



Шайхиев Ильдар Рафаилович

ЭКОЛОГО – ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ
СРЕДЫ БАКЧАРСКОГО РАЙОНА НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПОЛАГАЕМОГО
ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД.

Специальность 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» на кафедре геоэкологии и геохимии.

Научный

руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Рихванов Леонид Петрович

**Официальные
оппоненты:**

Мананков Анатолий Васильевич,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, ФГБОУ
ВО «Томский государственный архитектурно-строительный
университет», профессор кафедры охраны труда и
окружающей среды.

Бортникова Светлана Борисовна,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, ФГБУН
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.
Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук
(г. Новосибирск), заведующая лабораторией
геоэлектрохимии.

Ведущая организация: Государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан» (ГУП «НИИ БЖД РБ», г. Уфа).

Защита диссертации состоится «17» мая 2017 года в 15-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2а, строение 5, 20-й корпус, ауд. 504.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (634050, г. Томск, ул. Белинского, 55) и на сайте: <http://portal.tpu.ru/council/914/worklist>

Автореферат разослан « » 2017 г.

И.о. ученого секретаря диссертационного совета
доктор геолого-минералогических наук, профессор

С.И. Арбузов

Общая характеристика работы

Актуальность. На территории Западной Сибири выявлен Западно – Сибирский железорудный бассейн. Значительная часть ресурсов находится на территории Томской области, прежде всего на территории Бакcharского и Колпашевского районов (рисунок 1).

Ввод в эксплуатацию и начало промышленного освоения Бакcharского железорудного узла приведет к значительным изменениям состояния природной среды, что позволит нам утверждать, о месте формирования природно-техногенной системы (ПТС). В связи с этим, ценность информации, которая характеризует природную среду, очень возрастает, особенно на участках проведения геологоразведочных работ (ГРР).

Учитывая, что при разработке крупных месторождений полезных ископаемых, уровень техногенного воздействия возрастает, необходимо изучать геохимические условия, при которых происходит миграция микроэлементов, и их занимаемую роль в функционировании природных экосистем (Сочава, 1975; Елпатьевский, 1993; Емлин, 1990; Удачин, 2012; Почечун, 2014; Елохина, 2014; Савичев и др., 2014; Савичев и др., 2016).

В работе (Емлин, 1990) представлены геохимические аспекты ПТС, возникающие и развивающиеся при разработке месторождений полезных ископаемых. В рамках этих ПТС горный массив, рудная залежь, поверхностные и подземные воды, биологические сообщества, ландшафт, социальные структуры вступают во взаимодействие с горнодобывающим предприятием (технической системой).

Изучение природно – техногенной системы включает:

1. Анализ современной экологической ситуации.
2. Эколого-экономическую оценку сценария дальнейшего развития.
3. Управление качеством данной ПТС при последующей разработке.

Необходимость выполнения оценки современного эколого – геохимического состояния компонентов природной среды на Бакcharском железорудном узле, выявление основных техногенных и природных факторов, формирующих геохимическую обстановку исследуемого района на стадии ГРР по оценке ресурсов, а также получение оценочных фоновых показателей на начальной стадии, когда начинает формироваться природно-техногенная система и определение участков геоэкологического мониторинга, определяют актуальность проводимых исследований.

Цель и задачи. Оценить эколого – геохимическое состояние компонентов природных сред территории Бакcharского района на начальном этапе формирования природно – техногенной системы, которая связана с проведением геолого-разведочных работ и предполагаемой отработкой ресурсов железных руд.

Задачи:

1. Дать анализ общего экологического состояния территории на начальной стадии развития природно – техногенной системы.
2. Провести опробование комплекса природных сред: вода, снеговой покров, почвы, донные отложения.
3. Изучить с использованием современных геохимических методов природные среды и оценить уровни накопления в них химических элементов на изученной территории.
4. Сопоставить полученные результаты с имеющимися данными по региону.

5. Рассмотреть вариант добычи железной руды различными методами, и обозначить основные геоэкологические проблемы метода скважинной гидродобычи, как одного из предполагаемых методов разработки.

6. Обосновать выбор опорных площадок для проведения геоэкологического и эколого-геохимического мониторингов и дать их основные оценочные геохимические показатели по состоянию на начало XXI века.

Фактический материал и методы исследований.

В основе работы лежат результаты исследований, которые автор совместно с работниками кафедры геоэкологии и геохимии выполнил в рамках договорных работ с ООО НПО «Том ГДК руда» (договор 2-29/06) в период 2006-2008 гг. В этот период были проведены как сезонные полевые, так и камеральные работы. Диссертация базируется на результатах анализа и изучения 250 проб (78 проб почв, 78 проб снегового покрова, 78 радиометрических измерений, 5 проб поверхностных водотоков и донных отложений, 4 пробы подземных вод), отобранных по определенной системе точек отбора проб (рисунок 2).

Для количественного анализа на различные элементы на Томском исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т НИИЯФ при ТПУ использовался метод ИНАА (инструментальный нейтронно-активационный), который может определять концентрацию (мг/кг) 28 химических элементов.

Для определения химических элементов в пробах поверхностных и подземных вод в лаборатории УНПЦ «Вода» ИПР ТПУ использовался метод ISP MS. Это эффективный высокочувствительный метод анализа определяет химические элементы с пределами обнаружения: в твердой пробе: $10^{-1} - 10^{-3}$ нг/г или до 10^{-9} %.

Все аналитические исследования были проведены в аккредитованных и аттестованных лабораториях.

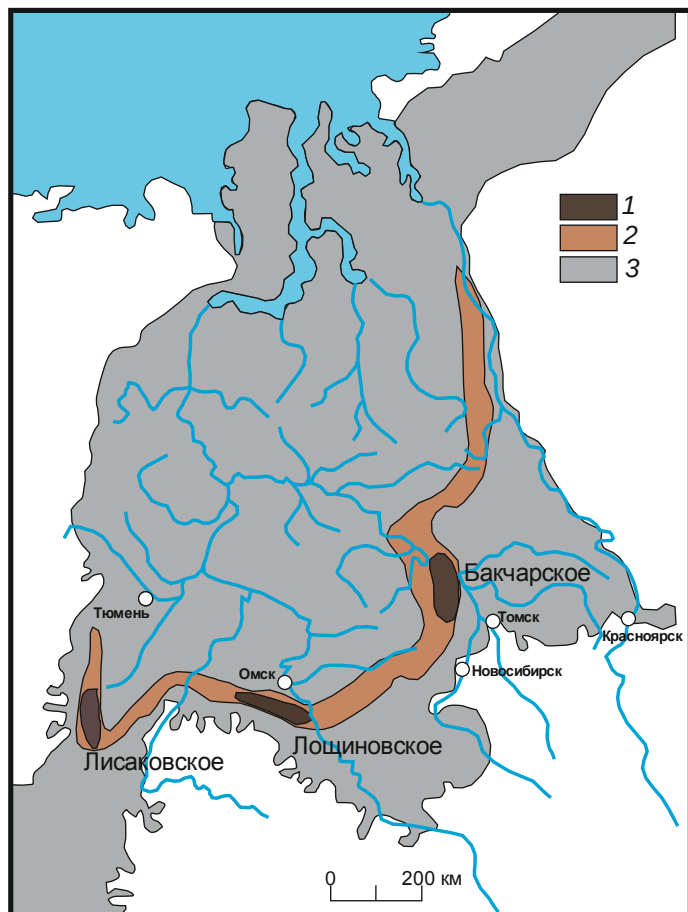


Рисунок 1. Схема Западно – Сибирского железорудного бассейна (Мазуров и др., 2006; Западно-Сибирский..., 1964):

- 1 – районы крупных железорудных узлов;
- 2 – мел-палеогеновое море и территория его распространения;
- 3 – прибрежно-морских отложений железной руды и полоса их распространения;

