

На правах рукописи



Архипов Александр Леонидович

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ И ЭКОГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЮЖНО-МИНУСИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ  
(РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

Автореферат на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2011

Работа выполнена на кафедре динамической геологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Парначев Валерий Петрович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Язиков Егор Григорьевич  
кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент Ананьев Владимир Анатольевич

Ведущая организация: Институт горного дела, геологии и геотехнологий  
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,  
г. Красноярск

Защита состоится 26 декабря 2011 года в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.19 при Томском государственном университете по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, Главный корпус ТГУ, ауд. 243.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета.

Автореферат разослан 25 ноября 2011 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



Савина Н.И.

**Актуальность работы** определяется тем, что в последнее время намечается тенденция к увеличению негативного влияния на геологическую среду в результате антропогенного воздействия, как на локальном, так и на региональном уровне. Этот вопрос поднимался в работах Ф.В. Котлова [1978], Ю.Е. Саета [1990], Н.А. Ясманова [1993], В.Т. Трофимова [1997, 2003, 2007], Б.И. Кочурова [2003] и многих других авторов, в которых детально рассмотрены основные проблемы геоэкологии.

На территории Южно-Минусинской котловины находятся различные уникальные природные объекты (бессточные солёные озёра, ареолы распространения редких растений, места гнездования перелётных птиц и т.п.), которые подвержены антропогенному воздействию, и если не вести контроль за их состоянием, то они могут исчезнуть. Основным источником антропогенного загрязнения является промышленный и сельскохозяйственный комплекс. Несмотря на снижение в 90-х годах прошлого столетия темпов роста экономики в стране в целом, а по некоторым отраслям полной остановки производства, негативное влияние на геологическую среду Южно-Минусинской котловины не снизилось. Угольные карьеры и шахты, добыча железной руды, Саянский алюминиевый завод и т.д. – вот неполный перечень предприятий, которые интенсивно развивались и продолжают развиваться [Худяков и др., 2006]. Не стоит сбрасывать со счетов и такие крупные объекты, созданные в советский период, как водохранилища и гидромелиоративные системы. Но загрязнение территории происходит не только на локальном уровне. Радиоактивные следы от испытания ядерного оружия прослеживаются и на территории Южной Хакасии.

**Целью** данной работы является анализ современного геоэкологического состояния геологической среды Южно-Минусинской котловины и в частности:

- оценка современного состояния различных объектов геологической среды (почвы, подземные и поверхностные воды) и влияния экзогенных геологических процессов;
- выявление природных и антропогенных источников загрязнения геологической среды;
- выделение районов с опасными и неблагоприятными природными и антропогенными факторами.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

- 1) Оценить интенсивность современных экзогенных и эндогенных геологических процессов.
- 2) Изучить характер распределение микроэлементов, тяжёлых металлов и радионуклидов в почвах.
- 3) Изучить характер распределение микроэлементов и тяжёлых металлов в донных отложениях, а также в поверхностных и подземных водах.

**Объекты и методы исследований.** В основу диссертационной работы положены результаты исследований по изучению различных компонентов геологической среды Южно-Минусинской котловины Хакасской научной экспедицией Томского государственного университета в 1995-2001 гг., в работе которой, автор принимал непосредственное участие.

Объектами исследований явились почвы, донные отложения, поверхностные и подземные воды, из которых было отобрано и проанализировано различными методами более тысячи образцов.

Исследования проводились по х/д № 277 «Оценка состояния природных ресурсов и создание экологического атласа территории Республики Хакасия», х/д № 284; 3-Т «Исследование рапы минеральных озёр и солончаков Республики Хакасия с целью оценки особенностей распределения редких щелочей, галогенных и сопутствующих элементов (литий, рубидий, цезий, бром, бор, фтор)», а также в рамках научно-технической программы: «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники» подпрограмма: 007 «Научные исследования высшей школы по экологии и рациональному природопользованию (Регистрационный номер проекта / НИР:06.01.12. по гранту INTAS 97-0519.

**Научная новизна работы** состоит в том, что:

- дана геоэкологическая оценка экзогенным быстропротекающим процессам;
- дана геохимическая характеристика почвенного покрова, подземных и поверхностных вод на региональном уровне;
- впервые рассчитаны региональные коэффициенты концентрации для всех типов почв, а для основных типов почв (чернозёмов обыкновенных, чернозёмов выщелоченных и каштановых) рассчитаны региональные кларки;
- сформирована информационно-картографическая база данных для решения задач федерального и регионального уровня.

**Практическая значимость** определяется возможностью использования результатов исследований при создании региональной компьютерной базы данных, прогнозировании ближайших и отдаленных последствий антропогенного воздействия. Полученные результаты могут быть применены при геоэкологическом мониторинге состояния природной среды с возможным определением медицинских, санитарных, зоотехнических и других проблем, возникших в зонах загрязнения. Результаты могут быть также использованы в сфере принятия управленческих решений организациями республиканского, федерального и международного уровней.

Материалы исследований переданы и используются Госкомитетом по охране окружающей среды Республики Хакасия, а также в образовательном процессе Томского государственного университета по специализациям «Экологическая геология» и специальности «Геоэкология» ОЗО и Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова по специальности «Экология природных комплексов».

**Защищаемые положения:**

1. Экзогенные геологические процессы (ЭГП) на региональном уровне проявляются повсеместно и представлены дефляцией и коррозией. Эрозионно-аккумулятивные, гравитационные, карстообразующие процессы, а также заболачивание и засоление проявлены локально и зависят от геологических и геоморфологических особенностей территории. Экологическое состояние всей территории по влиянию ЭГП можно оценить как *условно удовлетворительное*, и лишь на отдельных участках интенсивного развития отдельных ЭГП – *неудовлетворительное*.
2. Геохимические особенности распределения элементов в почвах Южно-Минусинской котловины позволили разделить их на четыре группы с различным уровнем концентрации. Это даёт возможность выделить Южно-

Минусинскую геохимическую область с дефицитом *Sn, Be, Mn, Ga, Y, Zr* и с избыточным содержанием *Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb и Sc*.

3. Экогеохимическое состояние почвенного покрова на региональном уровне характеризуется стабильным распределением микроэлементов, что дает возможность на базе представительных выборок впервые рассчитать стандарт (*региональный кларк*) трёх основных почв региона: **обыкновенных чернозёмов, южных чернозёмов и каштановых почв.**
4. Содержание макро- и микрокомпонентов природных вод на региональном уровне достаточно стабильно и хорошо согласуется с кларками С.Л. Шварцева [1998]. Повышенные концентрации поллютантов на локальном уровне в природных водах контролируются не только природными (засоление), но и антропогенными факторами (горнорудные предприятия, СаАЗ). Экологическое состояние природных вод Южно-Минусинской котловины оценивается как *удовлетворительное*, а по отдельным показателям в локальных точках достигает уровня *кризисной* и даже *катастрофической* ситуации.

