu).
ТЭА2-32	Придолинные участки подгорных равнин с кедрово-елово-березовыми кустарничково-моховыми лесами на глеетаежных неоподзоленных почвах	Низкая	Накопление на биогеохимическом барьере Pb, Mn, Cd, восстановительный глеевый барьер в нижней части профиля почв

Продолжение таблицы 5.1

Индекс выдела	Вид геохимического ландшафта	Интенсивность миграции	Преобладающие геохимические барьеры
<i>Род. Супераквальный</i>			
СА2-1	Долины рек с еловыми травяно-моховыми лесами в комплексе с кустарниковыми прибрежными сообществами на глееподзолистых почвах	Низкая	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Pb, Mn, Cd, восстановительный глеевый барьер в нижней части профиля почв
СА2-2	Долины рек с березовыми кустарничково-травяно-моховыми лесами в комплексе с травяно-злаковыми лугами на аллювиальных дерново-глеевых почвах	Низкая	Биогенный, восстановительный глеевый, сорбционный барьеры
СА2-4	Пойменно-долинные комплексы с елово-березовыми кустарничково-моховыми лесами в сочетании с кустарниковыми ивняками на аллювиальных серогумусовых почвах	Низкая	Биогенный, восстановительный глеевый, сорбционный барьеры
Класс. Кислый глеевый (H⁺-Fe²⁺)			
<i>Род. Транслювиально-аккумулятивный</i>			
ТЭА3-4	Нижние части пологих склонов низкогорий с сосновыми кустарничково-сфагновыми заболоченными лесами на торфяно-глеевых почвах	Низкая	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Pb, Mn, Cd, восстановительный глеевый барьер
ТЭА3-11	Плоские аллювиальные террасы с елово-кедрово-сосновыми, березово-сосновыми кустарничково-моховыми лесами на глееподзолистых почвах	Низкая	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Mn, Cd, сорбционный (Ni, Cr) в иллювиальном горизонте
<i>Род. Трансаккумулятивный</i>			
ТА3-4	Аккумулятивные слабонаклонные поверхности предгорий с кедрово-березово-еловыми сфагновыми заболоченными лесами на торфяно-подзолисто-глеевых почвах	Низкая	Накопление на биогеохимическом барьере Zn, Pb, Mn, Cd, восстановительный глеевый барьер
<i>Род. Супераквальный</i>			
СА3-4	Долины рек с заболоченными елово-березовыми кустарничково-моховыми лесами на торфяно-подзолисто-глеевых почвах	Низкая	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn, восстановительный глеевый барьер

Продолжение таблицы 5.1

СА3-10	Долины рек с березово-сосновыми кустарничково-моховыми лесами в комплексе с осоково-сфагновыми болотами на аллювиальных дерново-глеевых почвах	Низкая	Биогеохимический барьер с накоплением Cd, Mn. Восстановительный глеевый барьер, местами у уреза воды-окислительный с осадением Fe
СА3-15	Долины рек с кедрово-елово-лиственничными кустарничково-моховыми лесами в комплексе с ивняками травяными и разнотравно-осоково-злаковыми лугами на аллювиальных дерново-глеевых почвах	Низкая	То же
<i>Род. Субсупераквальный автономный</i>			
ССАа6	Плоские поверхности аллювиальных террас с ерничково-кустарничково-сфагново-лишайниковыми на грядах, осоково-пушицево-сфагновыми в западинах, грядово-мочажинными болотами на олиготрофных торфяно-глеевых почвах	Низкая	Восстановительный глеевый барьер, биогенное накопление Mn, Cd, Ni, сорбционный барьер, латеральные барьеры по краям болота
ССАа9	Плоские поверхности аллювиальных террас с ерничково-осоково-кустарничково-сфагновыми бугристыми болотами на олиготрофных торфяно-глеевых почвах	Низкая	То же
<i>Род. Субсупераквальный подчиненный</i>			
ССАп3	Плоские поверхности аллювиальных террас с осоково-сфагновыми болотами на болотных мезоевтрофных торфяных почвах	Низкая	То же

Легенда карты содержит информацию об интенсивности миграции вещества и преобладающих геохимических барьерах. Критерии для их выделения требуют пояснения. Геохимические барьеры – участки земной коры, на которых происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и как следствие, их концентрация. Различают механические, физико-химические и биогеохимические барьеры. Среди физико-химических барьеров выделены кислородный, глеевый, щелочной, сероводородный, сорбционный, испарительный, термодинамический (Перельман, 1975). Механические барьеры представляют собой участки с резким уменьшением интенсивности

механического перемещения веществ и соответственно их отложения. Биогеохимические барьеры обусловленные накоплением химических элементов растительными и животными организмами, свойственны всем почвам, но их роль в процессах аккумуляции сильно меняется в зависимости от типа почв и мощности органогенных горизонтов.

Характеристика геохимических барьеров проводилась нами по преобладающему типу почв и особенностям латеральных ландшафтно-геохимических сопряжений. По особенностям радиальной геохимической структуры выделяют две группы почв (Гаврилова и др., 1983):

- почвы слабой геохимической дифференциации, для которых нехарактерно накопление вещества на геохимических барьерах (в первую очередь, подзолы);
- почвы с выраженной геохимической дифференциацией профиля и наличием сорбционного, глеевого, кислородного, биогенного барьеров как следствие поверхностного и грунтового оглеения, торфонакопления и др.

Выявленные ранее (гл. 3.3) закономерности радиальной дифференциации элементов в почвах различной типологической принадлежности позволили охарактеризовать геохимические барьеры, присущие различным ЛГС.

В подзолах геохимические барьеры слабо выражены, на поверхности выделяется биогеохимический барьер малой мощности и сорбционный барьер в иллювиальном горизонте. Роль этих барьеров невелика и в почвах в целом преобладает кислое выщелачивание. В горно-тундровых почвах выражен биогеохимический барьер, на котором накапливаются халькофильные Zn, Cd, Pb.

Подзолистый процесс сопровождается выносом из подзолистого горизонта и накоплением на сорбционном барьере в нижней части профиля Fe и его геохимических спутников (Ni, Cr), а также Cu. Для торфяно-подзолисто-глеевых почв характерно наличие биогенного и глеевого барьеров. Основным фактором радиальной дифференциации элементного состава является биогенная аккумуляция в торфе Cu, Pb, Mn, в минеральной части преобладают процессы кислого оглеения, часто кислого глеевого выщелачивания с выносом большинства

элементов в форме органических комплексов с аккумуляцией на сорбционном барьере.

Торфяные почвы подгорных равнин выступают в качестве биогенного геохимического барьера, на котором накапливаются Mn, Fe, Cr, Ni. Сорбция элементов (т.е. наличие сорбционного барьера) в торфе может проявляться при поступлении техногенных потоков. Вместе с тем краевые участки болот выступают в качестве латеральных геохимических барьеров. Здесь наблюдается повышенная сорбционная способность почв и динамичность щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий. В краевой зоне болота относительно концентрируются Cr, Pb, Ni, V, P, рассеиваются Na, Ca, Mn, K, Si, Mg, что позволяет выделить здесь физико-химические классы барьеров (сорбционный, кислый и глеевый) (Страх, Ивашкевич, 2000). Уменьшение pH в краевой зоне болота позволяет выделить здесь кислый барьер, а смена окислительной обстановки на восстановительную глеевую обстановку - глеевый барьер. Сорбционный формируется благодаря увеличению сорбционной способности торфяного горизонта по сравнению с генетическими горизонтами минеральных почв. В почве краевой зоны болота установлен комплексный барьер, образованный в результате сложного совмещения физико-химического и биогеохимического барьеров.

Латеральные геохимические барьеры также ярко выражены в речных поймах, где наблюдается выход глеевых грунтовых вод. Здесь выражен кислородный барьер, для которого характерно накопление гидроксидов железа с примесью гидроксидов марганца. Визуально это прослеживается в форме коллоидов по берегам рек.

При оценке миграционных процессов в ландшафте распространен подход, согласно которому их интенсивность определяются по рельефу и абсолютной высоте местности. К примеру, для Байкальского региона к участкам слабой миграции отнесены подгорные равнины с высотами до 700 м, средней – высокие плато и подгорные шлейфы (600 –900 м) и т.д. (Нечаева, 2010). Нами в качестве критерия интенсивности миграции избраны средние уклоны поверхности для

каждого выдела ландшафтно-геохимической карты. Подсчет крутизны склонов проводился с применением программ программы GST (Geospline Technology) и TNTmips (разработчик - MicroImages). В соответствии с величинами уклонов, выделены участки с разной степенью интенсивности миграции, от низкой (уклоны менее 2°) до высокой (уклоны более 10°) (рисунок 5.2).

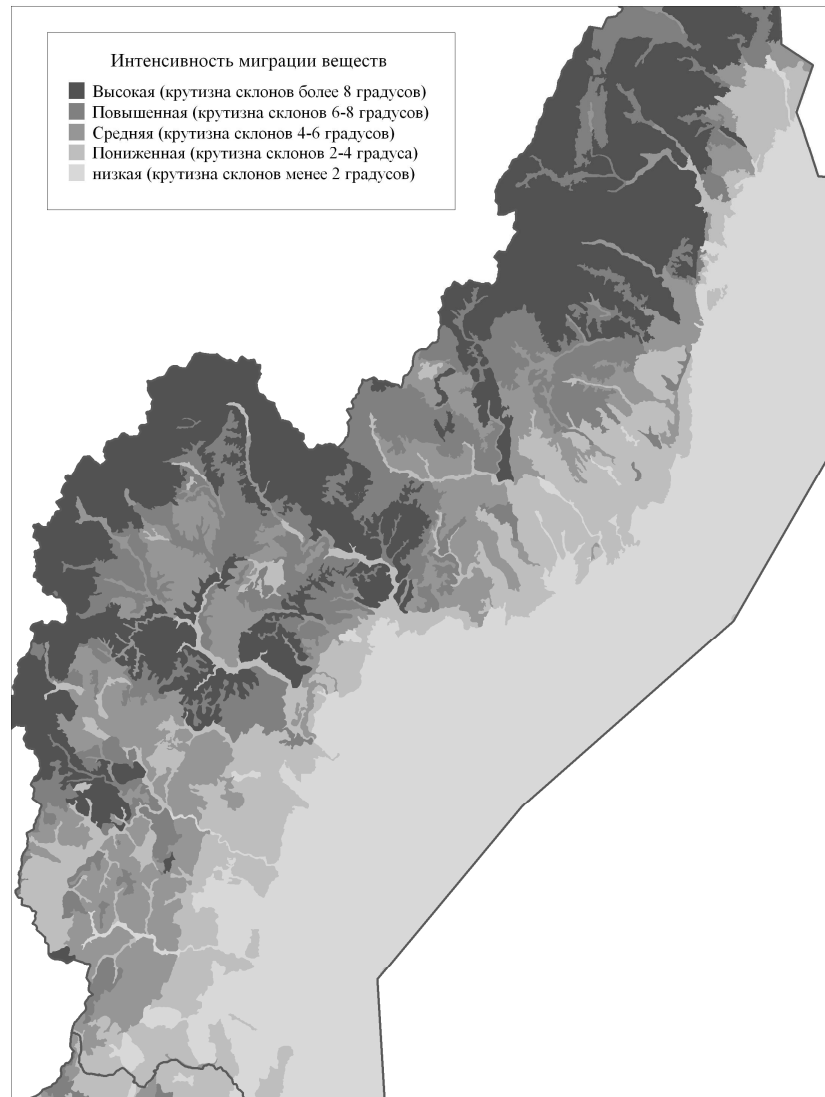


Рисунок 5.2 – Карта интенсивности миграции веществ (фрагмент)

Трансэлювиальные ландшафты относятся преимущественно к кислому классу, однако на Северном Урале наблюдается рост площади ЛГС, относящихся к переходным от кислого к кислому глеевому и кальциевому. Доля элювиальных ландшафтов на Приполярном Урале существенно выше, чем на Северном, где орто- и параэлювиальные ландшафты имеют крайне незначительное

распространение, а склоны гор сложенные делювием и пролювием, отнесены к трансэлювиальным комплексам. В речных долинах и поймах доминируют ландшафты кислого глеевого класса.