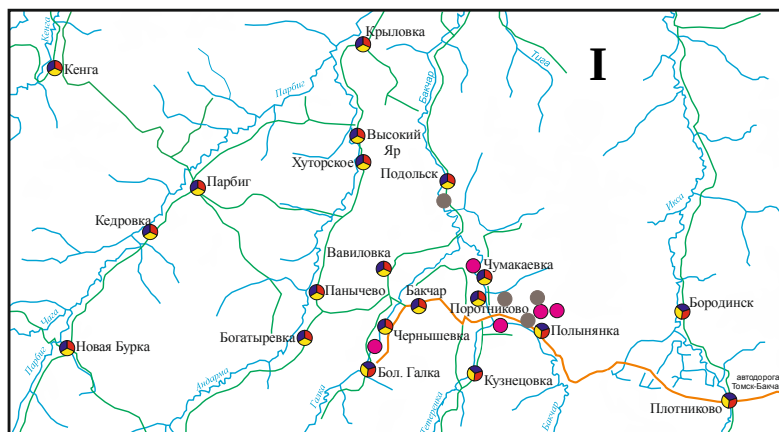
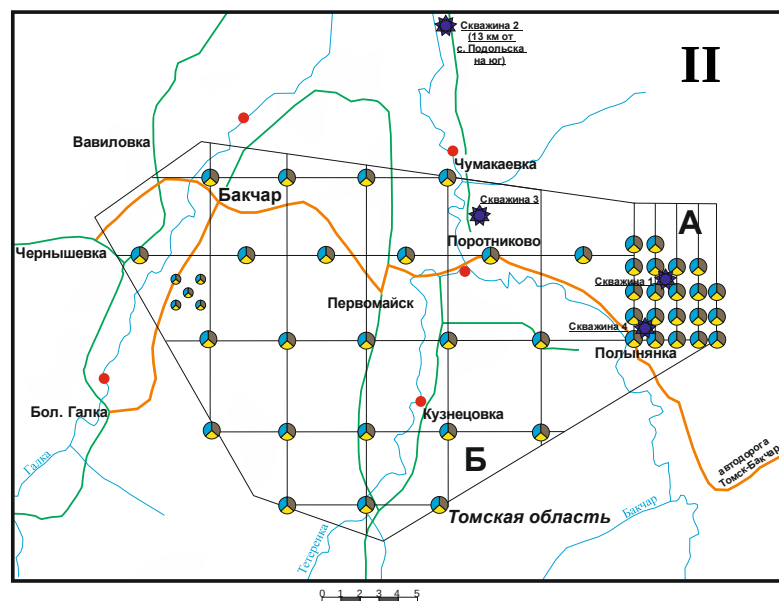


Рисунок 2.

Карта-схема геоэкологических исследований

I) Бакcharского района.

- - пробы почвенного покрова;
- - пробы снегового покрова;
- - радиогеохимические исследования;
- - пробы подземных вод;
- - пробы поверхностных вод и донных отложений;



II) Бакcharского железорудного узла:

А) Польшнянский участок

Б) Западный участок;

- - пробы почвенного покрова;
- - пробы снегового покрова;
- - радиогеохимические исследования;
- - пробы поверхностных вод и донных отложений;

Научная новизна.

1. Впервые выполнена комплексная эколого-геохимическая оценка состояния территории Бакcharского района, в зоне предполагаемой отработки (предполагаемого функционирования в будущем добычного комплекса) железных руд.

2. Установлено, что содержание химических элементов в природных средах изучаемой территории по состоянию на сегодняшний день находятся на фоновом региональном уровне.

3. Показано, что геохимические особенности железных руд, в том числе высокие содержания As, Co и др., не отражаются в составе изученных природных сред

4. Выявлены основные геоэкологические проблемы, возникающие при отработке ресурсов железных руд методом скважинной гидродобычи, которые определяют специфику геоэкологической обстановки изученной территории.

Практическая значимость.

1. Предложены оценочные геохимические показатели природных сред на предтехногенной стадии освоения территории.

2. По результатам исследований рекомендована схема расположения участков мониторинга при разработке ресурсов железных руд методом СГД.

3. Данные могут быть использованы при составлении тома «Оценка воздействия на окружающую среду» в составе проектной документации, проекта мониторинга.

4. Полученные данные используются при проведении учебных занятий на кафедре ГЭГХ по дисциплинам «Геоэкология», «Геохимический мониторинг», «Геоэкологический мониторинг».

Основные защищаемые положения:

1. Геоэкологические особенности Бакcharского района определяются воздействием транспортного, промышленного, сельскохозяйственного комплексов. Территория в пределах которого располагается участок ресурсов железных руд по санитарно – гигиеническим, медико – биологическим, социально-экономическим показателям (заболеваемость населения, смертность и т.д.) не превышает их среднеобластных показателей.

2. Комплексное эколого-геохимическое исследование компонентов природных сред позволяет утверждать, что по изученным геохимическим параметрам (пылеаэрозоли, почвы, донные отложения, поверхностные и подземные воды) их значения, как правило, не превышают аналогичные показатели по Томской области и других районов России, что в целом позволяет нам отнести изученную часть территории к слабо трансформированному району и принять их за фон на начальном этапе развития ПТС.

3. Рассмотрев вероятные способы отработки ресурсов железной руды, и обозначив метод скважинной гидродобычи как один из возможных предполагаемых методов отработки части руд и рассмотрев его геоэкологические проблемы, предложены участки для постоянного геоэкологического и эколого-геохимического мониторингов за состоянием природных сред, которые включают в себя системное изучение почв, пылеаэрозольного загрязнения снегового покрова, поверхностных и подземных вод, а также наблюдений за состоянием земной поверхности и уровнем подземных вод в контрольных скважинах.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность обеспечена статистически значимым количеством проб, проанализированных высококачественными современными аналитическими методами в аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета, глубокой проработки материала, а также апробацией результатов исследования в процессе публикаций в рецензируемых научных журналах («Известия Томского политехнического университета», «Современные проблемы науки и образования») и докладов на научных конференциях.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 8 печатных работах, из них 3 статьи в российских журналах из перечня ВАК.

Личный вклад автора заключается в постановке цели, задач, сборе материала, выборе методики исследования, интерпретации и обобщение результатов, которые изложены в диссертации. При подготовке к публикации полученных результатов с соавторами вклад диссертанта был определяющим. Автор самостоятельно сформулировал основные защищаемые положения.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 159 страниц включает в себя введение, 7 глав, выводы, список использованной литературы (160 наименований), 56 рисунков и 30 таблиц.

Благодарности. Автор признателен своему научному руководителю Рихванову Леониду Петровичу, профессору, доктору геолого-минералогических наук, за высказанные советы, помощь, внимание при написании работы.

Огромную благодарность автор хочет выразить следующим сотрудникам кафедры профессору, д. г.-м. н., Е. Г. Языкову, профессору д. г.-м. н., Арбузову С. И., профессору д. б. н., Барановской Н. В., к. х. н. Н. А. Осиповой, к. г.-м. н. В. В. Ершову, к. г.-м. н. А. В. Таловской, к. г.-м. н. Т. А. Монголиной, к. г.-м. н. Л. В. Жорняк, Е. М. Черневу, А. Ю. Иванову, к. г.-м. н. Д. В. Наркович, инженеру Л. В. Богутской, с.н.с. А. Ф. Судыко, Г. А. Бабченко, В. В. Жукову, за ценные советы, помощь при оформлении и подготовке работы.

Автор благодарит д. г.-м. н., профессора Попова В.К., д. г. н., профессора Савичева О.Г., к. г.-м. н., доцента В.А. Домаренко за высказанные советы и критические замечания при подготовке работы.

Особую благодарность автор выражает М.С. Паровинчаку и всему коллективу ООО НПО «Том ГДК руда» за ценные советы и предоставление информационного материала.

Основное содержание работы

Во **введении** показана актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, задачи, и научная новизна, основные защищаемые положения, практическая значимость.

В **первой главе** рассмотрены общие физико-географические сведения о районе исследований.

Во **второй главе** приводится краткий очерк геологического строения района и месторождения.

В **третьей главе** дается геоэкологическая и медико-демографическая характеристика Бакcharского района.

В **четвертой главе** приводится описание основных методов исследования и анализа.

В **пятой главе** дается эколого-геохимическая характеристика природных сред Бакcharского района по результатам проведенных исследований.

В **шестой главе** проводится анализ возможных геоэкологических проблем при разработке Бакcharского железорудного проявления различными методами.

В **седьмой главе** предлагаются опорные пункты мониторинга окружающей среды Бакcharского железорудного проявления, при его дальнейшей разработке и оценочные условия содержания химических элементов.

В **выводах** подведены итоги проведенных автором исследований, сформулированы рекомендации и выводы.

Защищаемые положения

Первое защищаемое положение. *Геоэкологические особенности Бакcharского района определяются воздействием транспортного, промышленного, сельскохозяйственного комплексов. Территория в пределах которого располагается участок ресурсов железных руд по санитарно – гигиеническим, медико – биологическим, социально-экономическим показателям (заболеваемость населения, смертность и т.д.) не превышает их среднеобластных показателей.*

Наиболее обжитой и техногенно нагруженной является центральная часть района - пос. Бакchar, где расположены ЛПК, автопредприятие. Данные предприятия обладают автомобильной техникой, системами моек, складами ГСМ и практически не имеют очистных сооружений, что негативно сказывается на окружающей среде.

В целом вся техногенная нагрузка формируется в северной и центральной части Бакcharского района, так как южная часть занята болотом. Загрязнение всех природных

сред происходит в основном дымовыми газами, образующимися в результате работы котельных, и тяжёлыми металлами, которые обладают токсичностью и способностью к аккумуляции в организме.

В целом, по наиболее заселенным районам Томской области с развитым сельскохозяйственным и промышленным производством, развитой сетью автомобильных дорог, содержание тяжелых металлов в почвах не превышает ПДК (таблица 1).