**Публикации и апробация работы.** Результаты работы, полученные автором, докладывались на научных форумах и конференциях различного уровня: Научной конференции, посвященной 120-летию Томского государственного университета (Томск, 1998); III Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых имени академика М.А. Усова (Томск, 1999); XXXVII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 1999); Южно-сибирской Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Красноярск, 2000); III Международном совещании «Геохимия биосферы» (Ростов-на-Дону, 2001); VI Международной экологической конференции студентов и молодых ученых «РИО+10: Экологическая безопасность как ключевой фактор устойчивого развития» (Москва, 2002); III Всероссийской научной конференции «Современные проблемы почвоведения и оценка земель Сибири» (Томск, 2005); IV Международной научно-технической конференции (Красноярск, 2006); VIII Научной конференции по тематической картографии «Геоинформационное картографирование для сбалансированного территориального развития» (Иркутск, 2006); Международной научной конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения академика К.И. Лукашёва (Минск, 2007). По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них 1 в издании, рекомендованном ВАК.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, общим объёмом 217 страниц, в том числе 36 таблиц, 25 рисунков и 5-ти приложений, содержащих 22 таблицы и 24 рисунка. Список литературы содержит 116 наименований: 106 опубликованных, в том числе 2 на иностранном языке и 13 фондовых источников.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы. Определены цели и задачи диссертационной работы, обозначен вклад автора в исследованиях по данной теме, отражена научная новизна работы и практическая значимость полученных результатов. **В первой главе** приводится физико-географическое описание района, рассмотрены климатические условия, геоморфологические, гидрологические и биологические особенности, экономика района. **Во второй главе** приводится описание основных этапов и методов работы, видов анализов и объёмы выполненных работ. **В третьей главе** рассматривается геологическое строение исследуемой территории,

описываются современные эндогенные и экзогенные процессы, преобладающие на территории котловины, дана геоэкологическая оценка их воздействия на геологическую среду. **В четвертой главе** приводится структура почвенного покрова, полное и детальное описание геохимического состояния почв. Определяются региональные кларки основных типов почв – чернозёмов обыкновенных, чернозёмов выщелоченных и каштановых. **Пятая глава** посвящена вопросу экологического состояния водных ресурсов исследуемой территории, рассматриваются химический состав подземных и поверхностных вод, донных отложений. **В заключении** подведены итоги исследований, сформулированы основные выводы.

**Благодарности.** Автор выражает свою глубокую признательность и искреннюю благодарность научному руководителю – заведующему кафедрой динамической геологии доктору геолого-минералогических наук, профессору Валерию Петровичу Парначёву и научному консультанту – кандидату геолого-минералогических наук, доценту Николаю Андреевичу Макаренко, а также ассистенту Архиповой Наталии Владимировне за практическую помощь, всестороннее внимание и огромное терпение.

Автор также благодарит директора Биологического института ТГУ, доктора биологических наук, профессора Сергея Павловича Кулижского, за помощь по вопросам, связанных с изучением почвенного покрова; сотрудников проблемной научно-исследовательской гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета Юлию Григорьевну Копылову и Ирину Валерьевну Сметанину за предоставленные материалы по поверхностным и подземным водам; Дэвида Бэнкса (Шеффилдский университет, Великобритания) за предоставленные материалы по химическому составу подземных вод родников и скважин; сотрудников НИИ курортологии и физиотерапии Наилу Кашафовну Джабарову и Надежду Георгиевну Клопотову за предоставленные материалы по исследованию минеральных вод озёр.

### **Обоснование защищаемых положений**

**Первое защищаемое положение.** *Экзогенные геологические процессы (ЭГП) на региональном уровне проявляются повсеместно и представлены дефляцией и коррозией. Эрозионно-аккумулятивные, гравитационные, карстообразующие процессы, а также заболачивание и засоление проявлены локально и зависят от геологических и геоморфологических особенностей территории. Экологическое состояние всей территории по влиянию ЭГП можно оценить как условно удовлетворительное, и лишь на отдельных участках интенсивного развития отдельных ЭГП – неудовлетворительное.*

На территории Южно-Минусинской котловины наиболее интенсивно развиваются эоловые (дефляция и коррозия), эрозионно-аккумулятивные, гравитационные процессы, карстообразование, геологическая деятельность озёр, болот и солончаков.

**Эоловые процессы.** На территории Южно-Минусинской котловины, одним из факторов, способствующих развитию эоловых процессов, является постоянство направления и высокая скорость ветров, которые зависят от топографических особенностей котловины. В Койбальской степи в связи с преобладающим юго-западным и западным направлениями ветров наибольшей эоловой денудации подвержены южные склоны, а северные – аккумуляции. Наблюдаемые темпы педиментации для южных склонов составляют 2,5-3,0 мм/год, тогда как для северных

1 мм/год. На северных склонах наряду с дефляцией и корразией идут процесс аккумуляции, которые достигают здесь 2 мм/год [Природные режимы..., 1976]. При этом отложения, которые накапливаются в зимний период, в летний разрушаются и транспортируются за пределы исследуемой территории.

Результатом эоловой деятельности можно считать образование степей в низовьях р. Абакан. Койбальская степь имеет тенденцию к опустыниванию. Здесь развиваются пески Бюрек и Алексей-Бюрек общей площадью около 120 км<sup>2</sup> (рис. 1).

Следует отметить, что со временем характер эоловых процессов изменился – раньше преобладали аккумулятивные процессы, а в настоящее время происходит преимущественно дефляция и корразия.

В связи с освоением целины в середине прошлого века, увеличилась доля пахотных земель за счёт сенокосов и пастбищ, что привело к вспышке эрозионных процессов (в основном дефляции). По всей Республики Хакасия доля от всех нарушенных сельхозугодий ветровой эрозией составляет 50 % [Государственный доклад ..., 1998]. Негативное влияние эоловые процессы преимущественно оказывают на сельское хозяйство и проявляются в:

- выдувании плодородного слоя почвы;
- засорении пашни, пастбищ и сенокосов песком;
- снижении плодородия почв, вследствие иссушения;
- косвенном влиянии на снижение веса домашних животных, содержащихся на подножном корму из-за ухудшений условий добывания корма и снижение его питательности.

Основные меры по борьбе с проявлением и последствиями эоловых процессов сводятся к внедрению современной системы земледелия. Под этим подразумевается: правильный севооборот, тщательная обработка почв, своевременное проведение сева, обсадка полей севооборотов древесно-кустарниковыми насаждениями, устройство водоёмов и прудов, последующее орошение пахотных земель и прочие мероприятия.

*Эрозионно-аккумулятивные процессы водных потоков* сводятся к разрушению почв и грунтов, перемещению разрушаемого материала постоянными или временными водотоками, а также к их аккумуляции (переотложению).

Основной формой эрозионного рельефа являются долины постоянных и временных водотоков. Восточной границей исследуемой территории является р. Енисей. Её долина характеризуется чередованием расширенных и узких участков, в связи с этим можно наблюдать и разное количество террас. Часть долины, приближённая к Западному Саяну, имеет максимальную ширину до 6 км. Участок после устья р. Абакан затоплен Красноярским водохранилищем. Наибольшую ширину долины имеет р. Абакан возле устья р. Уйбат, где она достигает 18 км. Высота первой надпойменной террасы 10-12 м, а второй достигает 22 м. Долины этих рек отличает дробление русла на множество рукавов, местами они заболочены.

Процессы оврагообразования, протекающие на исследуемой территории, характерны для овражно-балочного и куэстово-грядового ландшафтов и связаны с действием поверхностных временных и постоянных водотоков. Наиболее интенсивно эрозии подвержены участки с нелитифицированными кайнозойскими отложениями в основании разреза. Р.И. Салюкова [1974, 1976] в своих исследованиях показала, что овраги полностью отсутствуют в подтаёжной зоне, в лесостепной зоне их плотность доходит до 0,09 км/км<sup>2</sup>, а в степной – 0,1 км/км<sup>2</sup>.





*Гравитационные процессы.* Среди гравитационных процессов, наблюдаемых в Южно-Минусинской котловине выделяются: обвально-осыпные процессы, дефлюкция, солифлюкция и делювиальный смыв.

Одним из явных проявлений обвально-осыпных процессов можно назвать куэсты, образование которых непосредственно связано с геологическим строением и проявляется при пологом залегании вулканогенно-осадочных горных пород.

Для куэст характерно асимметричное строение – один склон пологий (и совпадает с простираем горных пород), а противоположный – крутой. Протягиваться куэсты могут на большие расстояния, измеряемые километрами. Куэсты распространены в степной части в центральных частях Южно-Минусинской котловины (см. рис. 1). Ближе к горным сооружениям появляются участки со структурно-эрозионным грядово-куэстовым низкогорным рельефом с высотой гряд до 150 м и шириной от 1 до 4 км. У их подножия можно часто наблюдать характерные делювиальные шлейфы. Межгрядовые понижения достигают 1,5-2 км.