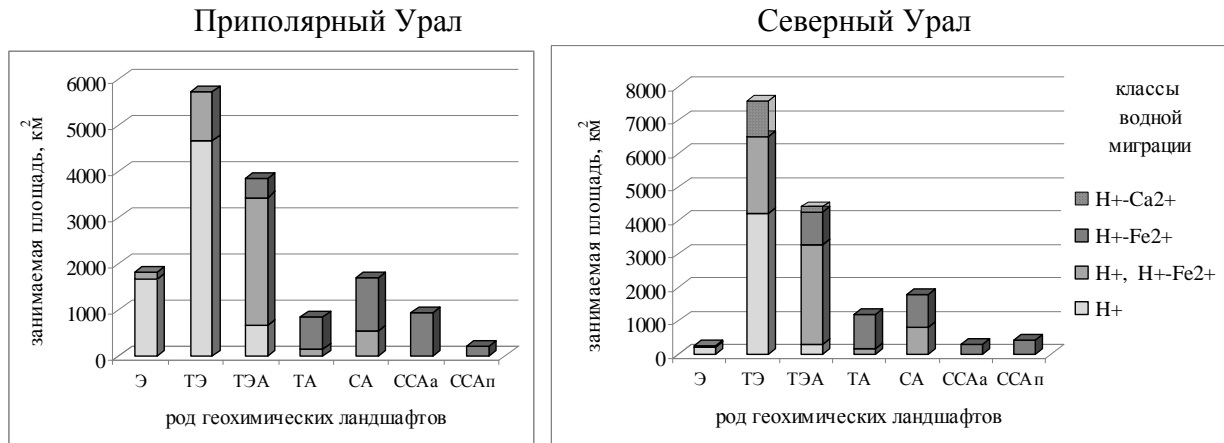


Рисунок 5.3 – Площади, занимаемые ЛГС Приполярного и Северного Урала (с подразделением по родам геохимических ландшафтов): роды ландшафтов (Э - элювиальные, ТЭ - трансэлювиальные, ТЭА - трансэлювиально-аккумулятивные, ТА - трансаккумулятивные, СА - супераккумулятивные, ССАа - супераккумулятивные автономные (верховых болот), ССАп - супераккумулятивные подчиненные (переходных и низинных болот)

После составления ландшафтно-геохимической карты можно переходить к определению тенденции развития конкретных изменений в изучаемом регионе (Алексеев, 2000). Таким образом, ландшафтно-геохимическая карта, отражающая основные закономерности миграции и аккумуляции вещества, является основой для оценочных карт, направленных на прогнозирование возможных последствий техногенной трансформации.

ГЛАВА 6. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА

На территории Приполярного и Северного Урала в пределах ХМАО-Югры планируется развитие шести потенциальных горно-промышленных узлов (ПГПУ) и объединяющего их транспортного коридора (рисунок 6.1). Проекты освоения предполагают добычу широкого круга полезных ископаемых – руд черных цветных, благородных металлов, бурого угля, кварца, строительных материалов. Известны три группы технологий добычных работ: горная (открытая и подземная), геотехнологическая и гидромеханическая. Предполагаемые месторождения Уральского севера будут осваиваться горным и геотехнологическим способами.

Горнопромышленная деятельность сопровождается выбросами в атмосферу, сбросами загрязнителей в поверхностные воды, значительными изменениями рельефа местности, образованием огромных объемов отходов производства, которым относятся отвалы пустых пород и хвостохранилища (Иванов, 2014). Планируемое освоение месторождений минерального сырья делает актуальной задачу прогнозирования экологических последствий и формирования системы сбалансированного природопользования, при котором экосистемы понесут минимальный ущерб, а степень техногенной трансформации будет допустимой.

Ю.М. Семеновым подчеркивалась



Рисунок 6.1 –
Потенциальные горно –
промышленные узлы ХМАО-
Югры

необходимость внедрения инструментов ландшафтного планирования для обеспечения экологической политики природопользования в регионах Сибири (2014). Многие экологические проблемы вызваны не только несовершенством промышленных технологий, но разрушением основ существования ландшафта, пренебрежением к его структуре (Солодянкина и др., 2013).

Процессы загрязнения окружающей среды проявляются во всех видах горнодобывающей деятельности, как на этапе разработки месторождения и производства конечной продукции, так и ликвидации (консервации) самого предприятия (Геохимия..., 1990; Семячков и др., 2013).

Необходимо подчеркнуть долговременность влияния планируемого горнопромышленного комплекса на все компоненты ландшафта (загрязнение окружающей среды рудными и попутными компонентами), в том числе опасность сокращения рыбных ресурсов округа (Хакназаров, 2003), прежде всего ценных и охраняемых.

Учитывая высокую опасность загрязнения, ландшафтно-геохимические исследования являются необходимым звеном в решении вопросов рационального природопользования. Круг задач, решение которых невозможно без применения ландшафтно-геохимических исследований, весьма широк. К ним относятся: прогнозная оценка реакции экосистем на техногенное воздействие и связанная с ней оценка устойчивости, организация эколого-геохимического мониторинга, а также разработка показателей нормирования воздействия.

В общем виде область применения ландшафтно-геохимических исследований для разработки научно-обоснованной программы мониторинга горно-промышленных узлов можно представить в виде блок-схемы (рисунок 6.2).

Особенно актуальной является задача формирования научно-методической основы эколого-геохимического мониторинга на разном уровне организации геосисем – локальном и региональном. Экологический мониторинг является важнейшим блоком природоохранной деятельности. Однако при надлежащей постановке не менее важна и его роль как источника данных для решения фундаментальных научных задач, в частности, оценки структуры и динамики

геосистем в условиях внешнего воздействия. Одним из главных инструментов решения географических проблем остается пространственно-временной контроль параметров вещественной составляющей природных и природно-антропогенных систем локального и регионального уровней организации (Нечаева, Давыдова, 2008).



Рисунок 6.2 – Блок-схема основных направлений разработки ландшафтно-геохимических основ рационального природопользования

В РФ правовое регулирование экологического мониторинга базируется на Законе РФ «Об охране окружающей среды» (ст. 5, 6, 63), Законе РФ «Об охране атмосферного воздуха», Законе РФ «Об особо охраняемых природных территориях» (ст. 7), Законе РФ «О недрах», Законе РФ «О животном мире», «Водном кодексе РФ», «Лесном кодексе РФ», постановлении Правительства РФ от 31.03.2003 г. № 177 «Об организации и осуществлении государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)» и других нормативно-правовых актах. На участках недропользования ХМАО-Югры проведение геохимического мониторинга является обязательным и входит в условия лицензионного соглашения. В округе разработаны и утверждены требования к определению исходной загрязненности

компонентов природной среды, проектированию и ведению локального экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр (Постановление..., 2003, 2011). В настоящее время для оценки состояния природной среды и выявления ее динамики на территории ХМАО-Югры создана сеть пунктов наблюдений, охватывающая более 250 нефтяных месторождений. Расположение пунктов мониторинга нацелено на максимально эффективное отражение влияния промышленных объектов; плотность пунктов наблюдений зависит от показателей техногенной нагрузки и составляет 1 пункт на 10-20 км² (Бабушкин и др., 2007). Система мониторинга на территории округа показала свою эффективность и способствовала оздоровлению экологической ситуации, в частности, отмечено снижение уровня нефтяного загрязнения гидросферы по сравнению с уровнем 90-х гг. XX столетия (Московченко, Бабушкин, 2014).

Однако воздействие на природную среду планируемой горно-промышленной деятельности на территории Приполярного и Северного Урала будет существенно отличаться от влияния нефтедобычи на равнинной территории Западной Сибири, как по характеру воздействия, так и по природным условиям, определяющим реакцию на внешнее воздействие и устойчивость геосистем.

Программа мониторинга должна учитывать региональные особенности природной среды и формы техногенного воздействия. Знания природной специфики территорий и размещения на них источников загрязнения обеспечивают объективную географическую ориентацию мониторинговых исследований (Нечаева, 2010).

В.И. Булатовым с соавторами (2008), наряду с другими предпосылками, при прочих равных условиях, отмечалось понижение устойчивости геосистем к денудации, эрозии, механическим нагрузкам и даже токсикантам при повышении гравитационного и денудационного потенциала территории.

М.А. Глазовской (1988) подчеркивалось, что назначение информационной базы мониторинговых данных состоит в определении уровней абсолютного содержания отдельных химических элементов в основных ландшафтных

компонентах разных регионов, а также в расчетах относительных показателей биоводномиграционного механизма самоочищения геосистем.

Определение уровней абсолютного содержания элементов основывается на понятии геохимических полей, в пределах которых выделяют фоновые (геохимический фон) и аномальные области (Сорокина и др., 2007). Основные показатели, характеризующие состава почв, поверхностных вод и донных отложений на рассматриваемой территории отражены в главах 3 и 4. Была отмечена неоднородность литологических, геоморфологических, биоклиматических условий, что обуславливает варьирование показателей химического состава, иногда весьма существенное (различия в содержании некоторых элементов в почвах и донных отложениях достигают 2-3 математических порядков). Поэтому задача определения уровней абсолютного содержания химических элементов в геосистемах спонтанного развития, должна учитывать территориальные различия и наличие участков с аномальными значениями.

Для научно-обоснованной системы мониторинга обязательным является учет природных геохимических аномалий, в пределах которых необходим особый регламент проведения мониторинга, основанный на учете локальных литогеохимических особенностей. Для выявления участков с аномальным содержанием химических элементов в различных природных средах нами был проведен анализ собственных материалов, фондовых и литературных источников. При выделении аномальных показателей из результатов проведенного геохимического опробования был использован широко распространенный прием статистической обработки, при котором аномальные значения (A_{\max}) при нормальном распределении выделяются как $A_{\max} = M \pm 3SD$, где M – среднее арифметическое, SD – среднеквадратическое отклонение (Беус и др. 1976; Алексеенко, 2000).

Статистические характеристики и пороговые уровни аномальности A_{\max} для почв и донных отложений, а также экологические нормативы (ориентировочно-допустимые концентрации, ОДК) приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Уровни аномального содержания элементов в почвах Приполярного и Северного Урала и экологические нормативы

Элементы	Почва				Донные отложения			
	М	SD	A max	ОДК(ГН 2.1.7.2042-06)*	М	SD	A max	ОДК (Canadian..., 2002)
Pb	37,5	48,1	182	65	91,1	221,7	756,3	35
Zn	68,2	26,4	147	110	6,1	13,7	48	123
Cu	18	9,7	47,1	66	25,5	40,0	145	37,5
Fe	34006	13009	73033	-	42491	43998	174484	30000
Mn	721,5	522,9	2290	1500**	1119	1338	5133	460
Cr	70,2	36,5	180	50	86,6	84,4	340	37,3
Ni	39,2	19,4	97	40	7,0	6,1	25	31
Hg	не опр.	не опр.	не опр.	-	0,08	0,02	0,13	0,17

* ОДК для кислых суглинистых почв

** ПДК (ГН 2.1.7.2042-06)

Обращает на себя внимание, что порог аномальности для содержания практически всех элементов в почвах превышает установленные нормативы (ОДК для кислых почв). В донных отложениях только для ртути и никеля порог аномальности близок к величине ОДК. Связано это с наличием участков, характеризующихся высокими, аномальными концентрациями, превышающими допустимый уровень. Особенно часто наблюдается превышение нормативов для подвижных форм элементов (рисунок 6.3).