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах Томской области за 2012-2014 гг (по данным Центра гигиены и эпидемиологии Томской области)

№	Районы	мг/кг			
		Zn	Pb	Cu	Ni
1	Асиновский	4,9	7,1	4,6	2,8
2	Бакcharский	6,6	5,7	2,4	3,1
3	Зырянский	20,1	5,3	1,06	2,2
4	Парабельский	2,3	2,15	1,15	2,6
5	Каргасокский	26,3	21,03	4,2	1,7
7	Томский	11,6	6,3	3,5	2,8
9	Средний по области	13,2	7,9	3,4	3,09
10	ПДК (мг/кг)	23,0	32,0	3,0	4,0

Большую часть выбросов в атмосферу составляют газообразные и жидкие вещества - порядка 90,9 % (CO₂ – 45,5 %, ЛОС – 18,7 %, углеводороды (без ЛОС) – 17 %, NO₂ – 7,1 %, SO₂ – 2,6 %) и твердые вещества около 9,1 % (таблица 2) (Государственный доклад..., 2015; Экологический мониторинг..., 2015).

Антропогенное воздействие на атмосферу на территории области распределено крайне неравномерно. Наиболее неблагоприятные районы - районы, связанные с нефте- и газодобывающей промышленностью и городские поселения: масса выбросов от стационарных источников в Парабельском (94,7 тыс. т), Каргасокском (89,6 тыс. т), Александровском (34,8 тыс. т,) районах, Томск (54,8 тыс. т). Масса выбросов в Бакcharском районе составляет 0,410 тыс. т. (Экологический мониторинг..., 2015).

Таблица 2

Средние выбросы вредных веществ в атмосферном воздухе по районам Томской области за 2012-2014 гг. (Экологический мониторинг..., 2015)

Территории	SO ₂ (т)	CO ₂ (т)	NO ₂ (т)
Томская область	7,7	136,3	21,6
Томск	1,9	9,2	8,1
Стрежевой	1,7	0,3	0,3
Александровский	0,1	15	0,7
Каргасокский	0,2	63	2,7
Парабельский	0,1	41,7	2,3
Бакcharский	0,05	0,2	0,03

Сведения о качестве поверхностных вод на территории Томской области приведены в таблице 3.

Результаты комплексных исследований рек Томской области также отображены в работах О.Г. Савичева (2003, 2010).

Согласно данным Н.С. Зинченко (1999) показатель комплексного загрязнения окружающей среды в Бакcharском районе ниже среднего, а по степени напряжения санитарно-гигиенической ситуации среднее.

Таблица 3

Сведения о качестве поверхностных вод на территории Томской области (данные Томского Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)

№ п/п	Наименование водного объекта	Пункт наблюдения	УКИЗВ	Класс качества	
1	р. Обь	г. Колпашево, в/г	3,34	ЗБ	Очень загрязнённая вода
2	р. Чулым	с. Тегульдэт	3,07	ЗБ	Очень загрязнённая вода
3	р. Томь	г. Томск, в/г	3,66	ЗБ	Очень загрязнённая вода
4	р. Андарма	с. Панычево	5,09	4Б	Грязная вода
5	р. Икса	с. Плотноково	4,77	4Б	Грязная вода

Большинство районов падения ступеней-ракет располагаются на юге Бакcharского района, точнее в зоне границы Томской и Новосибирской области. В каждой такой небесной гостье – от 500 до 1,5 тонны жидкого топлива, основными компонентами которого являются токсичные вещества гептил, гексил и азотные окислители. Такое топливо сверхлетуче, способно к стабильности в слоях растений и почвы, образует при разложении еще более опасные вещества – нитрозоамины.

К территориям «риска» по эпидемиологической опасности питьевой воды централизованных систем хозяйственно-питьевого водоснабжения можно отнести Молчановский, Тегульдетский, Шегарский, Кожевниковский районы, где удельная доля проб воды, которые не соответствуют по микробиологическим показателям гигиеническим нормативам из распределительной сети, превышала показатель по Томской области в 1,5 раза. Доля проб воды в Бакcharском районе не превышает среднеобластной показатель.

По уровню превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК) и доле проб с превышением ПДК наиболее актуальным является природное, высокое содержание железа в питьевой воде. Это наблюдается в таких районах, как Верхнекетский, Кривошеинский, Молчановский, Чаинский, Шегарский районы (более 5 ПДК). Коэффициент превышения ПДК содержания железа в питьевой воде в Бакcharском районе составляет 1,1 – 5 ПДК.

Согласно данным Росстата по Томской области в 2015г. уровень рождаемости составила 13,7 в расчете на 1000 населения. Один из высоких -17,8 на 1000 населения (Парабельский район), низкий - 9,0 на 1000 населения (Томский район). В таких районах, как Александровский, Зырянский, Бакcharский, Чаинский, Кривошеинский, Тегульдетский рождаемость была ниже среднего уровня по области.

К территориям риска (высокий уровень) по заболеваемости детского населения отнесен Томский (3089,4 на 1000 детей данной возрастной группы) район (рисунок 22); по заболеваемости подростков - Томский (2169,8 на 1000 подростков) и Тегульдетский (2211,9 на 1000 подростков) районы; по заболеваемости взрослого населения Каргасокский (693,3 на 1000 взрослого населения) район.

Уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями были максимальными в Томском (412,7 на 100000 населения или 412,7‰), Колпашевском (511,6‰), Александровском (357,8‰), Парабельском (378,6‰), Молчановском (363,3‰), Каргасокском (347,0‰) районах.

По смертности от злокачественных новообразований необходимо отметить такие районы, как Кривошеинским и Первомайский, в которых показатель в 1,5 раза

превышает среднеобластной. В Бакcharском районе значение данного показателя превышает областной в 1,1 – 1,4 раза.

Коэффициент смертности населения в Томской области составил 11,8 ‰ на 1000 населения. Наиболее высокие уровни общей смертности населения зарегистрированы в Зырянском, Кривошеинском, Тегульдетском, Шегарском районах (превышение показателя по Томской области более чем в 1,5 раза), по Бакcharскому району этот показатель не превышает областного (Государственный доклад..., 2015).

Подводя итог вышесказанному, можно утверждать, что приведенные выше показатели Бакcharского района не превышают их средне областных показателей и отличаются от показателей районов с более высокой долей антропогенной нагрузки.

Второе защищаемое положение. *Комплексное эколого-геохимическое исследование компонентов природных сред позволяет утверждать, что по изученным геохимическим параметрам (пылеаэрозоли, почвы, донные отложения, поверхностные и подземные воды) их значения, как правило, не превышают аналогичные показатели по Томской области и других районов России, что в целом позволяет нам отнести изученную часть территории к слабо трансформированному району и принять их за фон на начальном этапе развития ПТС.*

Почвы

Согласно детальной классификации почв (Уфимцева, 1974) основная часть территории Бакcharского района занята дерново-глеевыми почвами разной степени переувлажнения и болотными почвами.

По результатам исследований в почвах установлены уровни накопления широко спектра элементов (таблица 4). Кроме таких элементов, как Ag, Sr, As, в почвах накапливаются практически все изученные элементы.

Сравнение значимости различий между средними концентрациями химических элементов в почвах для различных рассматриваемых участков проводилось с использованием критериев непараметрической статистики - Манна-Уитни и Колмогорова-Смирнова.

Отмечается минимальное превышение над фоном для скандия - 1,2, максимальное для брома – 32,8 и тантал - 7,5.

Почвы Бакcharского района и Полынского участка менее обогащены элементами (кроме Sb, Au, Eu, Lu) в сравнении с почвами Западного участка.

Так, содержание Ba в почвах Западного участка больше в 1,6 раз, Fe в 1,4 раза при сравнении с Полынянским участком.

Минимальное превышение над кларком (геохимический кларк ноосферы; Глазовский, 1982) для La – 2,45, максимальное для Ba – 12,06

В сравнении отношений различных редкоземельных элементов Sm/Lu и La/Yb почв района превышает кларк в 1,7 раза, отношения Ce/Eu практически равны. Это может указывать на особенности специфики накопления этих элементов в почвах района.