Рашба И.Н. [1975, 1977] отмечает закономерность в процессах склонообразования и связывает это с периодичностью влияния климатических условий Южно-Минусинской котловины. Так, в осенне-зимний период преобладают эоловые процессы, в весенний – нивационно-дефлюкционные, в весенне-летний период снова активизируются эоловые процессы, а делювиальные процессы наиболее интенсивны в летне-осенний период. Также им отмечено и увеличение скорости эрозии на склонах при антропогенном воздействии в 2-3 раза.

*Карстообразование.* Процессы карстообразования на территории Южно-Минусинской котловины принимают разную форму и имеют различную интенсивность. Активный карст распространён на территории Койбальской степи, где карстовые воронки приурочены преимущественно к выходам ямкинской свиты нижнего карбона. Это связано с двумя факторами:

- 1) в нижней части разреза ямкинской свиты имеются легко выщелачиваемые породы – известняки;
- 2) подстилающие отложения – породы соломинской свиты ( $C_1sl$ ) – слагают гребни куэстовых гряд, а перекрывающее отложения – породы байновской свиты ( $C_1bs$ ) – в рельефе образуют пологие гряды.

Таким образом, отложения ямкинской свиты приурочены к понижениям рельефа, где происходит скопление вешних и дождевых вод, что способствует развитию процессов выщелачивания известняков. Воронки могут достигать до 6 м в диаметре и 3 м глубины.

Но существуют такие карстовые формы, которые и сейчас находятся в стадии формирования и охватывают значительную часть Южно-Минусинской котловины. К ним относятся многочисленные озёрные котловины. Наиболее интенсивно они развиваются в Уйбатской степи в зоне её соприкосновения с Батенёвским кряжем. Здесь создаются благоприятные условия для карстообразования – отсутствие водотоков, малое количество осадков (менее 200 мм/год), близкое залегание коренных пород к поверхности. С близрасположенных гор стекают ручьи, которые уходят под землю, а затем появляются в виде заболоченных пониженных участков, или в виде озёр. В качестве примера можно привести озеро Улугколь, имеющее карстово-тектоническое происхождение. Следует отметить, что котловина рассматриваемого озера расположена в отложениях ямкинской свиты. Такие озёра имеются и в Койбальской степи –

Черное, Солёное и др. Для всех этих озёр характерна небольшая глубина, преобладание подземного питания и повышенная минерализация воды.

*Деятельность озёр* заключается в размыве берегов и дна, перераспределении материала внутри озера и накоплении осадков на дне и склонах озёрных котловин. На территории Южно-Минусинской котловины в левобережной части р. Енисей крупные озёра (более 6 км<sup>2</sup>) отсутствуют (рис. 1). В основном, они приурочены к понижениям рельефа и часто связаны с тектоническим строением района. Процессы лимноабразии (озёрной абразии) выражены слабо и озёра выполняют аккумуляющую роль.

Часто с озёрами связано заболачивание и засоление. Площади интенсивного засоления и заболачивания небольшие, и часто связаны с котловинами солёных озёр. На территории Южно-Минусинской котловины болота приурочены к долинам крупных рек (р. Енисей, средняя и нижняя частях р. Абакан) и котловинам мелких озёр, которые часто в жаркий период пересыхают. Солончаки, как и болота, приурочены к котловинам озёр и долинам рек.

Таким образом, экзогенные геологические процессы на региональном уровне представлены эоловыми процессами, такими как дефляция и коррозия, развитыми повсеместно. Класс состояния территории [по Трофимову, Красиловой, 2000] можно оценить как условно удовлетворительный, а на отдельных участках неудовлетворительный. На локальном уровне проявляются иные процессы: эрозионно-аккумулятивные, гравитационные, карстообразующие, а также заболачивание и засоление, интенсивность которых, главным образом, зависит от геологических и геоморфологических особенностей территории, но часто усугубляются антропогенным воздействием. Территория по этим показателям, относится преимущественно к удовлетворительному классу состояния, местами – условно-удовлетворительному.

**Второе защищаемое положение.** *Геохимические особенности распределения элементов в почвах Южно-Минусинской котловины позволили разделить их на четыре группы с различным уровнем концентрации. Это даёт возможность выделить Южно-Минусинскую геохимическую область с дефицитом Sn, Be, Mn, Ga, Y, Zr и с избыточным содержанием Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb и Sc.*

На территории Южно-Минусинской котловины было отобрано и проанализировано 1142 пробы почв. Распределение точек опробования на территории котловины является равномерным со сгущением в местах детального опробования. Места детализации представляют собой участки изменённой природной среды под влиянием природных и антропогенных факторов и рекреационные участки.

Распределение количества анализов проб по типам почв пропорционально площадному распространению почв на территории котловины. На долю южных и обыкновенных чернозёмов приходится 54,3% всех проб (359 и 262 проб соответственно). Распределение проб по другим типам почв следующее: комплекс горных почв – 48 проб, луговые – 17, чернозёмы выщелоченные – 12, лугово-солончаковые – 7, аллювиально-дерновые – 6, каштановые почвы – 161 и солончаки – 270 проб.

Для всех элементов закон распределения не соответствует нормальному и принимается как логнормальный.

Проанализировав распространение элементов в почвах Южно-Минусинской котловины, нами выделено 4 группы элементов (табл. 1) по соотношению регионального коэффициента концентрации ( $K_{\text{per}}$ ) и кларка концентрации (K):

- 1 – элементы высокой концентрации – *Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb u Sc*;
- 2 – элементы околочларковой концентрации и высокой концентрации в некоторых типах почв – *Co, Ba u Sr*;
- 3 – элементы околочларковой концентрации – *P, Ti, Ni, Nb u Ag*;
- 4 – элементы очень низкой концентрации – *Sn, Be, Mn, Ga, Y u Zr*.

Ниже дается краткая характеристика выделенных групп.

**Группа элементов высокой концентрации (*Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb u Sc*).**

Для элементов этой группы характерно устойчивое превышение регионального кларка концентрации над единицей не зависимо от типов почв. Коэффициенты концентрации у таких элементов достигают 2,3.

Половина элементов этой группы входят в классы опасности (1 класс опасности – цинк и свинец, 2 класс – медь и молибден, 3 класс – ванадий), поэтому их повышенные концентрации потенциально опасны для людей и животных.

**Таблица 1 – Кларки концентрации элементов в разных типах почв**

Группа элементов	Элементы	Типы почв									Все типы почв
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Zn	1,53	1,41	1,65	1,62	1,33	1,50	1,17	1,26	1,41	1,51
	Mo	1,39	1,21	1,15	1,28	1,24	1,42	1,22	1,20	1,52	1,29
	Cu	2,30	1,79	1,81	2,08	1,71	1,84	1,54	1,57	1,85	1,89
	V	1,19	1,30	1,46	1,33	1,23	1,55	1,04	1,19	1,36	1,37
	Li	1,41	1,67	1,30	1,50	1,63	1,61	1,45	1,62	1,44	1,46
	Yb	1,35	1,60	1,53	1,60	1,47	1,54	1,16	1,73	1,48	1,58
	Pb	1,39	1,27	1,70	1,48	1,16	1,27	1,04	1,33	1,33	1,46
	Sc	1,81	2,04	1,61	1,83	2,06	2,14	1,80	2,01	1,74	1,79
2	Co	2,00	1,36	1,44	1,56	1,28	1,71	1,09	0,84	1,33	1,39
	Ba	1,05	1,22	1,11	1,23	1,15	0,95	0,96	1,36	1,06	1,17
	Sr	0,96	1,03	1,03	1,16	1,12	0,92	1,47	2,12	1,40	1,29
3	P	0,87	1,06	0,91	0,85	1,05	0,98	0,79	0,83	0,86	0,87
	Ti	0,97	1,04	0,90	1,00	1,04	1,16	0,90	1,04	0,86	0,96
	Ni	0,93	1,13	0,85	0,83	0,99	0,94	0,82	0,67	0,83	0,82
	Nb	0,78	0,83	0,81	1,02	0,84	0,98	0,49	0,86	0,75	0,87
	Ag	0,80	1,00	0,40	0,60	0,80	1,00	0,80	1,00	0,60	0,66
4	Sn	0,44	0,44	0,46	0,45	0,44	0,48	0,39	0,43	0,39	0,44
	Be	0,27	0,37	0,32	0,36	0,30	0,26	0,38	0,38	0,37	0,35
	Mn	0,69	0,68	0,75	0,64	0,54	0,62	0,45	0,50	0,68	0,66
	Ga	0,43	0,51	0,48	0,46	0,46	0,49	0,37	0,47	0,47	0,47
	Y	0,60	0,63	0,63	0,64	0,66	0,67	0,53	0,65	0,62	0,63
	Zr	0,41	0,51	0,40	0,51	0,54	0,67	0,37	0,66	0,47	0,49