Таким образом, разработка программ экологически безопасного природопользования требует выделения геохимических аномалий отдельных элементов с установлением для них особого режима мониторинга и оценки, основанной на детальном обследовании участков и определения локального геохимического фона. Полученные результаты должны использоваться при подсчете принятых показателей, характеризующих экологическую ситуацию и ее динамику (например, суммарный показатель загрязнения). Применение ПДК (ОДК), не учитывающих региональные геохимические особенности, может привести к искажению понимания экологической ситуации.

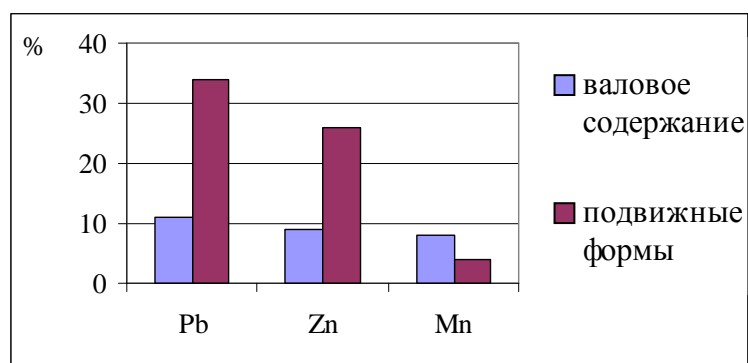


Рисунок 6.3 – Доля почвенных проб Приполярного и Северного Урала с превышением экологических нормативов (ОДК (ГН 2.1.7.2042-06) для валового содержания, ПДК(ГН 2.1.7.2041-06) для подвижных форм)

Проведенные подсчеты, а также анализ литературных и фондовых источников, в которых содержатся данные о составе горных пород и донных отложений позволили построить карту, отражающую участки с аномальным содержанием химических элементов в различных компонентах ландшафта (рисунок 6.4). Помимо результатов, полученных в ходе опробования, на карте отображены результаты поисково-разведочных работ и минерагенического районирования Уральской части территории ХМАО-Югры (Опережающие..., 2007). Были отмечены потоки рассеяния ряда микроэлементов с аномальными концентрациями (выделены курсивом), а также участки залегания ультраосновных пород, состав которых характеризуется высоким содержанием ряда микроэлементов группы железа, особенно Cr и Ni (Концепция..., 2005).

Наиболее часто, как в ходе наших исследований, так и выполненных геологами поисково-разведочных работ, отмечены аномальные концентрации Pb, что представляется особо опасным, учитывая высокую токсичность этого элемента. Аномальные концентрации Ni приурочены к зонам залегания ультраосновных пород, на юге описываемой территории выявлен ряд участков с аномальным содержанием Cu вследствие залегания здесь медно-цинковых руд.

Участки природных геохимических аномалий требуют специальных регламентов для разработки месторождений и проведения мониторинговых работ и, основанных на выделении локального геохимического фона для различных

природных сред, определения направления поверхностного и грунтового стока, участков аккумуляции на геохимических барьерах.

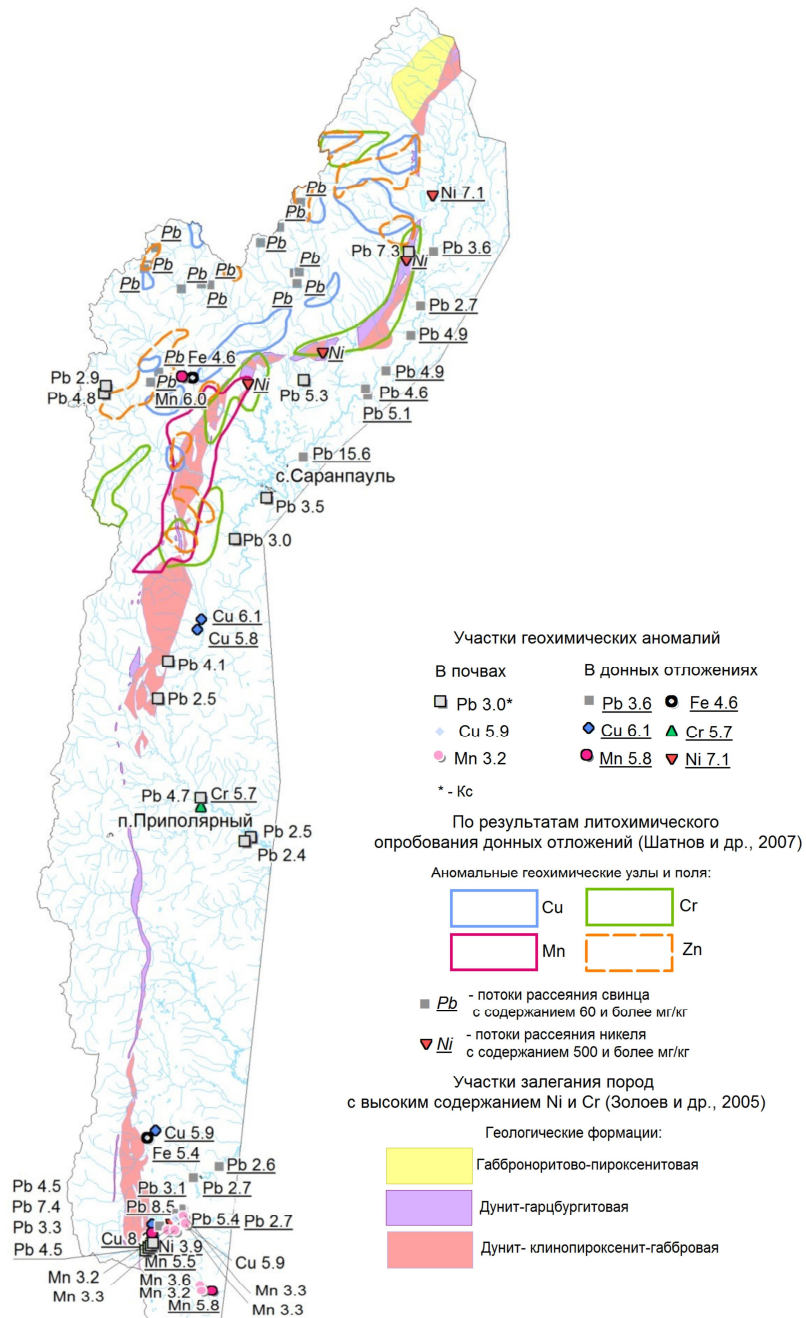


Рисунок 6.4 – Геохимические аномалии восточного склона Приполярного и Северного Урала

Кс – коэффициент концентрации химического элемента, равный отношению среднего содержания элемента к фону (Кс=Сср/Сф).

Существует два основных направлений в оценке устойчивости геосистем. Концепция геохимической устойчивости, изложенная в работах М.А. Глазовской и Н.П. Солнцевой, основана на учете показателей миграции вещества (выноса и разложения продуктов техногенеза). Другой подход рассматривает ландшафт как сложную динамически неравновесную систему, самоорганизация которой основана на работе живого вещества (биологического круговорота атомов – БИКа) (Перельман и др., 1996). Соответственно, уровень организации и способность сопротивляться внешним воздействиям зависит от показателей биогеохимического круговорота веществ. Индикатором устойчивости природных систем является их миграционная структура: соотношение масс химических элементов, участвующих в биогеохимическом круговороте, и масс элементов, привносимых в другую экосистему извне с абиотическими потоками (осадками, поверхностным и внутрпочвенным стоком). Исходя из этого, для определения устойчивости необходимо рассмотрение общих закономерностей показателей миграции и аккумуляции вещества в ландшафтно-геохимических системах.

Оценка геохимических показателей в геосистемах спонтанного развития должна основываться на региональном анализе, учитывающем основные дифференцирующие ландшафтные факторы. Геосистемы Приполярного и Северного Урала, вследствие варьирования литологии пород, проявления широтной зональности и высотной поясности отличаются значительным типологическим многообразием. Существующие различия - орографические, литологические, гидрологические биоклиматические - обуславливают и многообразие ландшафтно-геохимических систем со свойственной каждой из которых спецификой процессов миграции и аккумуляции веществ.

Рассмотренные в предыдущей главе особенности некоторых ЛГС и проведенное ландшафтно-геохимическое картографирование продемонстрировали различия между ними по интенсивности миграционных процессов, проявлению геохимических барьеров.

При комплексном развитии недропользования (Концепция..., 2005) будут сформированы горнопромышленные ландшафты, характеризующиеся

слабоконтролируемым рассеиванием больших масс веществ с аномально высоким содержанием элементов (Перельман и др., 1999). В этом случае произойдет наложение техногенного загрязнения на природные геохимические аномалии (Там же). А металлы в зоне гипергенеза будут изменять форму своего нахождения – становясь то более, то менее подвижными (доступными для биоты), без изменения их общей массы (Летувнинкас, 2002).

Учитывая степень техногенных преобразований на аналогичных месторождениях в более южных районах Урала, на исследуемой территории площадь горнопромышленных ландшафтов составят не менее 4362 га в пределах Тыкотлово-Хальмерьинского ПГПУ, 1705 га – Народнинского ПГПУ, 9299 га – Вольинского ПГПУ, 9182 га – Оторьинского ПГПУ, 217 га – Усть-Маньинского ПГПУ и 830 га – Малососьвинского ПГПУ (рисунок 6.1), то есть доля антропогенно-измененных ландшафтных комплексов (таблица 1.2) повысится с 0,02 % до 0,84 %. При этом, влияние горнопромышленных ландшафтов на сопряженные ландшафтно-геохимические системы и изменение их структурно-функциональной организации продолжится посредством воздушных и водных техногенных миграционных потоков (Геохимия..., 1990).

Все это со всей актуальностью ставит вопрос о прогнозной оценке почледствий техногенеза и разработки научно-методических основ рационального природопользования. С позиции геохимии ландшафтов, природоохранные исследования должны опираться на знания о химическом составе топогеосистем, его динамических характеристиках и реакции биотической компоненты на потенциальную трансформацию. Вместе с тем на современном уровне знаний оценка содержания химических элементов в различных компонентах ландшафта с подразделения геосистем на топологическом уровне практически невыполнима из-за отсутствия эмпирического материала для характеристики вещественного состава каждой ЛГС.

Поэтому разработка научно-методических основ для оценки устойчивости геосистем, так и для мониторинговых работ, требует выделения геохор

регионального уровня в соответствии с особенностями ландшафтной структуры и условиями миграции химических элементов, т.е. районирования. Наиболее очевидным способом проведения районирования является подразделение территории по признанным физико-географическим и орографическим рубежам. В нашем случае, поскольку высотная поясность имеет важнейшее значение в дифференциации ландшафтной структуры, это границы между Приполярным и Северным Уралом и между основными орографическими комплексами – горными, предгорными и подгорно-равнинными.