Таблица 4

Содержание элементов в почвах района (среднее, мг/кг, Na, Ca, Fe в мас. %) (Шайхиев и др., 2015)

Элементы	В целом по району (78 проб)	Населенные пункты района (36 проб)	Среднее в пределах железорудного узла (42 пробы)	Полынянский участок (20 проб)	Западный Участок (22 пробы)	Кларк*	Фон**	Почвы мира***
Na	0,8±0,03	0,7±0,02	0,8±0,03	0,7±0,05	0,9±0,02	1,9	0,5	Н.д.
Fe	2,8±0,1	2,63±0,07	3,0±0,1	2,5±0,1	3,5±0,07	2,2	1,3	3,8
Ca	1,3±0,02	1,3±0,05	1,4±0,1	1,2±0,2	1,5±0,06	1,6	0,4	Н.д.
Ba	431,6±23,6	382,8±17,5	456±26,6	350,7±28,8	561,3±24,5	36	124	500
Br	30,5±3,3	39,4±1,9	26,1±4,1	44,6±7,7	7,7±0,50	26	1,2	5
Cr	97,6±3,7	94,6±2,06	99,1±4,5	77,8±5,7	120,5±3,3	50	43,2	100
Co	16,4±0,9	16,3±0,7	16,5±1,07	14,07±1,5	19±0,65	22	6,5	8
Au	0,03±0,005	0,007±0,001	0,05±0,01	<п.о.	0,05±0,01	0,005	Н.д.	Н.д.
Sb	0,8±0,1	1±0,06	0,8±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,25	0,3	Н.д.
Cs	4,6±0,2	4,2 ±0,1	4,9±0,2	4,2±0,3	5,5±0,1	5,9	1,2	6
Rb	77,1±3,5	79,6 ±2,5	75,9±4	61,2±4,4	90,5±3,5	96	17,2	100
Ta	1,1±0,06	1,2±0,04	1,08±0,3	1,1±0,1	1,05±0,06	1,9	0,16	Н.д.
Hf	5,8±0,2	5,4±0,1	6,0±0,2	4,3±0,3	7,5±0,2	2,5	3,8	6
Sc	11,7±0,4	10,8 ± 0,3	12,1±0,4	10,2±0,6	14,1±0,2	7	8,3	Н.д.
Sm	6,1±0,6	5,5±1,3	6,5±0,3	5,2±0,4	7,8±0,3	4,5	3,9	4,5
Tb	0,8±0,1	0,8±0,03	0,8±0,04	0,7±0,05	1,04±0,03	0,64	0,13	0,7
La	28,8±1,1	26,5±0,9	30±1,3	25,6±1,7	34,6±0,9	12	17,3	40
Eu	1,1±0,04	1,2±0,04	1,1±0,05	1,1±0,07	1,1±0,03	0,64	1,4	1
Yb	2,5±0,09	2,2±0,07	2,6±0,1	2,2±0,2	3,09±0,06	1,9	0,9	3
Lu	0,4±0,01	0,4±0,01	0,4±0,01	0,3±0,02	0,4±0,01	0,45	0,16	0,4
Ce	58,1±1,9	55,8±1,3	59,3±2,2	49±3,3	69,6±1,20	32	33,4	50
La/Yb	11,42	11,7	11,32	11,47	11,18	6,31	19,2	13,3
La+Ce/Yb+Lu	30,1	31,5	29,45	29,1	29,8	18,7	47,8	26
Ce/Eu	50,53	46,5	52,39	43,75	61,03	50	24	50
Sm/Lu	17,1	15,2	17,61	15,75	19,47	10	24,4	11,2
U	2,5±0,17	2,2±0,10	2,7±0,22	2,4±0,31	3±0,12	1,9	0,5	1
Th	8,3±0,3	7,7±0,18	8,5±0,35	6,8±0,5	10,3±0,2	7,6	3,7	5

Результаты ИНАА; ± ошибка стандартная; «Н.д.» - нет данных <п.о. - ниже предела обнаружения; * - Н.Ф. Глазовский (1982), ** - Е.Г. Язиков (2006), ***- N.J.M. Bowen (1966), жирным выделены значения статистически значимо превышающие остальные.

Стоим отметить, что отношение (La+Ce) / (Yb+Lu) больше аналогичных кларковых значений (минимальное превышение для La в 2,4 раза, максимальное для Ba в 12,06 раз) и значений в почвах мира (Bowen, 1966), но меньше в 1,6 фоновых.

По итогам исследований содержание урана в почвах района изменяется от 0,9 до 5,4 (среднее 2,5 мг/кг), тория от 4,6 до 11,2 (среднее 8,3 мг/кг).

Повышенные содержания U на Западном участке в сравнении с Полынянским участком и районом в целом, можно объяснить тем, что основным источником его поступления в почвы являются котельные, как частного сектора, так и предприятия, которые используют уголь в качестве топлива и расположены в этой части участка.

Имея природное образование, угли содержат радиоактивные и естественные элементы (Рихванов и др., 1996). Возможно, существует и природная причина (пески с цирконом, ураноносные торфяники и другие причины) высокий содержания урана в почвах Западного участка.

Содержание урана в почвах района практически совпадает с содержанием в почвах Томской области (2,4 мг/кг) и превышает аналогичные показатели в почвах мира и фоне.

По Th наблюдается практически схожая картина: в почвах западного участка содержание Th выше остальных показателей. Что же касается показателя Th в целом по району, то он не превышает среднеобластного показателя (8,5 мг/кг) (Рихванов, 1997), но наблюдается превышение фона в 2,3 раза.

В исследуемых почвах Th/U отношение составляет от 2,8 (Полынянский участок) до 3,3 (Западный участок), что говорит о близком к нормальному значению отношении.

Так как техногенные аномалии имеют полиэлементный состав, для характеристики воздействия групп элементов рассчитывается суммарный показатель загрязнения: $Z_{спз} = \sum KK - (n - 1)$, где $\sum KK$ – это сумма коэффициентов концентраций; n – количество элементов, которые учитываются.

ZСПЗ для Бакчарского района характеризуется следующим образом: Полынянский участок – 15,08 (низкая степень загрязнения), Западный участок – 27,42, населенные пункты – 19,12 (средняя степень загрязнения). В среднем по Бакчарскому району этот показатель составляет 20,5, что по методическим указаниям (1987) и ориентировочной шкале (Сает, 1990) говорит о умеренно опасном уровне заболеваемости и степени загрязнения средней.

Основной вклад в накопление элементов вносят элементы Br (Kк=25,42), Ta (Kк=6,88), Tb (Kк=6,15) (таблица 5) (Шайхиев и др., 2015).

Таблица 5

Коэффициенты концентрации химических элементов относительно фона* (Шайхиев и др., 2015)

Территория	Геохимический ряд
Бакчарский район	Br _{25.42} Ta _{6.88} Tb _{6.15} Rb _{4.48} Cs _{3.83} Ba _{3.48} Ca _{3.25} Yb _{2.78} Sb _{2.67} Co _{2.52} Lu _{2.5} Cr _{2.26} Fe _{2.15} Ce _{1.74} La _{1.66} Na _{1.6} Sm _{1.56} Sc _{1.41}
Населенные пункты района	Br _{32.8} Ta _{7.5} Tb _{6.15} Rb _{4.6} Cs _{3.5} Sb _{3.3} Ca _{3.25} Ba _{3.1} Co _{2.5} Lu _{2.5} Yb _{2.4} Cr _{2.19} Fe ₂ Ce _{1.67} La _{1.5} Na _{1.4} Sm _{1.4} Sc _{1.3}
Полынянский участок	Br _{37.2} Ta _{6.9} Tb _{5.4} Rb _{3.6} Cs _{3.5} Ca ₃ Ba _{2.8} Yb _{2.4} Sb _{2.3} Co _{2.1} Lu _{1.9} Fe _{1.9} Cr _{1.8} Ce _{1.5} La _{1.5} Na _{1.4} Sm _{1.3} Sc _{1.2}
Западный участок	Tb ₈ Ta _{6.5} Br _{6.4} Rb _{5.3} Cs _{4.6} Ba _{4.5} Ca _{3.8} Yb _{3.4} Co _{2.9} Cr _{2.8} Fe _{2.7} Sb _{2.7} Lu _{2.5} Ce _{2.1} La ₂ Sm ₂ Na _{1.8} Sc _{1.7}

* - Локальный фон “Заказник Томский” Е.Г. Язиков (2006).

Согласно проведенным нами исследованиям, руды содержат повышенные концентрации As и Co, что при pH <7 и росте O₂ предполагает их активную миграцию в другие природные среды при разработке, и возможным негативным влиянием на окружающую природную среду, но их избыточных концентраций в почвах не установлены.

Минералого-геохимические особенности и типы руд Бакчарского проявления железных руд также рассматриваются в работах О.М. Гринёва (2010), Е.М. Асочаковой (2013) и М.А. Рудмина (2015).

По результатам исследований нами получены оценочные геохимические показатели почвенного покрова, которые в дальнейшем могут быть использованы при ведении геоэкологического мониторинга вследствие разработки ресурсов железных руд методом СГД.

Донные отложения

По результатам исследований в донных отложениях рек территории Бакчарского района (Большая Галка, Бакчар, Тетеренка (западный участок) и 2 водотока

Полынянского участка без названия) установлены уровни накопления широкого спектра элементов (таблица 6).

Относительно их содержания в иле озера Байкал (Индекс БИЛ-1, ГСО-7126-94, далее БИЛ-1) и кларка (Григорьев, 2009) в донных отложениях отмечаются повышенные концентрации практически всех изученных элементов, кроме серебра и стронция (ниже предела обнаружения). Отмечается минимальное превышение БИЛ-1 для урана – 0,17, максимум для Cr – 1,9 и Hf – 1.89.