Типы почв: 1 – комплекс горных почв, 2 – чернозёмы выщелоченные, 3 – чернозёмы обыкновенные, 4 – чернозёмы южные, 5 – луговые, 6 – аллювиально-дерновые, 7 – лугово-солнчаковые, 8 – каштановые, 9 – солончаки.

**Группа элементов околочларковой концентрации и высокой концентрации в некоторых типах почв (Co, Ba и Sr).** Для этой группы характерна околочларковая концентрация для большинства типов почв котловины (но все же больше единицы), а для некоторых типов почв отмечается повышенная концентрация.

**В группу элементов с околочларковой концентрацией входят P, Ti, Ni, Nb и Ag.** Все элементы этой группы содержатся в околочларковых концентрациях.

**Группа элементов очень низкой концентрации – Sn, Be, Mn, Ga, Y и Zr.** Для всех элементов этой группы характерен очень низкий кларк концентрации как для всех, так и для отдельных типов почв.

Таким образом, выделяется Южно-Минусинская геохимическая область с дефицитом **Sn, Be, Mn, Ga, Y, Zr** и с избыточным содержанием **Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb и Sc**.

**Третье защищаемое положение.** Экогеохимическое состояние почвенного покрова на региональном уровне характеризуется стабильным распределением микроэлементов, что дает возможность на базе представительных выборок впервые рассчитать стандарт (региональный кларк) трёх основных почв региона – **обыкновенных чернозёмов, южных чернозёмов и каштановых почв.**

Преобладающее распространение на территории Южно-Минусинской котловины **чернозёмов южных (23%), чернозёмов обыкновенных (23%) и каштановых (19%)** и их высокое сельскохозяйственное значение определило более глубокое изучение, а количество отобранных проб позволило рассчитать для них региональные кларки химических элементов.

Для проверки статистической однородности выборки применялся критерий Родионова. Несмотря на дихотомический характер графиков коэффициентов Родионова для всех выборок, их максимальные значения не превысили теоретического предела.

Таким образом, можно сказать об однородности представленных выборок и принять средние значения элементов за региональные кларки (табл. 2). Для более надёжного определения средних содержаний применялась интервальная оценка точности. Для всех элементов точность определения среднего не превышает 5%-ого значимого предела (кроме Sr в каштановых почвах).

**Таблица 2 – Региональные кларки по типам почв (мг/кг)**

Элемент	Чернозём обыкновенный	Чернозём южный	Каштановые
	n=262	n=359	n=161
P	724	683	660
Ti	4146	4587	4786
Mn	639	548	428
Ba	554	617	679
Sr	308	348	636
V	146	133	119
Ni	33,9	33,2	26,8
Co	11,5	12,5	6,7
Zr	121	153	199
Nb	10,5	13,2	11,2
Li	39,1	45	48,7
Y	31,6	32	32,3
Yb	2,91	3,04	3,29
Ga	14,39	13,82	14,24
Cu	36,2	41,6	31,4
Pb	17	14,8	13,3
Zn	82,6	80,9	62,8
Be	1,9	2,17	2,27
Sc	11,3	12,8	14,1
Sn	4,64	4,5	4,3
Ag	2,29	2,56	2,39
Mo	724	683	660

Подтверждением геохимической особенности распространенных типов почв Южно-Минусинской котловины может свидетельствовать такой показатель, как кларк концентрации. Результаты приведены на графиках кларков концентрации упорядоченных по возрастанию (рис. 2).

Ванадий, литий, свинец, цинк, иттербий, скандий и медь находятся в надкларковой зоне для всех типов почв. Стронций и барий имеет похожую картину – для каштановых и чернозёмов южных они находятся в кларковой зоне или очень близко к ней, а для чернозёмов обыкновенных – в надкларковой (стронций больше 2). У кобальта обратная картина: в чернозёмах обыкновенных у него кларковая концентрация, а в двух других типах почв – надкларковая.

Для того чтобы понять природу такой геохимической специфики было произведено сравнение коэффициентов концентрации элементов со средними содержаниями в осадочных породах, из чего следует, что большинство элементов не выходят из «коридора» 0,8 – 1,2. Это говорит о том, что их концентрация в почвах связана, как и должно быть, с подстилающими породами. Но есть и элементы, которые выходят за пределы этого диапазона:

- барий, ванадий, стронций, иттербий, а для чернозёмов обыкновенных и каштановых почв, также и цирконий, имеют кларки концентрации выше допустимого предела (1,2);
- никель, кобальт, скандий – ниже допустимого предела (0,8).

Такое поведение этих элементов связано со специфическими особенностями их распределения на региональном уровне.