Для оценки внутрорегиональных закономерностей состава и миграции вещества в основных компонентах ландшафта, которые выступают в качестве объектов мониторинга и экологического прогноза – почв, поверхностных вод и донных отложений районирование было проведено в соответствии с особенностями зональной геоморфологической и биоклиматической дифференциации, а также по орографическим условиям, определяющими интенсивность миграции веществ. Были выделены горные участки (среднегорно-низкогорные для Приполярного и низкогорные – для Северного Урала), участки возвышенных предгорий и территория подгорных равнин, для которых проведен анализ элементного состава почв, поверхностных вод и донных отложений и, таким образом, определена их геохимическая специализация. Основные показатели химического состава отображены в виде формул (рисунок 6.5), где в числителе показаны элементы, находящиеся в недостатке (ниже среднемирового показателя – кларка), в знаменателе – в избытке, посередине – в количествах, примерно равных кларку.

ЛГС Приполярного Урала характеризуются повышенным, относительно кларка, содержанием в почвах горных и предгорных участков Pb и Zn, в почвах прилегающих подгорных равнин повышенных концентраций достигают также Fe, Cu и Ni. Наблюдается увеличение содержания Cu, Ni и Cr по мере снижения абсолютных высот: максимальное содержание отмечено в почвах подгорных равнин, несмотря на отсутствие здесь крупных рудопроявлений, однако различия невелики (коэффициенты латеральной дифференциации $Kл < 2$). Обследованные

почвы в большинстве случаев малогумусные (общее содержание органических веществ в большинстве обследованных образцов не превышает 4%), имеют кислую, реже слабокислую реакцию ($pH_{\text{вод}} = 4,0 - 5,9$), что определяет высокую миграционную активность ряда химических элементов, прежде всего элементов группы железа. По сравнению со среднемировыми значениями содержания элементов в речных водах (Martin, Meybeck, 1979), отмечены высокие концентрации Mn (КК=10-13,8), Fe (4,1-4,8), Ni (3,4-5,0), Cr (2,6-5,5).

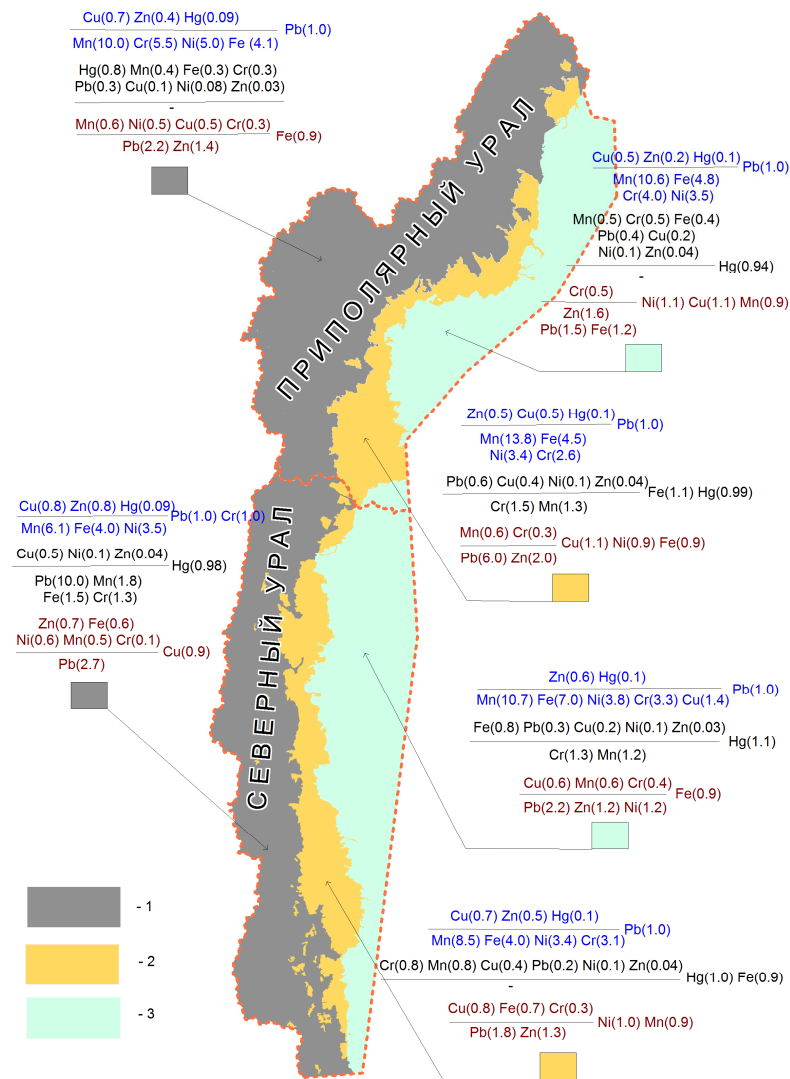


Рисунок 6.5 – Геохимическая специализация ландшафтов Приполярного и Северного Урала

Ландшафты: 1 – среднегорно-низкогорные, 2 – низкогорно-предгорные, 3 – равнинные; геохимические формулы: синим цветом – поверхностных вод (кратности по отношению к среднемировому содержанию в речных

водах (Martin, Meybeck, 1979), черным цветом – кларки концентрации в донных отложениях (по отношению к кларку земной коры), коричневым цветом – кларки концентрации в почвах (по отношению к кларку почв). В числителе – ниже кларка (среднемирового содержания), в знаменателе – выше кларка (среднемирового содержания), посередине – в количествах, примерно равных кларку (среднемировому содержанию). В случае отсутствия нормального распределения вычисления проведены от медианы.

Содержание халькофильных элементов, за исключением Pb, в поверхностных водах ниже среднемировых значений. В гумидных ландшафтах со слабокислыми водами водная миграция Cu ослабевает из-за невысокой подвижности в кислородных водах, сорбции органическим веществом и глинистыми частицами (Перельман, Касимов, 1999). Максимальные водомиграционные показатели Zn и Cu отмечены в поверхностных водах горных ландшафтов. Эти элементы, имеющие высокие показатели биологического поглощения (по В.В. Добровольскому (2003), Кб=11,8 и 2,3 соответственно) в горах слабо задерживаются фитобиотой и интенсивно мигрируют в составе водных растворов. Отсутствие емкого биогеохимического барьера приводит к выносу значительных масс органических и минеральных веществ, в том числе элементов-органогенов. На участках подгорных равнин наблюдается рост содержания в водах Cr и Fe вследствие заболачивания плоских участков и активизации миграции этих элементов в условиях ландшафтов кислого глеевого класса.

Донные отложения, особенно на горных участках, отличаются дефицитом практически всех элементов, только на подгорных равнинах значения $КК > 1$ для Cr и Mn. Сопоставление с составом донных отложений севера Западной Сибири (Сорокина и др., 2001), показало, что на обследованной территории на среднем уровне содержание Mn, Ni, Cr, Pb, дефицит характерен для Cu и Zn. Таким образом, наблюдается диспропорция в распределении элементов в почвах и донных отложениях: если почвы обогащены Pb, Zn, Cu, Ni, то для донных отложений накопление нехарактерно, несмотря на наличие многочисленных рудных месторождений в пределах водосбора. Однако анализ подвижных форм металлов выявил возрастание в донных отложениях, по сравнению с почвами,

содержания Pb, Cu, Mn, Cr и Fe. Рассмотрение особенностей химического состава донных отложений в различных орографических комплексах показало, что в условиях горных эрозионно-денудационных ландшафтов преобладает вынос микроэлементов. Замедление скорости течения рек при резком снижении уклонов определяет усиление седиментации тонкодисперсной фракции в донных отложениях предгорных эрозионно-аккумулятивных предгорных ландшафтов, где содержание химических элементов максимально, в частности, отмечено превышение кларка для Cr, Mn, Fe. В донных отложениях, на участках предгорных возвышенностей, выявлено наибольшее содержание Pb, Cr, Mn и Fe, отмечена максимальная доля проб с превышением кларка земной коры - Mn (67 % от выборки), Cr (67 %) и Fe (50 %). В донных отложениях подгорных равнин выявлено накопление Pb - доля проб с превышением кларка (39 %) максимальна на территории Приполярного Урала.

На Северном Урале, вследствие широтно-зональных биоклиматических различий, иного геологического строения и орографии, геохимическая структура ландшафтов имеет несколько иное строение, чем на Приполярном Урале. Почвы Северного Урала менее кислые, величина водородного показателя водной вытяжки составляет 5,53 – 6,37 ед. рН. Выше кларка в почвах содержание Pb, Zn, на подгорных равнинах еще и Ni (рисунок 6.3). По сравнению со средними значениями по Западной Сибири (Сысо, 2007), в почвах восточного склона Северного Урала наблюдаются повышенные концентрации Pb, Cr, Ni и Fe. В почвах эрозионно-денудационных низкогорных ландшафтов определен наибольший на исследуемой территории геохимический фон Pb, там же обнаружен максимальный кларк концентрации Mn, Ni и Cr. В почвах эрозионно-аккумулятивных низкогорно-предгорных таежных ландшафтах наблюдается максимальное содержание Zn. В почвах подгорных равнин наблюдается аккумуляция Fe. Наибольшая интенсивность вовлечения всех микроэлементов в водную миграцию, судя по величинам коэффициентов водной миграции K_x , выше у природных вод подгорных ландшафтов: K_x (Pb)=1,1, K_x (Zn)=3,8, K_x (Cu)=5,2, K_x (Hg)=1,7, K_x (Mn)=1,5, K_x (Cr)=0,68, K_x (Ni)=2,49, K_x (Fe)=0,10. Воды

подгорных равнин более кислые и менее минерализованные. В них наблюдается повышенное содержание микроэлементов по сравнению с природными водами горных ландшафтов.

Отдельно следует остановиться на показателях водной миграции, которая является важнейшим интегрирующим фактором геосистем и определяет скорость самоочищения. Для многих элементов показатели вовлечения в техногенную миграцию соизмеримы с показателями биогенной и водной миграции (Глазовская, 1988). Горнодобывающая деятельность приводит к существенному возрастанию техногенных миграционных потоков тяжелых металлов, что может привести к перестройке биогеохимических циклов. Показателями устойчивости при этом являются способность к самоочищению (выноса и разложения продуктов техногенеза) и емкость биогеохимического круговорота. Биогеоценозы устойчивы, если емкость внутриценозных биотических миграционных потоков выше, чем емкость внешних абиотических (Глазовская, 1992).

Ландшафты Приполярного Урала, по сравнению с Северным, отличаются более активной миграцией веществ в составе водных растворов, за исключением Си, Кх которой достигает максимальных значений в водах подгорных равнин Северного Урала, что объясняется литологическим фактором – здесь находятся ряд геологических структур (Северо-Сосьвинская, Вольинская, Салатимская рудные зоны) породы которых содержат Си в высоких концентрациях (рисунок 3.1). Общая тенденция – увеличение миграционной активности микроэлементов в поверхностных водах подгорных равнин (рисунок 6.6). Тем не менее, в горных ландшафтах значения Кх таких элементов, как Mn, Cr, Ni, Pb превышают среднемировые показатели.

Высокие показатели водной миграции микроэлементов в ландшафтах подгорных равнин наблюдаются на фоне снижения минерализации. Как правило, в реках Западной Сибири минерализация возрастает от истоков к устью. Однако анализ состав вод гор и подгорных равнин как на Приполярном, так и Северном Урале показал, что в поверхностных водах подгорных равнин минерализация меньше, чем в горах и предгорных возвышенностях (рисунок 6.7). Очевидно,

причиной этого является различия в ландшафтной структуре, а именно в поступлении ультрапресных болотных вод на участках подгорных равнин. В период опробования (июль-август) питание осуществляется за счет грунтовых вод и дождевых осадков. Болотные воды подгорных равнин, являясь водорегулирующими и водозапасающими объектами, аккумулируют талые снеговые воды и являются естественным природным фильтром. На верховых болотах взаимодействию вод с минеральной толщей препятствует слой олиготрофного торфа, особенно на подгорных равнинах Приполярного Урала, где сезонное оттаивание почв замедленно. В горах из-за малой мощности, а зачастую и фрагментарность органогенного горизонта почв, нет препятствий для ионного обмена с породами.