Кроме элементов Co, Cr, Br и Hf, содержание редкоземельных элементов в донных отложениях рек района не превышает их кларковых и значений БИЛ-1.

В сравнении отношений различных редкоземельных элементов Sm/Lu донных отложений рек района превышает кларк в 1,4 раза, Ce/Eu в 1,07 раза.

Среднее содержания U и Th в пробах донных отложений рек Бакчарского района не превышает их значений в БИЛ – 1.

Таблица 6

Содержание элементов в донных отложениях поверхностных водотоков района (среднее, мг/кг, Na, Ca, Fe в мас. %) (Шайхиев и др., 2015)

Элемент	Реки района	Байкальский ил (БИЛ-1)	Кларк (Григорьев, 2009)
Ca	1,51	1,3	3,89
Na	0,7	1,5	2,07
Fe	3,7	4,9	4,06
Ba	445	715	510
Br	15,4	13	11
Cr	125,5	66	92,4
Co	19,5	18	17
As	13,2	18	5,6
Sb	0,6	0,9	0,81
Rb	97,8	93	98
Au	0,05	н.д.	0,004
Hf	7,4	3,9	4,5
Cs	5,4	5,8	5,5
Sc	13,3	13,5	15,6
Ta	1,1	0,8	1,4
Eu	1,2	1,4	1,3
Tb	0,9	0,9	0,89
Ce	62,9	80	63
Lu	0,4	0,4	0,48
Sm	6,1	7	5,7
Yb	2,5	2,9	2,5
La	28,9	45	32
La+Ce/Yb+Lu	31,7	37,9	31,8
Ce/Eu	51,5	57,1	48,4
Sm/Lu	16,5	17,5	11,8
La/Yb	11,6	15,5	12,8
U	2,3	12	2,5
Th	7,8	12,6	9,1
Th/U	3,4	1,05	3,64

Примечание: н.д. – нет данных;

Значение торий-уранового отношения в донных отложениях рек Бакчарского района в 3,3 раза превышает это значение относительно БИЛ-1, но не превышает кларковых значений. Отличительной особенностью донных отложений рек

Бакcharского района является низким показатель относительно концентрации естественных радиоактивных элементов в сравнении с БИЛ-1, что, возможно, объясняется природными факторами.

В статье (Савичев и др., 2008) авторами предложена классификация, согласно которой, по изучению уровня нахождения нефтепродуктов в донных отложениях рек Томской области, можно проводить оценку антропогенного воздействия на окружающую среду.

При помощи $Z_{спз}$ (суммарный показатель загрязнения) донных отложений возможно оценивать уровень экологического состояния водных объектов: $Z_{спз} = \sum K_c - (n - 1)$, где n – число химических элементов с K_c больше 1,5; $K_c = C/C_f$, где C – содержание в точке опробования в донных осадках, мг/кг, C_f – содержание на фоновой территории (Янин, 2002).

Значение суммарного показателя загрязнения донных отложений исследуемых рек Бакcharского района составляет – 2,79 (<10), что согласно ориентировочной шкале (Янин, 2002) говорит о низком уровне техногенного загрязнения, допустимой степени санитарно-токсикологической опасности, а содержание большей части токсичных элементов в воде в пределах фона. Основной вклад в накопление элементов в донных отложениях исследуемых рек Бакcharского района вносят: Hf (K_c составляет 1,89), Sr (K_c составляет 1,9), что связано с возможным антропогенным поступлением данных элементов в водоемы (таблица 7).

Таблица 7

Геохимический ряд химических элементов в донных отложениях Бакcharского района (по K_c относительно БИЛ-1)

Территория	Геохимический ряд
Бакcharский район	Cr_{1,9} Hf_{1,89} Ta_{1,37} Br_{1,18} Ca_{1,16} Co_{1,08} Rb_{1,05} Tb ₁ Lu ₁ Sc _{0,98} Cs _{0,93} Sm _{0,87} Yb _{0,86} Eu _{0,85} Ce _{0,78} Fe _{0,75} As _{0,73} Th _{0,7} La _{0,64} Ba _{0,62} Sb _{0,6} Na _{0,46} U _{0,17}

Полученные данные также могут быть использованы при ведении геоэкологического мониторинга.

Снеговой покров

Значение суммарного показателя загрязнения исследуемой территории района представлено следующим образом: населенные пункты – 58,2, Западный участок – 84,23, Полынянский участок – 58,2, что согласно градации (Сае, 1990) ($Z_{спз}$ 64-128) говорит о низкой: Полынянский участок (отсутствие населенных пунктов в пределах участка) и средней: Западный участок и населенные пункты (в повседневной деятельности котельные в качестве топлива используют уголь) степени загрязнения.

Уровень пылевой нагрузки по сравнению с аналогичными показателями нечерноземной полосой России и Томской области является низким. Нахождение в значительном количестве населенных пунктов в пределах западного участка обуславливает повышенное значение данного показателя (рис.3).

Проведенная оценка пылевого загрязнения территории Бакcharского района по эколого-геохимическим показателям твердого осадка позволяет прогнозировать ниже средние показатели суммарной заболеваемости хроническими заболеваниями, а также функционально-морфологические отклонения, согласно методическим рекомендациям Минздрава СССР (№ 4426-87).

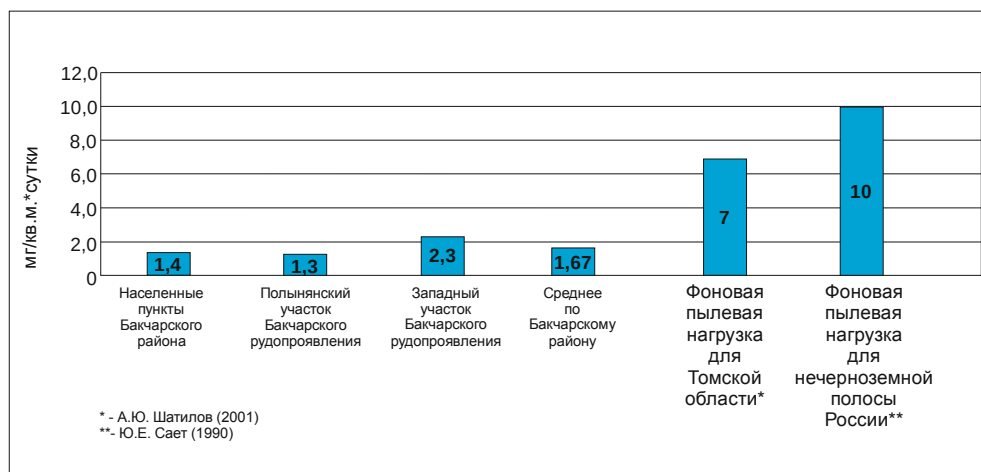


Рис. 3. Распределение пылевой нагрузки

По результатам исследований в твердом остатке снегового покрова установлены уровни широкого спектра элементов (таблица 8). Кроме европия и стронция, в почвах, относительно фона, накапливаются почти все изученные элементы.

Отмечается минимальное превышение над фоном для золота - 0,28, максимальное для урана (западный участок) – 15,5 и мышьяка (населенные пункты) – 13,2, что связано, на наш взгляд, с сжиганием угля.

Проведя сравнение содержания элементов в населенных пунктах и Полынянском участке со значениями Западного участка, отмечаются различия содержаний Ва, Сг, Аи, редкоземельных и редких элементов. Возможно это объясняется тем, что котельные, как частного сектора, так и предприятий, расположенные в этой части участка, используют в качестве топлива уголь.

Химические элементы, которые содержатся в твердом осадке на уровне фона или ниже, имеют общие региональные источники и являются природными.

Проанализировав геохимический ряд, можно отметить, что обогащение пылеаэрозолей элементами происходит за счет U, As, As, Sm, Yb, Ta, Ba, La, Ce, Tb относительно условного фона ($K_k > 5$) (таблица 9).

По результатам исследований содержание урана в твердом осадке изменяется от 1,7 до 4 (среднее 2,6 мг/кг), тория от 3,8 до 14,3 (среднее 6,56 мг/кг) (таблица 10). Как мы видим, повышенные концентрации U и Th приходится на Западный участок, где в качестве топлива котельные используют уголь. При сжигании угля в атмосферу поступают радиоактивные элементы, что подтверждено исследованиям (Арбузов и др., 2001; Арбузов, 2007). Возможно предположить, что поступление элементов происходит при пылевом разнесе песков (входящих в состав осадочного материала осадочных толщ), содержащих монацит, ильменит, циркон и др. (Туганский тип проявления).

Сравнение значимости различий между средними концентрациями химических элементов в твердом осадке снега для различных рассматриваемых участков проводилось с использованием критериев непараметрической статистики - Манна-Уитни и Колмогорова-Смирнова.