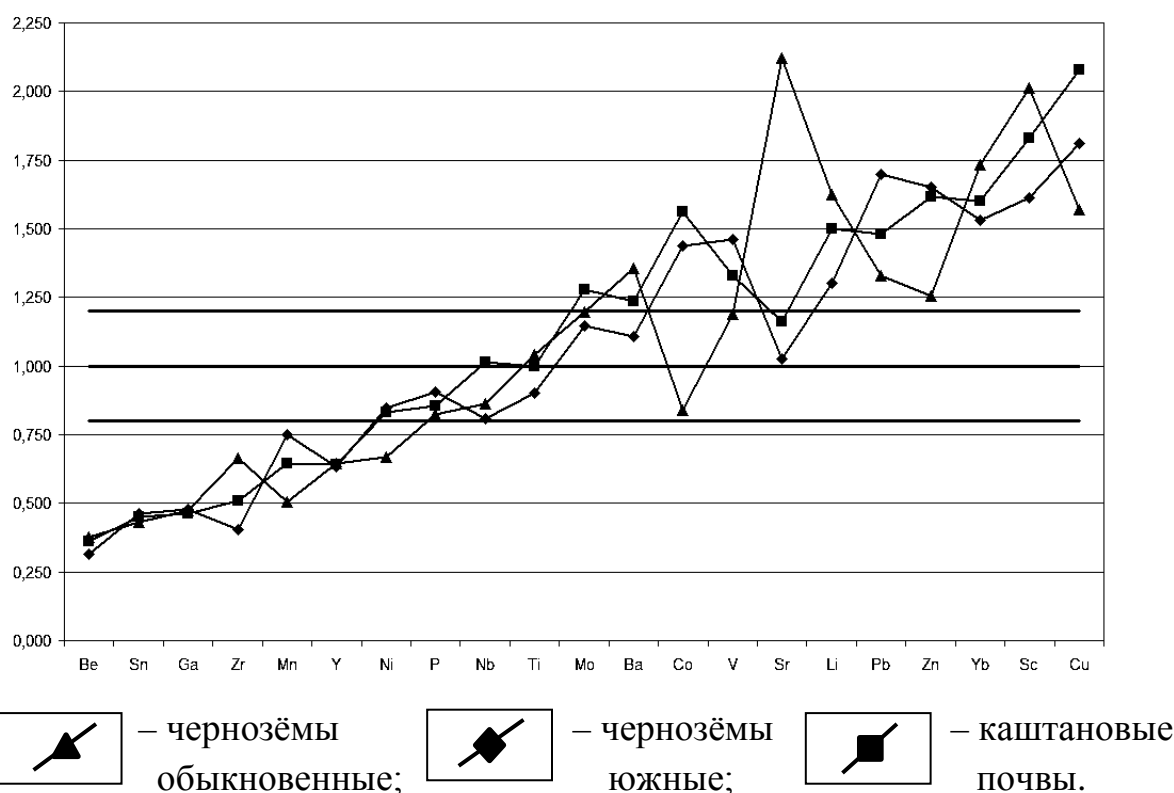


Рисунок 2 – График кларков концентрации элементов по типам почв

**Четвёртое защищаемое положение.** *Содержание макро- и микрокомпонентов природных вод на региональном уровне достаточно стабильно и хорошо согласуется с кларками С.Л. Шварцева [1998]. Повышенные концентрации поллютантов на локальном уровне в природных водах контролируются не только природными (засоление), но и антропогенными факторами (горнорудные предприятия, СаАЗ). Экологическое состояние природных вод Южно-Минусинской котловины оценивается как **удовлетворительное**, а по отдельным показателям в локальных точках достигает уровня **кризисной** и даже **катастрофической** ситуации.*

Гидрогеохимические особенности вод изучены на основании анализа 55 проб, отобранных из рек, искусственных водотоков, озёр, донных отложений и подземных вод.

*Речные воды* по значению общей минерализации (0,03 до 6,48 г/л, в среднем – 0,415 г/л) речные воды относятся к ультрапресным ( $M < 0,2$  г/л) и умеренно пресным (0,2 – 0,5 г/л). Эти значения повышаются от предгорных областей к центральным частям степей, где минерализация достигает 1 г/л и в единичных случаях (руч. Солёный) даже 6,48 г/л. Пресные воды - кальциевые, гидрокарбонатные, в солоноватых увеличивается доля натрия и магния, а также сульфат- и хлор-ионов. При этом содержание главных ионов и жёсткости коррелируется с общей минерализацией – при её увеличении возрастают значения этих параметров. Величина перманганатной окисляемости – низкая, за редким исключением высокая (р. Тея – 9,2 мгО<sub>2</sub>/л и руч. Солёный – 22,4 мгО<sub>2</sub>/л). Содержания тяжёлых и редких металлов превышают ПДК в единичных пробах. Так, концентрация Al выше ПДК в одном случае (р. Ута), Li – в четырёх (реки Уйбатской степи). В последнем случае это связано с природными процессами континентального засоления и полностью коррелирует с содержанием Li в почвенном покрове. В одном случае выявлено высокое количество Hg (р. Сабинка – 2,4 ПДК), что, вероятно, связано с антропогенной деятельностью.

По содержанию U в речных водах наблюдаются три локальных участка, где его концентрация превышает кларк. Это долины рр. Уйбат и Биджа (по 3 пробы), а также северные склоны Западного Саяна (правые притоки р. Абакан – 13 проб). В Уйбатской степи повышенные концентрации урана связаны с геохимическими особенностями солончаков, в Западном Саяне – с составом подстилающих горных пород.

*Гидрогеохимические особенности искусственных водотоков.* Пробы воды из искусственных каналов (13 проб) – пресные ( $M$  от 64 до 882 мг/л), гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные, кальциевые, реже натрий-магниевые. Для большинства проб отмечаются повышенные содержания  $S_{орг.}$ , что свидетельствует в пользу органического загрязнения смешанного (природного и антропогенного) характера. Превышений над ПДК не выявлено, однако в ряде случаев наблюдаются повышенные (надкларковые) концентрации таких элементов, как Zn (ур. Сорокаозерки), Li (2 и более раз выше кларка во всех пробах), U (каналы Уйбатской степи).

*Гидрогеохимические особенности озёрных вод.* Всего изучено 27 проб из озёр разной степени минерализации – от пресных и ультрапресных до рассолов (табл. 3).

В пресных и маломинерализованных озёрах воды мягкие и средней жёсткости, в средне- и высокоминерализованных озёрах ( $M > 5$  г/л) вода очень жёсткая и

жёсткая за редким исключением – мягкая вода ( $< 4$  °Ж) в оз. Худжуль, Хамысколь, Усколь, Терпекколь.

Концентрации алюминия в озёрных водах находятся в пределах от 0,11 до 7,66 мг/л, при этом прямой зависимости от общей минерализации или от других элементов и ионов не обнаружено. Этот металл относится к высокоопасным токсичным веществам II класса опасности [Критерии оценки..., 1992], а ПДК для питьевых вод для него составляет 0,5 мг/л. Согласно выработанным критериям, при содержании алюминия в воде более 10 ПДК (оз. Хызылколь 15,3 ПДК), ситуацию можно характеризовать как *экологическое бедствие*. В четырёх, из рассматриваемых озёр, по содержанию в водах Al условия характеризуется как *чрезвычайные* (ПДК 5-10): оз. Берёзовое – 5,0 ПДК, оз. Новотроицкое – 5,9 ПДК, оз. Сосновое – 7,0 ПДК, оз. Трёхозерки – 7,9 ПДК. Остальные озёра, у которых вода содержит алюминий в концентрациях 1-5 ПДК, можно отнести к *относительно удовлетворительной обстановке*. Следует отметить, что наличие на исследуемой территории крупного профильного предприятия (Саянский алюминиевый завод) не всегда объясняет высокие концентрации алюминия в озёрных водах.

**Таблица 3 – Характеристика анионного и катионного состава вод озёр Южно-Минусинской котловины [по Исследование..., 2000] с изменениями автора**

№ п/п	Название озера	Мин., мг/л	Тип вод по ионному составу	Тип вод по величине минерализации
1	Наливное	180	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Cl Ca-Na-Mg	Пресные
2	Баланкуль	214	HCO <sub>3</sub> -CO <sub>3</sub> Mg-Ca	
3	Красное	849	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Cl Na-Ca	
4	Сосновое	1852	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na	Слабо-минерализованные
5	Новотроицкое	2061	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na	
6	Ключевское	2139	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na-Mg	
7	Утиное	2182	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> Na-Mg-Ca	
8	Окунёво	2361	Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> Na-Mg	Мало-минерализованные
9	Чёрное-2	2572	Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> Na	
10	Берёзовое	2604	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na	
11	оз. в районе г. Соргах	2826	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Cl Na-Mg	
12	Чёрное-1	3132	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na	Средне-минерализованные
13	Худжуль	5308	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> Na	
14	Хызылколь	8623	SO <sub>4</sub> -Cl-HCO <sub>3</sub> Na-Mg	
15	Хамысколь	10830	Cl-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> Na	
16	Утиное-2	10910	SO <sub>4</sub> -Cl Na-Mg	
17	Ханкуль	11465	SO <sub>4</sub> -Cl Na	
18	Потага	13457	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na	
19	Трёхозерки	30707	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -Cl Na-Mg	Высоко-минерализованные
20	Усколь	33582	Cl-SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> -CO <sub>3</sub> Na	
21	Алтайское	39399	SO <sub>4</sub> -Cl Na	Рассолы
22	Ах-коль	47240	SO <sub>4</sub> -Cl Na-Mg	
23	Ур. «Галое озеро»	48214	SO <sub>4</sub> -Cl Na-Mg	
24	Терпекколь	52321	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -CO <sub>3</sub> -Cl Na	
25	Улугколь	53500	SO <sub>4</sub> -Cl-HCO <sub>3</sub> Na	

Так, многие озёра, расположенные далеко от завода и не по розе преобладающих ветров, также содержат повышенные концентрации. Таким образом, о возможном техногенном загрязнении можно говорить только на территории расположенной близ завода.