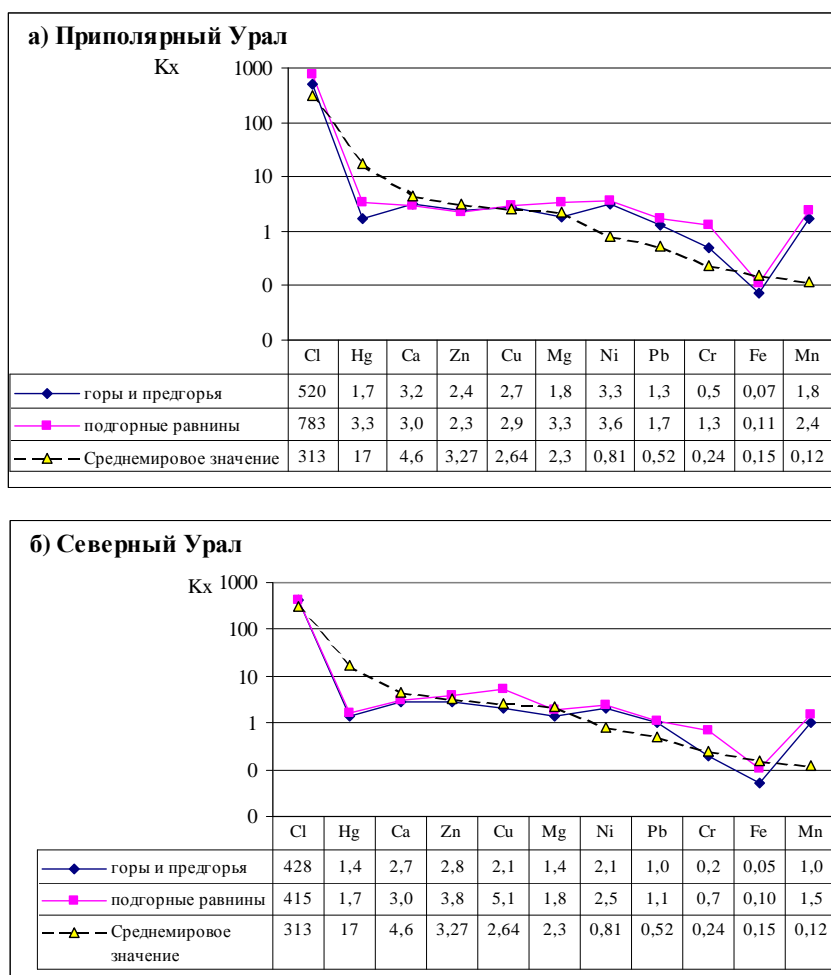


Рисунок 6.6 – Значения коэффициентов водной миграции для поверхностных вод восточного макросклона Приполярного (а) и Северного (б) Урала

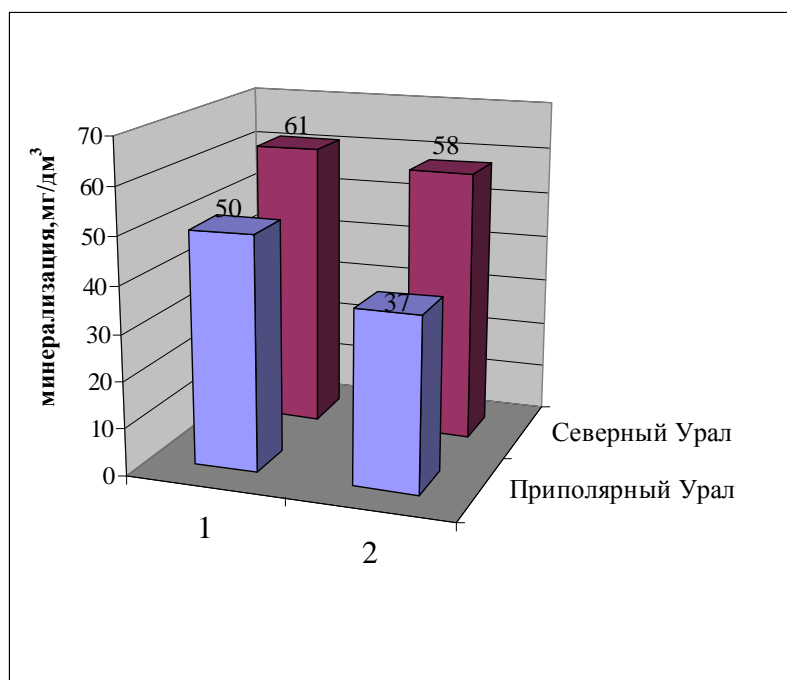


Рисунок 6.7 – Средняя минерализация поверхностных вод: 1 - горы и предгорные возвышенности; 2 - подгорные равнины

Таким образом, для горных ландшафтов как Приполярного, так и Северного Урала характерна интенсивная водная миграция веществ, особенно элементов группы железа (Ni, Cr, Co), а также Mn. Это связано с широким распространением ландшафтов кислого класса, в которых высока подвижность этих элементов, и малой емкостью биологического круговорота. В этих условиях техногенное воздействие, связанное с поступлением тяжелых металлов, приведет к интенсивной их миграции в соподчиненные звенья ландшафтно-геохимического ряда, с резким увеличением содержания в поверхностных водах и возможной аккумуляцией в донных отложениях предгорий и подгорных равнин, для которых, следовательно, максимален риск негативных трансформаций биотической составляющей. Более активная водная миграция наблюдается на Приполярном Урале, что связано с повышенной кислотностью почв, слабым развитием биогеохимических барьеров. На Северном Урале, вследствие специфики минералогического состава горных пород и наличия медно-цинковых руд, выше миграционные показатели для Cu и Zn.

При интенсивном поступлении микроэлементов в результате горнопромышленной деятельности сдвиг в соотношении биотических и

абиотических (техногенных) потоков приводит к деградации малоустойчивых биогеоценозов. Как утверждалось А.И. Перельманом с соавторами (1996) самоорганизация ландшафтов тем выше, чем больше в ландшафтах живого вещества (биомассы), чем больше ежегодная продукция, энергичнее биологический круговорот атомов, и тем меньше, чем энергичнее геоморфологические процессы, разнообразнее геологическое строение. В этом отношении горные ландшафты Приполярного Урала отличаются наименьшей самоорганизацией и соответственно, минимальной устойчивостью, максимальным уровнем опасности негативных изменений при техногенном воздействии, особенно на участках подгорных равнин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Планируемое освоение месторождений минерального сырья на Уральском севере требует разработки методов эффективного и экологически безопасного природопользования. В этом отношении геохимия ландшафтов обеспечивает научную базу для решения круга вопросов, связанных с техногенным загрязнением, которое в той или иной форме всегда сопровождает работу горнодобывающей отрасли.

Решение прогнозных задач, связанных с техногенной трансформацией, возможно только при детальном анализе структуры и динамики ненарушенных, фоновых геосистем. Протянувшиеся меридиональным направлением более чем на 500 км, горы Приполярного и Северного Урала отличаются по климатическим показателям, доминирующим типам биогеоценозов, структуре почвенного покрова. Важнейшим фактором, влияющим на дифференциацию ландшафтно-геохимической структуры, являются литолого-геохимические различия между крупными природными подразделениями и внутри них.

В ходе проведенного исследования была изучена геохимическая структура ландшафтов Приполярного и Северного Урала на разных уровнях организации – катенарном, водосборных бассейнов и ландшафтных районов. Исследован состав почвообразующих пород, почв, поверхностных вод, донных отложений, определена зависимость показателей химического состава от ландшафтной структуры, орографических и литологических факторов.

Литогенная основа ландшафтов Приполярного и Северного Урала отличается высокой геохимической контрастностью. Относительно почвообразующих пород Западно-Сибирской низменности повышено содержание Zn, Pb, Mn, Cr, Co, Fe. Максимальное содержание микроэлементов отмечено в аллювиальных и озерно-аллювиальных отложениях предгорий. Выявлено, что почвы, относительно кларка, содержат повышенное количество Pb и Zn, пониженное – Mn и Cr, близко к кларку среднее содержание Fe, Cu, Ni. Сопоставление с данными о составе почв сопредельных участков Западно-Сибирской равнины дает основания для вывода о повышенном содержании в

почвах Северного и Приполярного Урала Pb, Zn, Ni, Cr и Mn, что подтверждает устоявшееся мнение о роли гор Урала в качестве источника обогащения микроэлементами почв прилегающих территорий.

Концентрации микроэлементов в почвах, как правило, ниже, чем в почвообразующих породах, особенно Mn (в 2 раза) и Fe (в 1,4 раза). Следовательно, вынос преобладает над закреплением, что соответствует общей тенденции протекания процессов выветривания и почвообразования в холодных гумидных областях, для которых характерен вынос веществ (Таргульян, 1971).

Исследование состава генетических горизонтов различных типов почв показало, что в напочвенном опаде и поверхностных органогенных горизонтах аккумулируются халькофильные элементы – Zn, Pb, Cd, в меньшей степени Cu.

В подзолистых почвах отмечена элювиально-иллювиальная дифференциация с накоплением в нижней части профиля сидерофильных элементов (Cr, Ni, Fe, Co). В буроземах наблюдается накопление Cr, Ni, Cu в средней части профиля на сорбционном барьере.

Таким образом, отмечены различия в вертикальной геохимической структуре почв, зависящие от свойств элементов. Для халькофильных свойственна биогенная аккумуляция, для сидерофильных – элювиально-иллювиальная миграция. Показатели радиальной дифференциации почв невелики как результат свободного водообмена и слабого проявления биогеохимического и сорбционного барьеров

Латеральная геохимическая неоднородность на катенарном уровне более отчетливо выражена на Северном Урале, в низкогорно – долинном типе сопряжения, где в завершающих звеньях миграционного ряда – трансэлювиально-аккумулятивных и аккумулятивных фациях почвы отличаются повышенным, относительно почв Приполярного Урала, содержанием органического вещества. Здесь выявлено накопление в аллювиальных почвах сидерофильных элементов при рассеянии халькофильных (Zn и Cu). На Приполярном Урале, в катенах, где преобладают малогумусные слабокислые почвы, вынос элементов увеличивается в нижних звеньях миграционного ряда вследствие усиления увлажнения, а

закрепление на геохимических барьерах (сорбционном, биогенном) в минеральных горизонтах выражено слабо.

На подгорных равнинах, в почвах аккумулятивной фации, наблюдается аккумуляция Fe и Mn на кислородном барьере при выносе остальных элементов, особенно Cu. В целом для горно-долинных катен характерны низкая геохимическая контрастность и слабая аккумуляция в подчиненных фациях, что свидетельствует об отсутствии ярко выраженных геохимических барьеров в подчиненных ландшафтах. Причиной этого является невысокое содержание гумусовых веществ в большинстве почв, свободный внутренний дренаж при значительном количестве грубообломочного материала в профиле почв.