Таблица 8

Содержание элементов в твердом осадке снегового покрова (среднее, мг/кг, Na, Ca, Fe в мас. %)

Элементы	Места отбора			В целом по бакчарскому району (78 проб)	Фон*
	В пределах населенных пунктов района (36 проб)	Полынянский участок (20 проб)	Западный участок (22 пробы)		
Na	0,5±0,02	0,4±0,03	0,6±0,03	0,5±0,03	0,2
Fe	3,2±0,2	3±0,4	3,1±0,1	3,1±0,2	1,9
Ca	0,8±0,06	0,6±0,04	1±0,05	0,7±0,05	0,8
Ba	790,3±64,5	511±62,6	810,2±55,1	703,7±60,7	100
Br	8,1±0,6	7,5±0,8	8,7±0,6	8,1±0,7	2,9
Cr	140,9±10,4	107±10,1	156±10,1	134,6±10,2	110
Co	13,1±0,8	10,9±1,3	11,2±0,5	11,7±0,9	10,3
Au	0,09±0,01	0,06±0,005	0,4±0,08	0,2±0,03	0,2
Sb	6,8±0,5	7,5±0,98	6,9±0,7	7,05±0,7	2,3
As	6,6±1,8	0,8±0,58	< п.о.	3,7±1,2	0,5
Cs	3,6±0,2	3,03±0,2	4,3±0,2	3,6±0,2	3,5
Rb	52,9±2,7	42,6±4,1	59,8±3,5	51,7±3,4	55
Ta	0,7±0,1	0,4±0,06	0,6±0,04	0,6±0,06	0,1
Hf	3,8±0,1	2,9±0,2	4,09±0,2	3,6±0,2	2,2
Sc	8±0,4	6,1±0,4	9±0,4	7,6±0,4	7,1
Sm	4,6±0,2	2,9±0,2	4,6±0,3	4,03±0,2	0,6
Tb	0,6±0,04	0,5±0,03	0,6±0,03	0,6±0,03	0,06
La	32,7±2,6	21,6±1,2	31,8±1,8	28,7±1,9	2,8
Eu	1,01±0,06	0,7±0,05	0,1±0,05	0,9±0,05	1,1
Yb	2,1±0,1	1,4±0,09	2,2±0,1	1,9±0,1	0,2
Lu	0,3±0,01	0,2±0,01	0,3±0,02	0,3±0,01	0,07
Ce	68,7±6,4	48,5±3,4	60,5±2,8	59,2±4,2	10,3
La/Yb	15,5	15,4	14,7	15,2	14
La+Ce/Yb+Lu	42,4	43,75	37,6	41,2	37,4
Ce/Eu	68	69,2	63	66,7	9,4
Sm/Lu	15,8	14,5	15,8	15,3	8,6
U	2,6±0,1	2,1±0,2	3,1±0,6	2,6±0,3	0,2
Th	6,8±0,6	6,3±0,9	6,6±0,3	6,5±0,6	2,9
Th/U	2,6	3	2,1	2,6	14,5

Примечание: данные ИНАА, ± - стандартная ошибка, Фон* – А.Ю. Шатилов (2001) с дополнениями Е.Г. Язиков (2006), жирным выделены значения статистически значимо превышающие остальные.

Таблица 9

Геохимические ряды ассоциаций элементов (относительно фона) в пробах твердого осадка снега Бакчарского района

Район	Геохимический ряд
Населенные пункты	As _{13,7} U ₁₃ La _{11,7} Yb _{10,7} Tb ₁₀ Sm _{8,2} Ba ₈ Ta _{7,1} Ce _{6,7} Lu _{3,9} Na _{3,7} Sb ₃ Br _{2,8} Th _{2,4} Hf _{1,8} Fe _{1,7} Ag _{1,36} Cr _{1,3} Co _{1,3} Sc _{1,12} Cs _{1,04} Ca _{1,01} Rb ₁ Eu _{0,9} Sr _{0,75} Au _{0,4}
Полынянский участок	U _{10,65} Tb _{8,65} La _{7,72} Yb _{7,15} Ba _{5,11} Sm _{5,09} Ce _{4,72} Ta _{4,41} Ag _{4,38} Sb _{3,24} Na _{2,93} Lu _{2,73} Br _{2,62} Th _{2,19} As _{1,66} Fe _{1,63} Hf _{1,35} Co _{1,06} Cr _{0,97} Sc _{0,87} Cs _{0,87} Rb _{0,77} Ca _{0,74} Eu _{0,66} Au _{0,28}
Западный участок*	U _{15,47} La _{11,3} Yb _{10,74} Tb _{10,39} Sm _{8,08} Ba _{7,98} Ta _{6,62} Ce _{5,91} Na _{4,18} Lu _{3,84} Br _{2,96} Sb _{2,87} Th _{2,27} Hf _{1,86} Au _{1,81} Fe _{1,7} Cr _{1,44} Sc _{1,28} Cs _{1,26} Ca _{1,22} Co _{1,10} Rb _{1,09} Eu _{0,86}
Бакчарский район	U _{13,3} La _{10,26} Tb _{9,6} Yb _{9,6} As _{7,8} Sm _{7,12} Ba _{7,05} Ta _{6,04} Ce _{5,78} Na _{3,6} Lu _{3,5} Sb _{3,05} Ag _{2,87} Br _{2,79} Th _{2,3} Fe _{1,7} Hf _{1,67} Cr _{1,24} Co _{1,15} Sc _{1,12} Cs _{1,06} Ca _{0,99} Rb _{0,95} Au _{0,83} Eu _{0,8} Sr _{0,75}

* – во всех пробах снегового покрова территории западного участка As ниже предела обнаружения.

Таблица 10

Средние содержание U и Th в твердом осадке проб снегового покрова

Территория	U, мг/кг	Th,мг/	Th/U
Фон (Шатилов, 2001)	0,2	2,9	14,5
Бакчарский район	2,6±0,3	6,56±0,6	2,57
Населенные пункты	2,6±0,1	6,8±0,6	2,6
Полынянский участок	2,1±0,2	6,3±0,9	3
Западный участок	3,1±0,6	6,59±0,31	2,12
Условно фоновый район «Заказник Томский»	2,1±0,2	4,8±0,1	2

Поверхностные и подземные воды

а) Поверхностные воды. В основу характеристики геохимических особенностей речных вод в Бакчарском районе положены результаты исследований в этом районе в 2006 г. Поверхностные воды исследовались на таких водотоках: Бакчар, Тетеренка, Большая Галка (западный участок) и 2 водотока Полынянского участка без названия. В основном питание водотоков происходит летом, осенью и весной при таянии снега, при выпадении атмосферных осадков, так и почвенно-грунтового питания. Воды содержат малое количество взвесей, богаты содержанием органических соединений, которые вносятся из окрестных торфяников и имеют слабую минерализацию (таблица 11) (Савичев и др., 2003).

Проблемы воздействия на водные объекты и их компонентный состав при отработке осадочных железных руд Бакчарского рудопроявления рассматриваются в работах О.Г. Савичева и др. (2010, 2014, 2016).

В водах рек Полынянского участка (ввиду отсутствия населенных пунктов) содержание Cl^- в значительной мере ниже аналогичных показателей в пробах водотоков западного участка, что говорит о том, что характерным показателем антропогенного загрязнения является хлор-ион. Об этом говорилось в работах специалистов, изучавших эту проблему (Савичев и др., 2003).

Содержание Mg^{2+} в водах реки Бакчар составляет 23,2 мг/л, что в 1,9 раз превышает аналогичное значение в водах поверхностного водотока на профиле 2-0, который составляет 12,2 мг/л. Аналогичная картина наблюдается и по сумме $\text{Na}^+ + \text{K}^+$: в водах реки Бакчар она составляет 31,1 мг/л, что в 2,7 раз больше суммы в водах поверхностного водотока на профиле 2-0 (11,6 мг/л).

Таблица 11

Макрокомпонентный состав поверхностных вод рек Бакчарского района

Место отбора	р. Бакчар	р. Большая Галка	р. Тетеренка	профиль 2	1 км от профиля 3-0
рН (ПДК 6,5–9)	7,5	7,4	7,3	6,6	6,8
CO_2	10,5	10,4	10,3	31,6	26,4
CO_3 (мг/л)	0	0	0	0	0
HCO_3^-	415	410	402	183	195
SO_4^{2-} (ПДК 500)	0	0	0	0	0
Cl^- (ПДК 350)	15,6	15,1	14,8	2,8	4,6
ОЖ, мг-экв/л (ПДК 7)	6	6	5	3	3,2
Ca^{2+}	82	80	79	40	40
Mg^{2+}	23,2	22,1	22,6	12,2	14,6
Na^+ мг/л	30	26	24	10	14
K^+	1,1	1,2	1,1	1,6	1,8
Мин., мг/л	567	515	496	250	270
Fe	0,5	0,4	0,4	0,4	7,8

ОЖ – общая жесткость, мг-экв/л; Мин – минерализация.