Превышения над ПДК выявлены для Si в оз. Баланкуль – 4,8 ПДК, Ах-Коль – 2,1 ПДК и ур. Талое озеро – 8,4 ПДК. Природа таких аномалий не ясна. Пределы колебаний концентрации F довольно широкие (0,22 – 84,87 мг/л). Нормирование по ПДК (1,5 мг/л) показало, что в 16-ти пробах этот показатель превышен с максимумом в 56,6 ПДК (оз. Терпекколь). Одним из источников поступления фтора является Саянский алюминиевый завод. Часть фтора, обнаруживающего прямую корреляцию со Sr, генетически связана с природными процессами континентального засоления.

В некоторых озёрах наблюдается повышенное содержание Br и J, в средне- и высокоминерализованных водах, значительно превышающих ПДК (Br до 150 мг/л, J до 9,0 мг/л). В пресных и слабоминерализованных озёрных водах концентрации J и Br приближаются к кларковым.

Концентрации Sr и Li варьируют в широких пределах. Для Sr от 0,1 до 60,8 мг/л, для Li – до 2,8 мг/л. Аномальные значения характерны лишь для рассолов и высокоминерализованных вод. Так, в оз. Усколь и Улугколь концентрация Sr оценивается в 12,5 мг/л, в оз. Ах-Коль и в урочище Талое озеро – в 60 мг/л. Аномальные содержания Li наблюдаются в двух озёрах – Ах-Коль (2,7 мг/л) и ур. Талое озеро (2,8 мг/л), что коррелируется с содержанием Sr. При исследовании корреляционных зависимостей, нами выявлена отрицательная связь концентрации лития с избыточным количеством карбонат- и гидрокарбонат-ионов [Макаренко, Архипов, 2008]. Согласно этому, из рапы озёр, где общая минерализация достигает 150-200 мг/л и отсутствуют высокие содержания карбонат- и гидрокарбонат-ионов, концентрация лития может превышать минимальную промышленную концентрацию – 10 мг/л [Критерии прогнозов..., 1986]. Для пресных и слабоминерализованных вод содержания Sr и Li обнаруживают околочларковые значения.

Распределение таких элементов, как Pb и Hg находится в околочларковой зоне. Так, повышенные концентрации Pb выявлены в оз. Усколь (19,9 ПДК). Высокие содержания Pb, возможно, связаны с лабораторными ошибками. Содержание U в озёрных водах (в среднем 8 мкг/л) не превышает значений ПДК, хотя в оз. Терпекколь выявлены природные аномалии U (470 мкг/л), что связано, по нашему мнению, с повышенной ураноносностью подстилающих пород (каменноугольные туфы).

Остальные проанализированные элементы (Co, Cr, Au, Ag, Hf, Ta) не образуют аномалий. Представляет интерес распространение таких элементов как Sc, Rb, Sb. Концентрация Sc меняется от 0,049 до 7,99 мкг/л при отсутствии корреляции с общей минерализацией. Аномальные содержания отмечены в оз. Ах-Коль (33,2 мкг/л), в урочище Талое озеро (58,4 мкг/л). Источники поступления Sc в озёрные воды, по нашему мнению, – почвы и горные породы, т.к. этот элемент имеет повышенные кларки концентрации как в почвах (1,79), так и в осадочных горных породах (1,89) Южно-Минусинской котловины. В двух пресных озёрах – Красное и Ключевское – обнаружены высокие концентрации Rb – 8,9 и 41,0 мкг/л соответ-



ственно. Повышенные концентрации Sb обнаружены в двух пресных озёрах – оз. Баланкуль (2,1 мкг/л) и оз. Улугколь (17,0 мкг/л).

Из проанализированных редкоземельных элементов (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Lu) лишь для двух – Ce и Sm – установлены устойчивые надфоновые концентрации. Так, в водах с повышенной минерализацией концентрация Ce (фон 2,9 мкг/л) может значительно превышать это значение (в мкг/л): оз. Потага (48), ур. «Талое озеро» (52,9), оз. Усколь (72), оз. Улугколь (82), оз. Ах-Коль (89), оз. Худжуль (131), с максимальным в оз. Терпекколь (428). Значительные превышения над фоном для Sm установлены в озёрах (в мкг/л): оз. Окунёво (3,5), оз. Хамысколь (13,0), оз. Усколь (32,0), оз. Потага (7,6), оз. Ханкуль (13,3), оз. Улугколь (37,0), оз. Новотроицкое (12,0), оз. Худжуль (23,5).

*Гидрогеохимические особенности донных отложений рек* (14 проб) не обнаруживают каких-либо положительных (или отрицательных) аномалий и как правило, не выходят за пределы колебаний фона для различных типов почв котловины. Вместе с тем, в степных зонах в донных отложениях рек накапливаются Ni, Zr, Li и Ag при дефиците Mn, Co, Zn и весьма низких значениях Pb, Be и V. Предгорные зоны характеризуются повышенными концентрациями Co, Zn, Mo, реже Mn, Cu, V при низких содержаниях Zr и Li.

*Гидрогеохимические особенности подземных вод* охарактеризованы на данных 29 опробованных источников. Воды отличаются относительно повышенной минерализацией (0,5 – 3,0 г/л).

Для исследованных вод характерны те же главные закономерности распределения основных ионов, рассмотренные ранее нами для поверхностных вод. Незначительные превышения ПДК выявлены для сульфат-иона с колебанием от 1,1 до 1,4 единиц. Лишь в скважине ст. Ханкуль содержание  $SO_4^{2-}$  достигает 1418 мг/л (2,8 ПДК). Пробы из водосборных колонок (д. Лукьяновка) показывают повышенные значения хлорид-иона (2 ПДК) и  $NO_3^{2-}$  (2,0-4,7 ПДК).

Тяжёлые металлы – Cu, Ag, Co, Mo, Ti, V, Be, Mn содержатся в концентрациях заметно ниже кларковых. Лишь некоторые элементы обнаруживают надкларковые превышения в пределах от 1,22 до 4,91 кларка, для Pb и Zn в двух пробах, для Cr – в 27 случаях. В отдельных пробах из водосборных колонок содержание As превышает значение ПДК (до 1,7 раза).

Данные нейтронно-активационного анализа показали, что такие элементы, как Ba, Sr, U и Cr имеют концентрации заметно выше кларковых показателей: Au (10 кларков), Co (1,9-5,3 кларка), Rb (2 кларка), Ag (10,9 кларка). В скважине вблизи д. Краснополье выявлены высокие надкларковые содержания целого ряда элементов – Ba, Sm, U, Ce, Cr, Sc и Co, что, вероятно, связано с природными особенностями данных водоносных горизонтов.

В некоторых пробах отмечается повышенное содержание La и Ce.

Результаты анализов ICP-AES и ICP-MS проб подземных вод (28 проб) [Гидрогеохимия Республики Хакасия..., 2001] свидетельствуют о том, что большинство проанализированных элементов имеют околоскларковые концентрации.

Лишь для некоторых элементов содержания превышают кларковые значения – это V (4 случая), Mo (10 случаев), Ba (20 проб) при этом максимальные концентрации вышеперечисленных элементов ни в одном случае не превышают ПДК. Аномально высокие концентрации выявлены для Li в скважинах ст. Ханкуль (4

ПДК) и п. Бея (2,6 ПДК). Концентрация Sr лишь в воде из скважины ст. Ханкуль достигает 2,5 ПДК. Во всех остальных пробах содержание Sr не достигает значенный ПДК. Анализ распределения Cd показал, что в степной зоне этот поллютант содержится в концентрациях значительно ниже кларковых. Однако, в горно-таёжных ландшафтах Таштыпского района во всех отобранных пробах (5) его содержание не только значительно превышает кларк, но и может достигать 6,67 ПДК.