Поверхностные воды маломинерализованные, гидрокарбонатного класса, содержат низкое количество органических веществ, имеют реакцию, близкую к нейтральной. Сопоставление со среднемировыми величинами показало в них повышенное содержание Fe, Mn, Ni, Cr, на среднем уровне содержание Pb, сниженные концентрации Cu, Zn, Hg. По сравнению со средними значениями Kх для речных вод по В.В. Добровольскому (2003), воды рек восточного макросклона Урала характеризуются интенсивной миграцией сидерофильных элементов (Cr, Ni, Mn, Fe) и близкой к норме для халькофильных (Cu, Zn).

Таким образом, содержание элементов в поверхностных водах, как и в почвах, зависит от их химических свойств: сидерофильные активно мигрируют в составе водных растворов, халькофильные отличаются невысокими водомиграционными показателями.

Анализ состава поверхностных вод показал, что наибольшая интенсивность вовлечения всех микроэлементов в водную миграцию отмечена в ландшафтах подгорных равнин, где на состав вод влияет сток с заболоченных водосборов.

Проведенное исследование показателей ландшафтно-геохимической структуры горных и подгорных участков показало их различия по интенсивности и характеру миграционных потоков. Для горных ландшафтов характерна интенсивная водная миграция веществ, при малой емкости биологического круговорота и широком распространении ландшафтов кислого класса. В этих

условиях техногенное воздействие, связанное с поступлением тяжелых металлов, приведет к интенсивной их миграции в соподчиненные звенья ландшафтно-геохимического ряда, с аккумуляцией в донных отложениях предгорий и подгорных равнин, для которых, следовательно, максимален риск накопления поллютантов и негативных трансформаций биотической составляющей. Вместе с тем, при интенсивном поступлении микроэлементов в результате горнопромышленной деятельности сдвиг в соотношении биотических и абиотических потоков приводит к деградации малоустойчивых биогеоценозов.

Выявленные многочисленные участки с аномальным содержанием микроэлементов в почвах и донных отложениях требуют разработки специальных программ мониторинга, основанных на предварительном исследовании геохимической структуры топогеосистем.

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Почвы Приполярного и Северного Урала, по сравнению с почвами сопредельных участков Западно-Сибирской равнины, вследствие литолого-минералогических факторов, отличаются повышенным содержанием Pb, Zn, Ni, Cr, Mn, что подтверждает мнение о снижении содержания элементов в почвах и породах по мере удаления от областей сноса – горного окаймления. Наблюдается широкое варьирование содержания элементов, особенно Pb и Mn.

2. Процессы миграции и аккумуляции элементов в значительной степени зависят от их свойств и типологической принадлежности: отчетливо выражена биологическая аккумуляция халькофильных элементов в почвах, повышенная водомиграционная активность элементов группы железа приводит к росту их содержания в почвах нижних ступеней сопряженного миграционного ряда (трансэлювиально-аккумулятивных и аккумулятивных супераквальных ландшафтов) и в поверхностных водах.

3. Ландшафтно-геохимическая структура на топологическом и катенарном уровнях организации в целом отличается невысокой радиальной и латеральной контрастностью вследствие свободного дренажа в почвах, слабого проявления биогеохимического и сорбционного барьеров.

4. На региональном уровне отмечено существенное варьирование состава почв и донных отложений как результат формирования потоков рассеяния, связанных с залеганием рудных полезных ископаемых и геологических структур, породы которых содержат высокие концентрации микроэлементов.

5. Наличие пород, обогащенных микро- и макроэлементами, и невысокое, в целом, накопление элементов геохимических барьерах в почвах обуславливают интенсивное поступление их в поверхностные воды, которые отличаются высокими водомиграционными показателями для Mn Cr, Ni, Fe. Особенно активна миграция этих элементов в пределах подгорных равнин Приполярного Урала, где активизации миграции способствует поступление вод с заболоченных локальных водосборов, а также более кислая реакция почв в горной части.

6. Наличие участков с аномальным содержанием микроэлементов в почвах и донных отложениях обуславливает необходимость специальных программ мониторинга, основанных на учете особенностей геохимической структуры топогеосистем, а также разработки региональных шкал экологического нормирования.

7. Максимален экологический риск при освоении месторождений Приполярного Урала, где геосистемы отличаются наименьшей устойчивостью вследствие малой емкости биогеохимического круговорота в горных геосистемах, а интенсивная водная миграция может вызвать изменение вещественного состава в нижних звеньях миграционных рядов.

8. С целью оптимизации природопользования необходимо применение методов ландшафтно-экологического планирования территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: Учебно-методическое пособие / И.А. Авессаломова. – М. : Изд-во Московского университета, 1987. – 60 с.
2. Алёкин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алёкин. – Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1953. – 296 с.
3. Алексеев А.В., Рыльков С.А., Комарицкий С.И. и др. Геология и рудоносность ультраосновных массивов Хулгинского блока (Приполярный Урал) / А.В. Алексеев, С.А. Рыльков, С.И. Комарицкий // Литосфера. – 2011. – № 5. – С. 80–92.
4. Алексеева-Попова Н.В, Дроздова И.В. Микроэлементный состав растений Полярного Урала в контрастных геохимических условиях / Н.В. Алексеева-Попова, И.В. Дроздова // Экология. – 2013. – № 2. – С.90-98.
5. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко. – М. : Логос, 2000. – 627 с.
6. Арбузов С.И., Архипов В.С., Бернатонис В.К. и др. Среднее содержание некоторых элементов - примесей в торфах юго-восточной части Западно-Сибирской плиты / С.И. Арбузов, В.С. Архипов, В.К. Бернатонис и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 1. – С. 44-48.
7. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия ландшафтов и техногенез / В.С. Аржанова, П.В. Елпатьевский. – М. : Наука, 1990. – 196 с.
8. Архипов В.С. Железо в торфах центральной части Западной Сибири / В.С. Архипов, В.К. Бернатонис, В.И. Резчиков // Почвоведение. – 1997. – № 3. – С. 345-351.
9. Архипова Н. П., Ястребов Е.В. Основные даты из истории открытия и исследования Урала / Н.П. Архипова, Е.В. Ястребов : сборник статей «Как были открыты Уральские горы : Очерки истории открытия и изучения природы Урала». – Челябинск, 1982. – С. 274–286.

10. Аспекты изучения экосистемы реки Маньи : Препринт. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1984. – 66 с.
11. Атлас Тюменской области. – Вып. 1. – М. – Тюмень : ГУГК, 1971. – 216 с.
12. Атлас ХМАО-Югры. – Том 2. Природа. Экология. – Ханты-Мансийск – Москва: Правительство ХМАО-Югры, ОАО «Научно-производственный центр комплексного мониторинга и кадастра природных ресурсов», Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, АНО Экспертно-аналитический центр по проблемам окружающей среды «Экотерра», 2004. – С. 125, С. 129-131, С. 134.
13. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пикунов С.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры / А.Г. Бабушкин, Д.В. Московченко, С.В. Пикунов. – Новосибирск : Наука, 2007. – 152 с.
14. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды / А.А. Беус, Л.И. Грабовская, Н.В. Тихонова. – М. : Недра, 1976. – 248 с.
15. Богданов В.Д. Выклев и скат личинок сиговых рыб уральских притоков Нижней Оби / В.Д. Богданов // Биология и экология гидробионтов экосистемы Нижней Оби. – Свердловск, 1987. – С. 55-79.
16. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. – Л. : Гидрометеиздат, 1976. – 447 с.
17. Борисевич Д.В. Рельеф и геологическое строение / Д.В. Борисевич // Урал и Приуралье. – М. : Наука, 1968. – С.19-81.
18. Булатов В.И. Итоги и перспективы ландшафтно-экологического изучения ХМАО-Югры : сборник материалов XIII научного совещания географов Сибири и Дальнего Востока / В.И. Булатов. – Том. 2. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2007. – С. 26-28.
19. Булатов В.И., Игенбаева Н.О., Мордкович В.Г. Исследование структурно-функциональной организации геосистем нефтегазовых районов Западной Сибири / В.И. Булатов, Н.О. Игенбаева, В.Г. Мордкович. – Ханты-Мансийск : Изд-во ОАО «Информационно-издательский центр», 2008. – 77 с.

20. Васильевская В.Д. Почвообразование в тундрах Средней Сибири / В.Д. Васильевская. – М. : Наука, 1980. – 235 с.
21. Венглинский Д.Л. Условия питания сиговых рыб в бассейне реки Северной Сосьвы : сборник статей «Закономерности роста и морфофизиологические особенности рыб в различных условиях существования». – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1976. – С. 3-22.
22. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 2001. – 376 с.
23. Габов С.М. Черные углеродсодержащие сланцы неркаюского комплекса восточного склона Приполярного Урала / С.М. Габов // Вестник Института геологии КомиНЦ УрО РАН. – 2007. – № 8. – С. 21-22.
24. Гаврилова И.А., Павленко И.А. Особенности распределения микроэлементов в почвах на покровных суглинках средней тайги Западной Сибири / И.А. Гаврилова, И.А. Павленко // Микроэлементы в ландшафтах Советского Союза. – М. : Изд-во МГУ, 1969. – С. 13-24.
25. Геохимические ландшафты Южного Урала и методика геохимических поисков медно-колчеданных руд за 1956-1959 годы : окончательный отчет тематической Южно-Уральской ландшафтно-геохимической экспедиции МГУ / Глазовская М.А., Макунина А.А. – Уфа : ЮУГУ, 1959. – 324 с.
26. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М. : 1990. – 335 с.
27. Геохимия. Методические указания по выполнению лабораторных работ / сост. : А.Г. Марченко, В.В. – СПб. : Санкт-Петербургский горный институт, 2006. – С. 36.
28. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР / М.А. Глазовская. – М. : Высшая школа, 1988. – 328 с.
29. Глазовская М.А. Биогеохимическая устойчивость экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости / М.А. Глазовская // Изв-я РАН. Сер. Географическая. – 1992. – №5. – С. 5-13.

30. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов / М.А. Глазовская. – М. : Изд-во МГУ, 1964. – 230 с.
31. Глазовская М.А., Касимов Н.С., Теплицкая Т.А. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / М.А. Глазовская, Н.С. Касимов, Т.А. Теплицкая. – М. : Наука, 1989. – 264 с.
32. Глазовская М.А., Пиковский Ю.И., Коронцевич Т.И. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче / М.А. Глазовская, Ю.И. Пиковский, Т.И. Коронцевич // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. Сборник сто двадцатый. – М. : Мысль, 1983. – С. 85-108.
33. ГН 2.1.7.2041-06 Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
34. ГН 2.1.7.2042-06. Гигиенические нормативы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
35. Горчаковский П.Л. Растительность : сборник статей «Урал и Приуралье» / П.Л. Горчаковский. – М. : Наука, 1968. – С. 211-261.
36. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Уральская серия – Лист Q-41 (Воркута). Объяснительная записка. – СПб. : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ (МПР РФ, Федеральное агентство по недропользованию, ФГУП «ВСЕГЕИ», ЗАО «МИРЕКО», ФГУП «ЗапСибГеоНАЦ»), 2005. – 335 с.
37. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Уральская серия – Лист Р-41 (Ивдель). Объяснительная записка. – СПб. : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ (МПР РФ, Федеральное агентство по недропользованию, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «ЗапСибГеоНАЦ», ОАО «УГСЭ»), 2005. – 297 с.
38. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (новая серия). Лист Р-40, 41 – Североуральск. Объяснительная записка. – Санкт-Петербург : Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. – С. 68-74.