Концентрация общего железа в водах изменяется от 0,4 до 7,8 мг/л. Величина 7,8 мг/л является единичным наибольшим пиком (профиль 3-0) содержания общего железа, что является превышением кларкового значения данного элемента в речной воде.

Малые водотоки (профиль 2 и 1 км от профиля 3-0) могут больше походить на болото, чем средние реки (Бакчар, Большая Галка, Тетеренка), которые дренируют подземные воды с более высокой минерализацией. Соответственно показатель pH в малом водотоке может быть меньше, чем в средней реке.

Следует отметить, что несмотря на то, что по Fe наблюдается превышение ПДК в воде, повышенные концентрации этого элемента, если судить по работам (Барановская, 2011; Монголина, 2011; Наркович, 2012) не фиксируются в волосах, крови, накипи. Это может свидетельствовать о его нахождении в труднодоступной для усвоения организма форме.

Сравнивая содержание элементов в поверхностных водотоках района с их содержанием в ранее опубликованных работах (Рассказов, 1968; Здвижков, 2005) (таблица 12), мы видим увеличение металлов: никель (в 2 раза), кобальт (в 4 раза) и хрома (в 4,1 раза)

Таблица 12

Содержание тяжелых металлов в поверхностных водах, мкг/л

Название	Cu	Ag	Co	Cr	V	Fe	Zn	Ni	Ti	Zr	Mn
р. Бакчар ¹	2,84	0,09	0,65	0,9	0,95	2,72*	10,96	0,95	1,1	9,5	26
Среднее ²	0,85	0,004	2,6	3,7	0,4	1,9	6,6	1,9	0,6	0,2	4,7
Кларк**	7	0,2	0,3	1	1	40	20	2,5	3	2,6	10

¹ Н.М. Рассказов (1968); ² И.Р. Шайхиев (2006); * М.А. Здвижков (2005); ** кларк речной воды.

б) Подземные воды отбирались и исследовались непосредственно из скважин, которые были пробурены на территории Полынянского и Западного и участков, а также из скважины, находящейся за пределами исследуемого района: Скважина 1 – пробурена первой на Полынянском участке; Скважина 2 – находится на расстоянии 13 км на юг от с. Подольск (самоизливающаяся); Скважина 3 – в районе с. Поротниково; Скважина 4 – расположена в районе с. Полынянка.

Воды гидрокарбонат-хлоридные ($\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$), имеют высокую минерализацию (таблица 13). Скважины № 1, 3, 4 пробурены на глубину 250 метров, что говорит нам о том, что это подземные воды верхнемеловых отложений, четвертый водоносный горизонт (Лепокурова и др., 2011).

Таблица 13

Макрокомпонентный состав подземных вод

Место отбора	pH (ПДК 6,5-9)	CO ₂	CO ₃ (мг/л)	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻ (ПДК 500)	Cl ⁻ (ПДК 350)	NH ₄ ⁻
Скважина 1	6,74	66	0	427	10	53,3	-
Скважина 2	6,89	60,7	0	620	0	29	-
Скважина 3	9,35	60	0	695	200	32,7	-
Скважина 4	6,74	18,4	0	160	20	7	-
Место отбора	Об.ж.мг-э/л (ПДК 7)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ мг/л	K ⁺	Мин. мг/л	Fe
Скважина 1	7	60	48,8	142	7,7	749	11,4
Скважина 2	8	104	35,4	89	2,7	880	0,74
Скважина 3	0,5	4	3,66	350	4,7	1290	28,6
Скважина 4	2,9	40	11	39	4,7	282	3,7

ОЖ – общая жесткость, мг-экв/л; Мин – минерализация.

Отмечается увеличение минерализации общей (с 282 до 1290 мг/л) за счет увеличения магния с 3,66 до 48,8 и HCO_3^- (со 160 до 695). Отмечается уменьшение содержания CO_2 (с 66 до 18,4). Содержание железа в пробах изменяется от 0,74 до 28,6 мг/л.

Гидрогеологические условия Среднеобского бассейна и их изменения рассматриваются в работе О.А. Камневой (2012).

Необходимо отметить важный момент - это отсутствие в составе аммония (NH_4), что позволяет нам говорить о том, то отсутствует загрязненность подземных вод органикой промышленных и хозяйственно-бытовых стоков.

По ряду параметров среди общей картины выделяется скважина № 3, в которой отмечаются высокие значения pH (9,35) и CO_2 (60), высокая концентрация SO_4^{2-} (первый десятки мг/л) и сумма $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, содержание железа -28,6 мг/л. Здесь также отмечается повышенные, относительно других, содержания Fe, As, U, Th (таблица 14).

По показателю Mg^{2+} значения проб скважин № 1 (35,4 мг/л) и № 2 (48,8 мг/л) существенно превышают аналогичные показатели скважины № 3 (3,66 мг/л) и скважины № 4 (11 мг/л). Относительно невысокий показатель Cl^- (53,3) отмечается в пробе скважины № 1. Самый низкий показатель SO_4^{2-} (0) отмечается в скважине № 2.

Таблица 14

Содержание элементов в подземных водах, мг/л.

элемент скважина	Cu	Zn	Ag	Ni	Sr	Ti	As	Th	U	Fe
1	0,009	0,031	0,00002	0,01	0,45	0,00001	0,03	0,0008	0,0006	11,4
2	0,0005	0,001	$3,3 \cdot 10^{-7}$	0,0005	1,17	0	0,02	$5,6 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	0,74
3	0,05	0,44	0,0002	0,02	0,08	0,00006	0,06	0,002	0,0012	28,6
4	0,0004	0,006	0,000003	0,002	0,48	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0006	$2,9 \cdot 10^{-6}$	0,00002	3,7

Радиационная характеристика в районе железорудного проявления

При опробовании почвенного покрова, одновременно проводились замеры радиоактивности почвенного слоя по всей протяженности маршрута с охватом всей площади района. По итогам измерений мощность дозы на поверхности почв изменялась в пределах от 5 до 14 мкР/ч. Стоит отметить, что самые низкие значения нами были отмечены на Полынянском участке, а повышенные в районе с. Поротниково у скважины № 3 (14 мкР/ч), но природа столь высокого показателя нами не выявлена. Если говорить в целом, то на Бакчарском рудопроявлении не отмечается высоких значений радиоактивности почвенного покрова.

Третье защищаемое положение. Рассмотрев вероятные способы отработки ресурсов железной руды, и обозначив метод скважинной гидродобычи как один из возможных предполагаемых методов отработки части руд и рассмотрев его геоэкологические проблемы, предложены участки для постоянного геоэкологического и эколого-геохимического мониторингов за состоянием природных сред, которые включают в себя системное изучение почв, пылеаэрозольного загрязнения снегового покрова, поверхностных и подземных вод, а также наблюдений за состоянием земной поверхности и уровнем подземных вод в контрольных скважинах.

Вопросы отработки месторождений твердых полезных ископаемых способом скважинной гидродобычи (СГД) рассматриваются в работе Н.Е. Горшенина (2014) и др. В статье (Шайхиев, 2013) рассматриваются геоэкологические проблемы на примере применения СГД на Тарском циркон-ильменитовом месторождении и Шамраевском участке Курской магнитной аномалии.

Также здесь следует отметить, что одной из проблем метода СГД является утилизация отходов (шламов) гидрообогащения руд. Отмечается, что существует проблема шламов (Нечаев и др., 2009), трудно поддающихся обезвоживанию и непригодных для получения товарной руды (Fe общ. <30-57%).

При отработке рудопоявления будет формироваться сложная природно-техногенная система. Для выявления перемен, которые станут происходить в окружающей природной среде при разработке железорудного проявления, нужно обозначить зоны эколого-геохимического мониторинга, который включает в себя все природные среды и охватывает как площади ведения работ, так и границы зон воздействия разработки проявления и сопутствующих ей процессов, на состояние недр и компонентов природной среды (Требования..., 2000) (рис. 4):

Поэтому на площади проведения мониторинга предлагается выделить 3 зоны:

Зона I.

Непосредственно в зоне ведения работ и расположения технологических объектов, оказывающие влияние на недра и на компоненты природной среды.

В нашем случае это участок первоочередной отработки, расположенный к юго-западу от пос. Бакчар. Его координаты: $56^{\circ}59'25''$ с.ш. $82^{\circ}01'45''$ в.д., $56^{\circ}59'25''$ с.ш. $82^{\circ}04'10''$ в.д., $56^{\circ}58'00''$ с.ш. $82^{\circ}01'45''$ в.д., $56^{\circ}58'00''$ с.ш. $82^{\circ}04'10''$ в.д.

Зона II.

Размеры зоны следует принять по распространению геологических процессов под воздействием добычи полезного ископаемого. В нашем случае следует принимать участок, площадь которого больше площади участка первоочередной отработки.

Границы зоны с запада на восток на – от пос. Чернышевка до пос. Полынянка, с юга на север – от скв. № 166 до пос. Чумакаевка.