### Основные результаты и выводы

В результате выполненных эколого-геологических и эколого-геохимических исследований Южно-Минусинской котловины определено состояние отдельных компонентов геологической среды – почвенного покрова, природных вод, а также степень развития экзогенных геологических процессов. Основные выводы заключаются в следующем:

1. Преобладающими экзогенными (рельефообразующими) процессами на территории котловины являются эоловые, эрозионные, а в некоторых областях процессы карстообразования, заболачивания и засоления. Их интенсивность напрямую зависит как от геологического и геоморфологического строения, так и от климатических факторов, обусловленных географическим положением котловины. По характеру и интенсивности эоловых процессов, экологическое состояние Южно-Минусинской котловины можно охарактеризовать как **условно удовлетворительное**, а на отдельных участках (развитие перевеваемых песков и т.п.) – **неудовлетворительное**. Значительную часть территории по пространственному и временному признаку развития эрозионных процессов можно отнести к классу **условно-удовлетворительного** состояния, и только аллювиально-аккумулятивные участки относятся к классу **удовлетворительного** состояния. Процессы карстообразования, заболачивания и засоления взаимосвязаны между собой, и тесным образом связаны с геологическим строением, но проявляются на локальных участках. В настоящее время показатель состояния эколого-геологических условий по количеству поверхностных форм карста и по интенсивности развития соответствует **удовлетворительному** состоянию. Геологическая деятельность озер, болот и солончаков заключается, в основном, в аккумуляции. Негативное воздействие оказывают преимущественно солончаки. По площадному и временному показателю большую часть территории можно отнести к **условно-удовлетворительному** классу, а на локальных участках – к **неудовлетворительному**.
2. Изучение эколого-геохимического состояния почвенного покрова Южно-Минусинской котловины позволило выделить четыре группы элементов по соотношению регионального коэффициента концентрации ( $K_{\text{пер}}$ ) и кларка концентрации (K):
  - 1 – элементы высокой концентрации – *Zn, Mo, Cu, V, Li, Yb, Pb u Sc*;
  - 2 – элементы околокларковой концентрации и высокой концентрации в некоторых типах почв – *Co, Ba u Sr*;
  - 3 – элементы околокларковой концентрации – *P, Ti, Ni, Nb u Ag*;
  - 4 – элементы очень низкой концентрации – *Sn, Be, Mn, Ga, Y u Zr*.

Таким образом, Южно-Минусинская котловина представляет собой геохимическую область с дефицитом элементов 4 группы и с избыточным содержанием 1 группы.

3. Обоснованны региональные кларки для преобладающих в Южно-Минусинской котловине *чернозёмов южных чернозёмов обыкновенных и каштановых почв* (табл. 2). Геохимическая специфика для этих типов почв определяется природными условиями (геохимическим составом почвоподстилающих горных пород) и заключается в низкой концентрации Be, Sn, Ga, Zr, Mn, Y и повышенной концентрации V, Li, Pb, Zn, Yb, Sc и Cu по отношению к мировым кларкам. Кроме того, в обыкновенных чернозёмах повышены концентрации Sr и Ba, а в чернозёмах южных и каштановых почв – Co.
4. Аномалии, выделенные по суммарному показателю загрязнения (СПЗ), носят локальный и точечный характер со значениями выше 32 (высокий уровень загрязнения) в котловинах солёных озёр, а от 16 до 32 в районах угледобычи и в окрестностях селитебных зон (Приложение 1).
5. Гидрогеохимические исследования естественных и искусственных поверхностных водотоков выявили положительную корреляцию между главными ионами и общей минерализацией, которая колеблется от 0,003 до 6,48 г/л, при среднем значении 0,415 г/л. Ведущие компоненты большинства проанализированных проб только в некоторых случаях превышают кларковые концентрации и ПДК. Выявлена закономерность вариации значений жёсткости вод и их общей минерализации, которая повышается от предгорных областей к центральным частям степей и сопровождается заметными колебаниями соотношений ведущих анионов и катионов, а также повышенными концентрациями некоторых тяжёлых металлов (Li, Sr, Mo, U) и ряда редких и редкоземельных элементов – La, Sc, Rb, Ag, Cs, Tl. Воды из рек левобережья Абакана и Енисея имеют высокие надкларковые содержания Ni, Ti, Cr, V, в меньшей степени Co и Mn вне зависимости от значений общей минерализации, что косвенно свидетельствует о неравновесном характере геохимической обстановки в системе вода-порода в данном конкретном районе. Выявленные в единичных пробах надкларковые концентрации Pb, Hg, As, Sb и Zn, а также повышенные значения перманганатной окисляемости (до 22,4 мгО<sub>2</sub>/л), вероятно, связаны с антропогенной деятельностью (эксплуатация горнорудных и сельскохозяйственных объектов).
6. Для озёрных вод общая минерализация колеблется от 0,18 до 53,5 г/л. Наблюдается устойчивая корреляционная зависимость основных анионов и катионов от значений общей минерализации. Пресные озёра распространены в предгорьях, минерализованные – в степных зонах. Высокая продуктивность органического вещества приводит к повышенным значениям перманганатной окисляемости (до 44 мгО<sub>2</sub>/л), что никак не связано с антропогенными нагрузками, а имеет естественный (природный) характер. Повышенные концентрации в озёрных водах Li, Sr, Br, I являются вполне естественными для солёных водоёмов, экологическое состояние которых нельзя оценивать по нормативам ПДК для пресных питьевых вод. Аномальные содержания F (в 50 % случаев), вплоть до 38 ПДК в озере Терпекколь и Al (до 15,3 ПДК в озере Хызылколь) характеризуют акватории таких озёр как Хамыс-коль, Усколь, Терпекколь (по содержанию F) и Хызылколь, Берёзовое, Новотроицкое, Сосновое, Трёхозерки (по Al) как зоны с *кризисной* и *катастрофической*

экологической ситуацией. Высокие концентрации данных поллютантов в большинстве случаев связаны с деятельностью Саянского алюминиевого завода.

7. Концентрации элементов в донных отложениях повторяют выявленные закономерности для почв Южно-Минусинской котловины. Превышения над средними содержаниями единичны и незначительны, что может говорить о низкой антропогенной нагрузке на водные объекты котловины.
8. Подземные воды из опробованных источников большей частью пресные, реже слабоминерализованные (до 2,67 г/л). Пресные источники удовлетворяют нормативам ПДК, разработанным для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а в слабоминерализованных водах в несколько повышенных концентрациях отмечаются сульфат- и хлорид-ионы (до 2,8 ПДК). Концентрации тяжёлых металлов и микроэлементов в подземных водах, имеют околочларковые значения и лишь в некоторых пробах обнаружены высокие концентрации Li, Br и Sr. Надчларковые концентрации As обнаружены в 4-х пробах (максимальная в 8,7 раза выше чларка). Эти значения превышают ПДК в несколько раз. Аномально высокие концентрации Cd (до 6,67 ПДК) содержатся в пробах подземных вод горно-таёжных ландшафтов Таштыпского района. Природа высоких содержаний As и Cd не ясна и требует дальнейших исследований. Возможно, это связано с дренированием подземными водами рудоносных объектов.

Полученные результаты в целом свидетельствуют об удовлетворительном состоянии геологической среды в региональном плане, но на локальном уровне во всех изученных объектах имеются участки с неудовлетворительной, кризисной и даже катастрофической экологической обстановкой, требующей соответствующих мер по стабилизации данной ситуации.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

#### ***Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:***

1. Макаренко Н.А., *Архипов А.Л.* Редкометальный потенциал солей урочища Талое озеро (Республика Хакасия) // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 307. – С. 172-174.