39. Государственная почвенная карта России (М 1 : 1000000). Лист Q_41 (Воркута) / сост. И.В. Забоева, В.Г. Казаков, М.Д. Рубцов, Г.М. Втюрин, Е.Н. Руднева, Р.П. Михайлова, О.М. Терешенкова. – М. : ПКО “Картография”, 1999.
40. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
41. Добровольский В.В., Мельчаков Ю.Л. Динамика массообмена металлов в ландшафтно-геохимических условиях Среднего Урала / В.В. Добровольский, Ю.Л. Мельчаков // Природные и антропогенноизмененные биогеохимические циклы. Труды Биогеохимической лаборатории. – Т.21. М. : Наука, 1990. – С. 89-99.
42. Дорожукова С.Л., Янин Е.П., Волох А.А. Природные уровни ртути в некоторых типах почв нефтегазоносных районов Тюменской области / С.Л. Дорожукова, Е.П. Янин, А.А. Волох // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2000. – №1. – С. 157-162.
43. Душин В.А., Козьмин В. С., Сердюкова О. П. и др. Геология и комплексное редкометалльно-уран-ториевое оруденение маньхамбовского блока (Приполярный Урал) / В.А. Душин, В.С. Козьмин, О.П. Сердюкова // Литосфера. – 2012. – № 2. – С. 166-172.
44. Дымов А. А., Жангуров Е. В., Старцев В. В. Почвы северной части Приполярного Урала : морфология, физико-химические свойства, запасы углерода и азота / А.А. Дымов, Е.В. Жангуров, В.В. Старцев // Почвоведение. – 2013. – № 5. – С. 507–516.
45. Езупенок Е.Э. Макро- и микроэлементный состав торфов южно-таежной подзоны Западной Сибири / Е.Э. Езупенок // Химия растительного сырья. – 2003. – № 3. – С. 21-28.
46. Зайдельман Ф.Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв / Ф.Р. Зайдельман – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 316 с.
47. Золоев К.К. Прогнозно-минерагеническое районирование в форме кластерного анализа / К.К. Золоев // Литосфера. – 2009. – № 6. – С. 3-16.

- 48.Иванов К.С., Коротеев В.А., Федоров Ю.Н. и др. Строение зоны сочленения Приполярного Урала и Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна / К.С. Иванов, В.А. Коротеев, Ю.Н. Федоров // Литосфера. – 2004. – № 2. – С.108-124.
- 49.Иванова Е.Н. Классификация почв СССР / Е.Н. Иванова. – М. : Наука, 1976. – 227 с.
- 50.Ильин В.Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири / В.Б. Ильин // Почвоведение. –1987. – № 11. – С. 87-94.
- 51.Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
- 52.Инишева Л.И., Цыбукова Т.Н. Эколого-геохимическая оценка торфов юго-востока Западно-Сибирской равнины / Л.И. Инишева, Т.Н. Цыбукова // География и природные ресурсы. –1999. – № 1. – С.45 – 51.
- 53.Исаченко А.Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко – М. : Высшая школа, 1965. – 327 с.
- 54.Казанцева М.Н., Казанцев Ю.В. Материалы к изучению растительного покрова Уральских гор в пределах Ханты-Мансийского автономного округа / М.Н. Казанцева, Ю.В. Казанцев // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – №10. – С.37-48.
- 55.Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение / Л.О. Карпачевский – М. : ГЕОС, 2005. – 336 с.
- 56.Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины / под ред. Г.В. Добровольского, И.С. Урусевской. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997.
- 57.Карта четвертичных отложений СССР. Масштаб 1:2 500 000. – М. : Министерство геологии СССР; ВСЕГЕИ, 1973.
- 58.Касимов Н.С. Базовые концепции и принципы геохимии ландшафтов / Н.С. Касимов // Геохимия биосферы. Докл. Межд. науч.конф. Москва, 15-18 ноября 2006 г. – Смоленск : Ойкумена, 2006. – С.21-25.

- 59.Касимов Н.С. Геохимия степных и пустынных ландшафтов / Н.С. Касимов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 254 с.
- 60.Касимов Н.С. Пространственные аспекты фонового геохимического мониторинга / Н.С. Касимов, А.Н. Геннадиев, М.Ю. Лычагин // Геохимические методы в экологических исследованиях. – М.: ИМГРЭ, 1994. – С. 20-35.
- 61.Катаева М.Н. Доступность растениям химических элементов в почвах горной тундры на породах различного состава (Полярной Урал) / М.Н. Катаева // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 177–186.
- 62.Классификация и диагностика почв России / авторы и составители : Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
- 63.Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 221 с.
- 64.Климатическая справка по метеостанциям Сосьва, Няксимволь и Саранпауль за период 2003-2007 гг. ГУ «Ханты-Мансийский окружной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». – 2008. – 19 с.
- 65.Климатическая характеристика зоны освоения нефти и газа Тюменского Севера / под ред. К.К. Казачков. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 200 с.
- 66.Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М. : Наука, 1985. – 263 с.
- 67.Ковда В.А. Основы учения о почвах: кн. 2. – М. : Наука, 1973. – 468 с.
- 68.Комар И.В., Чикишев А.Г. Введение: кн. «Урал и Приуралье» – М. : Наука, 1968. – С. 7-18.
- 69.Конторович А.Э. Формы миграции элементов в реках гумидной зоны (по материалам западной Сибири и других регионов) / А.Э. Конторович // Геохимия осадочных пород и руд. – М., 1968. – С.88-101.
- 70.Концепция комплексного промышленного освоения Приполярного Урала на основе опережающего развития транспортной и энергетической инфраструктуры. Раздел «Недропользование» : отчет о НИР (в 3-х книгах) / Золоев К.К., Федоров О.П. и др. – Екатеринбург – Ханты-Мансийск :

Департамент по нефти, газу и минеральным ресурсам Ханты-Мансийского автономного округа-Югры, ОАО «НПЦ Мониторинг», 2005. – 506 с.

71. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б.И. Кочуров. – Москва-Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
72. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа: Животные, растения, грибы / редактор-составитель А.М. Васин. – Екатеринбург : Пакрус, 2003. – 376 с.
73. Крештапова В.Н. Методические рекомендации по оценке содержания микроэлементов в торфяных месторождениях Европейской части РСФСР / В.Н. Крештапов. – М. : Геолторфразведка, 1974. – 200 с.
74. Кузьменкова Н.В. Миграция и аккумуляция ^{137}Cs в ландшафтах северо-западной части Кольского полуострова : автореф. дисс. ...канд. геогр. наук : 25.00.36 / Кузьменкова Наталья Викторовна – М., 2010. – 25 с.
75. Куницын Л.Ф. Урал : кн. «Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь» / отв. редактор тома Г.Д. Рихтер. – М. : Изд-во академии наук СССР, 1963. – С. 405-416.
76. Летувнинкас А.И. Антропогенные геохимические аномалии и природная среда / А.И. Летувнинкас – Томск : Изд-во НТЛ, 2002. – 290 с.
77. Магидович И.П., Магидович В.И. Очерки по истории географических открытий / И.П. Магидович – Т. 4. – М., 1985. – 335 с.
78. Микроэлементы в почвах Советского Союза / под ред. В.А. Ковды, Н.Г. Зырина. – М. : Изд-во МГУ, 1973. – 281 с.
79. Михайлов Р.П., Михайлова И.С. Некоторые геохимические особенности подгольцового пояса Косьвинского Камня / Р.П. Михайлов, И.С. Михайлова // Растительность лесотундры и пути ее освоения. – Л. : Наука, 1967. – С. 146-150.
80. Москаленко Б.К. Биологические основы эксплуатации и воспроизводства сиговых рыб Обского бассейна / Б.К. Москаленко. – Тюмень : Сред.-Урал. кн. изд-во, 1958 – 251 с.

81. Москаленко Б.К. Сиговые рыбы Обского бассейна / Б.К. Москаленко. – Тюмень : Тюменское книжное изд-во, 1955. – 107 с.
82. Москаленко Б.К. Сиговые рыбы Сибири / Б.К. Москаленко. – М. : Пищепром, 1971. – 184 с.
83. Москвина Н.Н., Козин В.В. Ландшафтное районирование ХМАО / Н.Н. Москвина, В.В. Козин. – Ханты-Мансийск : ГУИПП «Полиграфист», 2001. – 40 с.
84. Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д.В. Московченко // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 63-70.
85. Московченко Д.В. Геохимия ландшафтов севера Западно-Сибирской равнины : структурно-функциональная организация вещества геосистем и проблемы экодиагностики : дис. ...доктора географических наук : 25.00.23 / Московченко Дмитрий Валерьевич. – Санкт-Петербург, 2010. – 391 с.
86. Московченко Д.В. Ландшафтно-геохимические особенности Приполярного и Северного Урала / Д.В. Московченко // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – № 10. – С. 197-209.
87. Московченко Д.В. Нефтедобыча и окружающая среда : эколого-геохимический анализ Тюменской области / Д.В. Московченко. – Новосибирск : Наука. Сиб. предприятие РАН, 1998. – 112 с.
88. Московченко Д.В. Экогеохимия нефтегазодобывающих районов Западной Сибири / Д.В. Московченко; отв. ред. С.П. Арефьев; Рос. академ. Наук, Сиб. отд-ние, Институт проблем освоения Севера. – Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2013. – 259 с.
89. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Нефтяное загрязнение поверхностных вод на территории ХМАО-Югры / Д.В. Московченко, А.Г. Бабушкин // Экология и промышленность России. – Апрель 2014. – С. 34-38.
90. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Экогеохимия гидросферы на участках нефтедобычи Западной Сибири (современный состав вод и донных отложений на месторождениях ХМАО-Югры) / Д.В. Московченко, А.Г. Бабушкин. –

- Саарбрюккен : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2012. – 115 с.
91. Нечаева Е.Г. Гидрохимическая обстановка в таежном Обь-Иртыше / Е.Г. Нечаева // География и природные ресурсы. – 1994. – №1. – С.110-117.
92. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимический анализ динамики таежных геосистем / Е.Г. Нечаева. – Иркутск, ИГ СО РАН, 1985. – 210 с.
93. Нечаева Е.Г. Ландшафтно-геохимическое районирование Западно-Сибирской равнины / Е.Г. Нечаева // География и природные ресурсы. – 1990. – № 4. – С. 77-83.
94. Нечаева Е.Г. Методологические аспекты ландшафтно-геохимического мониторинга и географического прогнозирования : кн. «Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов» / Е.Г. Нечаева, И.А. Белозерцева, Е.В. Напрасникова и др. – Новосибирск : Наука, 2010. – С. 12-33.
95. Новиков В.П., Котов Г.Н. О состоянии ресурсов лося в тайге Нижнего Приобья // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Биол. – 1990. – Т. 95. – Вып. 3. – С. 34-37.
96. Опекунов А.Ю. Экологическая седиментология / А.Ю. Опекунов. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2012. – 224 с.
97. Оперезающие геофизические и геохимические работы масштаба 1:200 000 для регионального минерагенического районирования Уральской части территории ХМАО за 2003-2007 гг. (в двух томах, трех книгах, двух папках) : отчет о НИР / Шатнов В.Ю., Чурсин А.В. и др. – Управление по недропользованию по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре (ЮГРА-НЕДРА), ОАО «Александровская опытно-методическая экспедиция», 2007. – 778 с.
98. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1975. – 342 с.
99. Перельман А.И. Геохимия природных вод / А.И. Перельман. – М. : Наука, 1982. – 154 с.

100. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1989. – 528 с.
101. Перельман А.И., Борисенко Е.Н., Воробьев А.Е. и др. Параметры самоорганизации природных геохимических ландшафтов / А.И. Перельман, Е.Н. Борисенко, А.Е. Воробьев // Изв. Акад. Наук. Серия географическая. – 1996. – № 5. – С. 7-10.
102. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.В. Касимов. – М. : Астрей-2000, 1999. – 763 с.
103. Пиковский Ю.И. Дифференциация геохозяйственных систем как составная часть ландшафтно-геохимического районирования (на примере нефтедобывающего производства) / Ю.И. Пиковский // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. Сборник сто двадцатый. – М. : Мысль, 1983. – С. 109-117.
104. Пиковский Ю.И. Прогнозное районирование территорий по геоэкологическим рискам при добыче и транспортировке нефти (к 30-летию пионерных исследований М.А. Глазовской) / Ю.И. Пиковский // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. Москва, 4-6 апреля 2012 г., М. : Географический факультет МГУ, 2012. – С. 254-255.
105. Погодина Г.С., Розов Н.Н. Почвы : кн. «Урал и Приуралье». – М. : Наука, 1968. – С. 167-210.
106. Польшов Б.Б. Избранные труды / Б.Б. Польшов. – М. : Изд. АН СССР, 1956. – 752 с.
107. Постановление Правительства автономного округа от 23 декабря 2011 г. № 485-п «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» / Собрание законодательства ХМАО-Югры. – № 12. – Ч. 2. – Т. 2. – С. 1258.

108. Постановление Правительства автономного округа от 29 июля 2003 г. № 302-п «Об утверждении требований к определению исходной загрязненности компонентов природной среды, проектированию и ведению локального экологического мониторинга в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры». Режим доступа: <http://www.ecougra.ru/politic/base/summary/legal/gosreg/control/8>.
109. Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России : Учеб. для студ. пед. высш. учеб. заведений : в 2 ч. / Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – Ч. 2. – 304 с.
110. Ресурсная оценка земель Березовского района ХМАО. – Братск: ФГУП «Ангарское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие», 2002. – 44 с.
111. Романова Т.И., Спиридонов А.Н., Спиридонова С.Ф. Геохимическая характеристика поверхностных вод бассейна реки Северная Сосьва / Т.И. Романова, А.Н. Спиридонов, С.Ф. Спиридонова // Вестник Югорского гос. ун-та. – 2009. – Вып. 3 (14). – С. 74-79.
112. Рудный потенциал Ханты-Мансийского автономного округа. Стратегия и тактика геологоразведочного и горнорудного производства / под редакцией К.К. Золоева, М.С. Рапопорта, А.В. Сурганова, В.Н. Хрыпова. – Екатеринбург – Ханты-Мансийск : Правительство Ханты-Мансийского автономного округа, Департамент природных ресурсов по Уральскому региону, Департамент по нефти, газу и минеральным ресурсам Ханты-Мансийского автономного округа, 2001. – 176 с.
113. Савичев О.Г., Льготин В.А. Пространственные изменения химического состава рек Томской области / О.Г. Савичев, В.А. Льготин // География и природные ресурсы. – 2008. – № 1. – С. 46-51.
114. Сальдау М.П. Питание рыб Обь-Иртышского бассейна / М.П. Сальдау // Изв. ВНИОРХ. – Т. 28. – 1949. – С. 175-225.

115. Семёнов Ю.М. Ландшафтно-географическое обеспечение экологической политики природопользования в регионах Сибири / Ю.М. Семёнов // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 16-21.
116. Семенов Ю.М. Ландшафтно-геохимический синтез и организация геосистем. – Новосибирск : Наука, 1991. – 144 с.
117. Семиколенных А. А., Бовкунов А.Д., Алейников А.А. Почвы и почвенный покров таежного пояса Северного Урала (верховья реки Печора) / А.А. Семиколенных, А.Д. Бовкунов, А.А. Алейников // Почвоведение. – 2013. – № 8. – С. 911–923.
118. Семячков А.И., Рудакова Л.В., Почечун В.А. Обеспечение экологической безопасности жизненных циклов горнодобывающих предприятий / А.И. Семячков, Л.В. Рудакова, В.А. Почечун // Экономика природопользования. – 2013. – № 1. – С. 53-71.
119. Смолоногов Е.П., Вегерин А.М. Комплексное районирование лесов Тюменской области / Е.П. Смолоногов, А.М. Вегерин. – Свердловск : Изд-во ИЭРиЖ УНЦ АН СССР, 1980. – 88 с.
120. Снытко В.А. Геохимические аспекты исследования топогеосистем / В.А. Снытко // Топологические аспекты учения о геосистемах. – Новосибирск : Наука, 1974. – С. 138-174.
121. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов / Н.П. Солнцева. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 376 с.
122. Солодянкина С.В. Ландшафтно-экологическое планирование для оптимизации природопользования : учеб. пособие / С.В. Солодянкина, М.В. Левашёва. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 170 с.
123. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К. и др. Анализ регионального геохимического фона как основа эколого-геохимического картирования равнинных территорий : на примере северной части Западно-Сибирского региона / Е.П. Сорокина, Н.К. Дмитриева, Л.К. Карпов // Прикладная геохимия. Экологическая геохимия. – 2001. – № 2. – С. 316-338.

124. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К. и др. Дифференциация геохимического фона природной среды на основании ландшафтно-геохимического районирования территории / Е.П. Сорокина, Н.К. Дмитриева, Л.К. Карпов // География и природные ресурсы. – 2007. – № 2. – С. 143-152.
125. Соромотин А.В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири: монография / А.В. Соромотин. – Тюмень : Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. – 320 с.
126. Сочава В.Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах / В.Б. Сочава // Топологические аспекты учения о геосистемах. – Новосибирск : Наука, Сиб. Отд., 1974. – С. 3-86.
127. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. – М., 1990. – С. 278.
128. Справочник по климату СССР. – Вып. 17. – Ч. 2. Температура воздуха и почв. – Л. : Гидрометеиздат, 1965. – 276 с.
129. Справочник по климату СССР. – Вып. 17. – Ч. 3. Ветер. - Л. : Гидрометеиздат, 1967. – 298 с.
130. Справочник по климату СССР. – Вып. 17. – Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 259 с.
131. Справочник по климату СССР. – Вып. 17. – Ч. 5. Облачность и атмосферные явления. – Л. : Гидрометеиздат, 1969. – 205 с.
132. Страх Л. И., Ивашкевич И. И. Геохимические барьеры краевой зоны болота Полесья / Л.И. Страх, И.И. Ивашкевич // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2000. – № 1. – С. 101-105.
133. Схематическая ландшафтно-геохимическая карта Урала 1:500000 : отчет Уральской ландшафтно-геохимической экспедиции МГУ / М.А. Глазовская, А.В. Гедымин, А.А. Азаров. – Свердловск : МГУ, Уральская ландшафтно-геохимическая экспедиция, 1962. – 283 с.
134. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири / А.И. Сысо. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. – 275 с.

135. Сысо А.И. Общие закономерности распределения микроэлементов в покровных отложениях и почвах Западной Сибири / А.И. Сысо // Сиб. экол. Журнал. – 2004. – № 3. – С. 273-287.
136. Таргульян В.О. Почвенно-геохимическое районирование холодно-влажных областей севера Евразии. Растительность лесотундры и пути ее освоения / В.О. Таргульян. – Л. : Наука, 1967. – С.13-19.
137. Таргульян В.О. Почвовообразование и выветривание в холодных гумидных областях / В.О. Таргульян. – М. : Наука, 1971. – 268 с.
138. Требования к определению исходной загрязненности компонентов природной среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Приложение № 1 к постановлению Правительства Ханты-Мансийского автономного округа от 29 июля 2003 г. № 302-п). Режим доступа: <http://www.ecougra.ru/politic/base/summary/legal/gosreg/control/8>.
139. Успин А.А., Успина Ф.Ф. Климат и опасные явления погоды на Урале / А.А. Успин, Ф.Ф. Успина. – Екатеринбург : Банк культурной информации, 2004. – 112 с.
140. Физико-географическое районирование Тюменской области / под ред. Н.А. Гвоздецкого. – М. : Изд-во Московского университета, 1973. – С. 25-26.
141. Фирсова В.П., Дедков В.С. Почвы высоких широт горного Урала / В.П. Фирсова, В.С. Дедков. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1983. – 97 с.
142. Фишман А.М. Медь на Северном Урале / А.М. Фишман // Вестник Ин-та геологии КомиНЦ УрО РАН. – 2004. – № 12. – С. 6-7.
143. Хакназаров С.Х. Коренные малочисленные народы в условиях интенсивной эксплуатации энергетических ресурсов ХМАО : Состояние и перспективы / под редакцией А.И. Летувнинкаса / С.Х. Хакназаров. – Томск : Изд-во Том. Ун-та, 2003. – 172 с.
144. Характеристика экосистемы реки Северной Сосьвы. – Свердловск : УрО АН СССР, 1990. – 251 с.

145. Хренов В.Я. Почвы Тюменской области : Словарь-справочник / В.Я. Хренов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 156 с.
146. Хренов В.Я. Содержание микроэлементов в почвообразующих породах севера Тюменской области / В.Я. Хренов // География и природные ресурсы. – 1987. – № 3. – С. 163-165.
147. Черных Д.В., Булатов В.И. Горные ландшафты : пространственная организация и экологическая специфика. Аналит. обзор / науч. ред. В.М. Плюснин / Д.В. Черных, В.И. Булатов. – Новосибирск : ГПНТБ, ИВЭП СО РАН, 2002. – 83 с.
148. Шварцев С.Л., Савичев О.Г. Эколого-геохимическое состояние крупных притоков Средней Оби / С.Л. Шварцев, О.Г. Савичев // Водные ресурсы. – 1997. – № 6. – С. 762-768.
149. Шварцев С.Л., Савичев О.Г., Вертман Г.Г., и др. Эколого-геохимическое состояние речных вод Средней Оби / С.Л. Шварцев, О.Г. Савичев, Г.Г. Вертман и др. // Водные ресурсы. – 1996. – Т. 23. – № 6. – С. 723-731.
150. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Бычков В.Я., Шварцева Н.М. Условия формирования подземных вод активного водообмена юго-востока Западно-Сибирского артезианского бассейна. Пресные и маломинерализованные подземные воды Западной Сибири : Межвуз. сб. науч. тр. / С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, В.Я. Бычков, Н.М. Шварцева. – Тюмень : ТюмИИ, 1989. – С. 17-28.
151. Шмелев В.Р. Магматические комплексы зоны главного Уральского разлома (Приполярный сектор) в свете новых геохимических данных / В.Р. Шмелев // Литосфера. – 2005. – № 2. – С. 41-59.
152. Экологические проблемы индустрии туризма на Приполярном Урале / сост. В.С. Дедков. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2002. – 176 с.
153. Юшкин Н.П. Урал промышленный-Урал Полярный / Н.П. Юшкин // Вестник Ин-та геологии КомиНЦ УрО РАН. – 2006. – №1. – С.13-14.
154. Canadian Environmental Quality Guidelines. Summary table. – Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002 (www.ccme.ca/assets/pdf/e1_06.pdf).

155. Hammer, III., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
156. Long, E. R., MacDonald D. D., Smith S. L., and F. D. Calder. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*. – 1995. – V.19(1) – pp. 81-97.
157. Martin, J.M. and Meybeck, M. Elemental mass-balance of material carried by major world rivers, *Marine Chemistry*. – 1979. – № 7. – pp. 173–206.
158. MacDonald D.D., Ingersoll C.G., T.A.Berger. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems // *Archives of environmental contamination and toxicology*. – 2000. – V.39. – pp. 20-31.