В границы участка входят участки Восточный (полынянский) и Западный. Его координаты: $56^{\circ}59'25''$ с.ш. $82^{\circ}01'45''$ в.д., $56^{\circ}52'05''$ с.ш. $82^{\circ}15'00''$ в.д., $56^{\circ}58'40''$ с.ш. $82^{\circ}01'45''$ в.д., $57^{\circ}02'35''$ с.ш. $82^{\circ}05'30''$ в.д., $57^{\circ}02'10''$ с.ш. $82^{\circ}10'40''$ в.д.

Зона III.

Контуры и площадь зоны следует принять такими, чтобы при проведении мониторинга мы могли проследить фоновые изменения состояния окружающей природной среды, провести их сравнение с изменениями в зоне - II и определить те, которые обусловлены разработкой проявления и которые определяются другими факторами. С учетом метеоусловий участок предполагается расположить в районе пос. Большая Галка. Эколого-геохимические параметры фонового участка представлены в таблице 16.

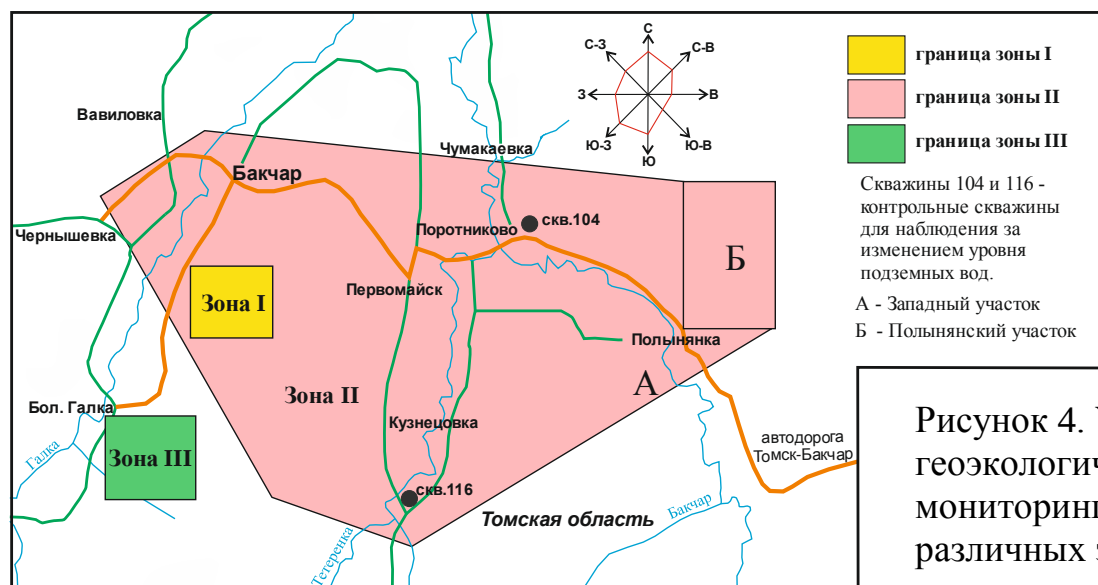


Рисунок 4. Участки геоэкологического мониторинга в различных зонах

Таблица 16

Оценочные геохимические показатели природных сред фонового участка (Зона III)
2009 г (Шайхиев и др., 2015)

Элемент	Природные среды					Солевые отложения (накипь) ³ ***	Волосы детей ³ ****
	Почва ¹	Донные отложения ¹	Снеговой покров ¹	Поверхностные Воды ²	Подземные воды ^{**2}		
Na	0,9	0,9	0,6	18,8	--	762	786
Ca	1,9	1,7	0,7	40,46	6,6	22	2087
Fe	3,0	4,2	3,7	0,47	28,6	0,4	99
Sc	13,3	14,9	10,1	0,0013	0,033	0,11	0,03
Zn	--	--	--	0,005	0,44	759	210
Cr	111,2	158,3	147,5	0,002	0,047	2,83	1,9
Br	47,5	8,9	7,5	0,054	0,125	1,73	6,9
Co	16,4	19,9	13,8	0,0007	0,008	19	0,6
As	*	*	15,2	0,0018	0,06	2,77	*
Ag	*	*	*	0,000003	0,00016	0,21	0,43
Rb	75	113	72	0,002	0,014	1,6	4,5
Cs	4,9	6,2	4,5	*	0,0009	0,02	0,06
Sb	1,4	1,1	7,2	0,00006	0,0018	0,9	0,05
Sr	*	*	75	0,42	0,086	1057	10,43
Ba	453	798	630	0,02	0,23	395	13,7
Ta	1,51	1,21	1,1	*	0,0001	0,02	*
Hf	5,9	11,8	4	0,000002	0,0012	0,07	0,05
La	31,9	27,8	53,7	*	0,008	0,38	0,26
Au	*	0,03	0,07	--	*	0,06	0,05
Sm	5,4	5,1	4,6	0,000002	0,002	0,31	0,31
Yb	2,8	2,9	2,5	0,000001	0,0006	2,3	0,014
Ce	63,1	69,4	131,2	0,000001	0,02	1,27	0,08
Eu	1,6	1,4	1,2	--	--	1	*
Tb	0,87	1,21	0,71	0,0000008	0,0002	0,7	
Lu	0,51	0,42	0,33	0,0000006	0,00009	0,4	0,004
U	3,2	3,0	2,8	0,0004	0,001	1,65	0,13
Th	9,0	11,3	7,3	0,000004	0,002	0,11	0,02

Примечание: ¹ - мг/кг; Na, Ca, Fe в мас. %; ² - мг/л; ³ - мг/кг * – ниже предела обнаружения; ** - скважина номер 3; *** - Т.А. Монголина (2011); *** - Д.В. Наркович (2012); "--" – не обнаружено; Пылевая нагрузка - 1,4 мг/(кв.м*сут); МЭД - 10 мкР/ч.

Выводы

1. Общие показатели (санитарно - гигиенические, медико – биологические, социально – экономические) территории не превышают их среднеобластных показателей. Район предполагаемой отработки руд по экологическому состоянию можно считать условно мало подверженным техногенному воздействию в сравнении с другими районами области.

2. Комплексное эколого-геохимическое исследование компонентов природных сред позволяет утверждать, что по геохимическим параметрам (пылеаэрозоли, поверхностные и подземные воды, почвы, донные отложения) их значения не превышают аналогичные показатели по Томской области и других районов России, что позволяет отнести изученную часть территории к слабо трансформированному району и принять их за фон на начальном этапе развития ПТС.

3. Рассмотрев метод СГД как один из предполагаемых методов разработки, для контроля за изменениями, которые будут происходить в процессе отработки в

окружающей природной среде и их прогнозирования, предложены участки для постоянного геоэкологического и эколого-геохимического мониторинга за состоянием природных сред.

4. Эффективность оценки экологического состояния геологической среды территории Бакcharского железорудного узла на стадии начального техногенеза обеспечивается проведением комплексных эколого-геохимических и геоэкологических исследований с акцентом на природные факторы, типизацией природных и техногенных условий на базе создания карт, отражающих геоэкологическое состояние среды.

Список основных опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК

1. Шайхиев, И.Р. Геоэкологические проблемы освоения Бакcharского железорудного месторождения методом СГД / И.Р. Шайхиев // Известия Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – Т. 322. – № 1. – С. 152-157.

2. Шайхиев, И.Р. Эколого-геохимические исследования природных сред района Бакcharского железорудного месторождения (Томская область) / И.Р. Шайхиев, Л.П. Рихванов // Известия Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – Т. 326. – № 5. – С. 62-78.

3. Шайхиев, И.Р. Геоэкологический мониторинг природных сред района Бакcharского железорудного месторождения (Томская область) / И.Р. Шайхиев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www/science-education.ru/125-19954>

Статьи, материалы конференций

4. Шайхиев, И.Р. Экологические проблемы при разработке месторождений Западно – Сибирского железорудного бассейна / И.Р. Шайхиев // Проблемы геологии и освоения недр: Труды IX Международного симпозиума студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 659-661.

5. Шайхиев, И.Р. Опережающие геоэкологические исследования в районе Бакcharского железорудного месторождения / И.Р. Шайхиев // Форум «Нефть. Газ. Геология: Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири». – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – С. 330-336.

6. Шайхиев, И.Р. Геоэкологические исследования в районе Бакcharского железорудного месторождения / И.Р. Шайхиев // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XII Международного симпозиума студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – С. 729-733.

7. Шайхиев, И.Р. Геоэкологическая характеристика природных сред Бакcharского железорудного месторождения / И.Р. Шайхиев // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XII Международного симпозиума студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 756-758.

8. Шайхиев, И.Р. Оценка эколого-геохимического состояния природных сред Бакcharского района на начальной стадии формирования природно-техногенной системы / И.Р. Шайхиев // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XII Международного симпозиума студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – Т. 1. – С. 658-660.