#### ***Публикации в других научных изданиях***

2. *Архипов А.Л.*, Полех Н.В. Распределение содержаний редких и редкоземельных элементов в почвогрунтах в зоне влияния автомобильных дорог (на примере Аскизского района Республики Хакасия) // Проблемы геологии и освоения недр : труды III Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых учёных имени академика М.А. Усова / Том. политех. ун-т. – Томск: ТПУ, 1999. – С. 313-314.
3. *Архипов А.Л.*, Полех Н.В. Редкие и редкоземельные элементы в почвах береговой зоны оз. Ханкуль (Республика Хакасия) // Материалы XXXVII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс»: Геология / Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск, 1999. – С. 46-47.

4. Архипова Н.В., *Архипов А.Л.* Особенности распределения микроэлементов в донных отложениях реки Аскиз (Республика Хакасия) // Экология Южной Сибири : Материалы Южно-Сибирской международной научной конференции студентов и молодых учёных : в 3 т. / отв. ред. В.В. Анюшин / Краснояр. гос. ун-т. – Красноярск, 2000. – Т. 2. – С. 62.
5. Шамшаева В.Ф., *Архипов А.Л.*, Архипова Н.В. Особенности концентрации микроэлементов на испарительных барьерах в солончаках Ширинской и Уйбатской степей // Современные проблемы почвоведения в Сибири : материалы Международной научной конференции, посвящённой 70-летию образования кафедры почвоведения в Томском государственном университете : в 2 т. / под ред. А.В. Огородникова. – Томск : изд-во Том. гос. ун-т, 2000. – Т. 2. – С. 471-474.
6. *Архипов А.Л.* Тяжёлые металлы в почвогрунтах котловины озёр Куринка и Малая Куринка (Алтайский район, Республика Хакасия) // Экология Южной Сибири: Материалы Южно-Сибирской международной научной конференции студентов и молодых учёных / отв. ред. В.В. Анюшин / Краснояр. гос. ун-т. – Красноярск, 2001. – Т. 2. – С. 73.
7. *Архипов А.Л.* Факторы, обуславливающие распределение микроэлементов в почвогрунтах (на примере Аскизского района Республик Хакасия) // Геохимия биосферы. III Международное совещание, посвящённое 10-летию Научно-исследовательского института геохимии биосферы РГУ (тезисы докладов). – Ростов-на-Дону : Изд-во РГУ, 2001. – С. 8-9.
8. *Архипов А.Л.* Состояние природной среды Республики Хакасия // РИО+10: Экологическая безопасность как ключевой фактор устойчивого развития. Сб. докладов / VII международная экологическая конференция студентов и молодых ученых / в 2 т. – Том 1. – Смоленск, 2002. – С.82-83.
9. Парначев В.П., Вишневецкий И.И., Бэнкс Д., ... *Архипов А.Л.* [и др.] Минеральные озёра Республики Хакасия (общая характеристика и состав вод) / Вопросы географии Сибири / под ред. В.С. Хромых. – Томск : изд-во Том. гос. ун-т, 2003. – Вып. 25. – С.118-135.
10. *Архипов А.Л.*, Макаренко Н.А. Распределение химических элементов в почвенном покрове Южно-Минусинской котловины и её горного обрамления // Материалы III Всероссийской научной конференции «Современные проблемы почвоведения и оценки земель Сибири». / Вестник Томского Государственного университета. Приложение. – 2005. – № 15. – С. 180-181.
11. *Архипов А.Л.*, Архипова Н.В., Макаренко Н.А. Применение компьютерного картографирования при геоэкологических исследованиях (на примере составления экологического атласа Республики Хакасия) // Геоинформационное картографирование для сбалансированного территориального развития / Материалы VIII научной конференции по тематической картографии (Иркутск, 21-23 ноября 2006 г.) / в 2 т. – Иркутск : Изд-во Инст-та геогр. им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2006. – Т.1. – С. 73-76.

Схема размещения площадных и точечных аномалий среднего и высокого уровней по суммарному показателю загрязнения (СПЗ)

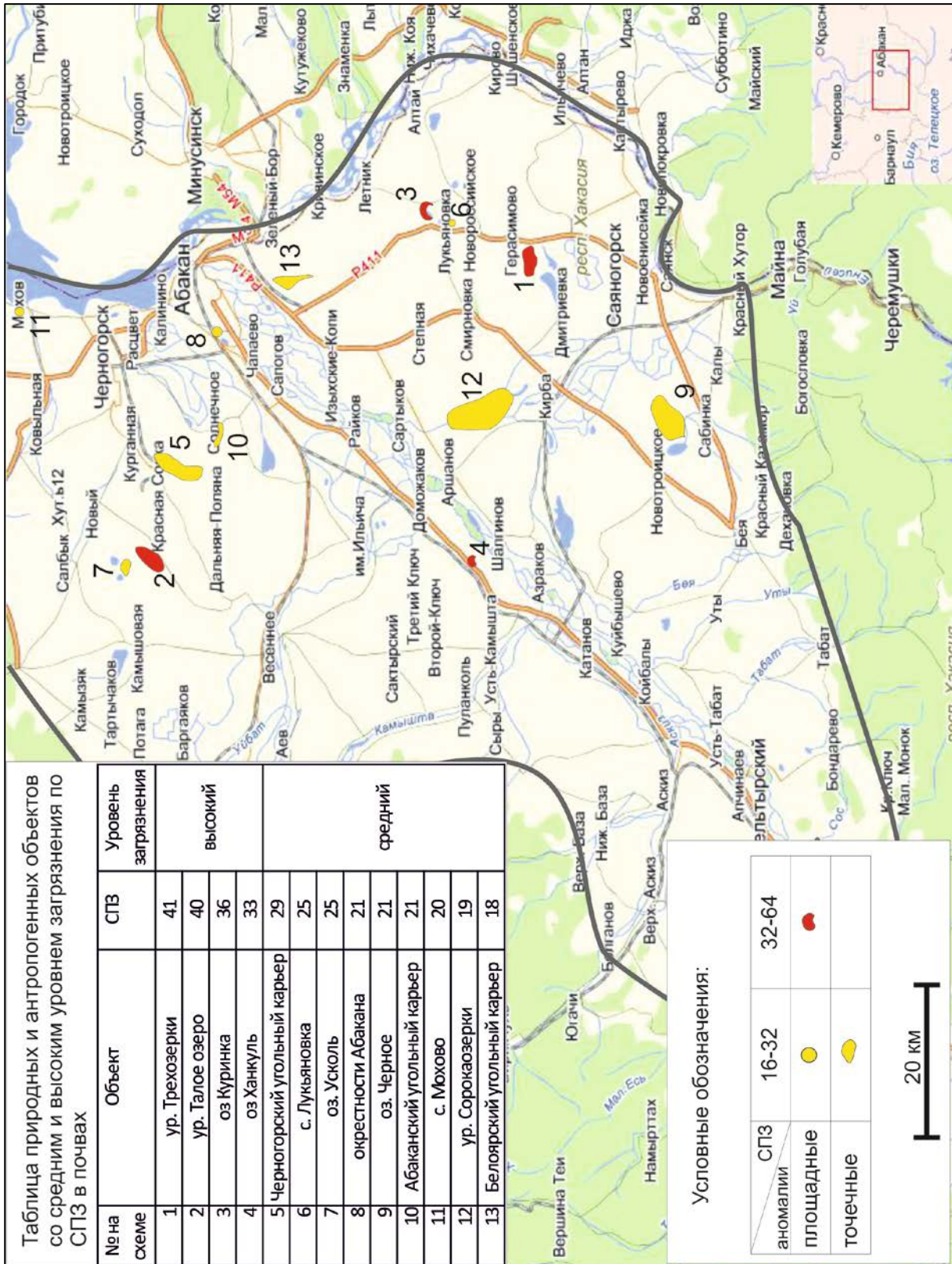


Таблица природных и антропогенных объектов со средним и высоким уровнем загрязнения по СПЗ в почвах

Тираж 100 экз.  
Отпечатано в ООО «Позитив-НБ»  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 34а

