

УДК 622.34:550.4(071.16)

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД РАЙОНА БАКЧАРСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Шайхиев Ильдар Рафаилович,

и.о. начальника отдела промышленной безопасности
ОАО «Томскгазстрой», Россия, 634009, г. Томск, ул. Большая Подгорная, 21.
E-mail: lldar.shaihiev@mail.ru

Рихванов Леонид Петрович,

д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры геоэкологии и геохимии
Института природных ресурсов Национального исследовательского
Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, д. 30. E-mail: rikhvanov@tpu.ru

В настоящее время ввод Бакчарского месторождения в эксплуатацию приведет к значительным изменениям состояния геологической среды. Состояние геологоразведочных работ, по геолого-экономической оценке, и начало промышленного освоения Бакчарского железорудного узла позволяют утверждать, что на данной территории имеет место быть формирование природно-техногенной системы на начальном этапе развития. Соответственно, имеется возможность её исследовать. На фоне этого возрастает ценность современной информации, характеризующей естественную своеобразную природную среду, особенно в труднодоступных районах. Необходимость выполнения полной оценки современного геоэкологического состояния природной среды на Бакчарском железорудном месторождении, выявление основных природных и техногенных факторов, формирующих эколого-геологическую обстановку исследуемого района и вовлекаемых в промышленное освоение ресурсов, определяют актуальность проводимых исследований.

Цель работы: оценить эколого-геохимическое состояние территории Бакчарского района по данным комплексного изучения природных сред на начальной стадии развития природно-техногенной системы, связанной с предполагаемой отработкой Бакчарского железорудного месторождения.

Методы и виды исследований: нейтронно-активационный анализ, эмиссионно-спектральный полуколичественный анализ, геохимические (отбор проб снегового покрова), литогеохимические (отбор проб почвенного покрова), гидрогеохимические (отбор проб поверхностных и подземных вод), гидролитогеохимические (отбор проб донных отложений), биогеохимические (изучение биосубстрата – волосы детей), радиогеохимические исследования (измерение мощности экспозиционной дозы, а также содержания U, Th и K).

Результаты. На основе проведенных геохимических исследований дается геохимическая характеристика природных сред (почва, пылеаэрозоли, донные отложения, поверхностные и подземные воды, биосубстрат), которая позволит оценить изменение состояния окружающей среды в районе предполагаемой отработки месторождения и использовать эти данные для организации мониторинга.

Ключевые слова:

Эколого-геохимический мониторинг, почва, пылеаэрозоли, донные отложения, поверхностные и подземные воды, биосубстрат, месторождение, железная руда.

Введение

Целью выполнения исследований являлась оценка эколого-геохимического состояния природных сред Бакчарского железорудного узла на стадии начального освоения железорудного месторождения (начальная стадия формирования природно-техногенной системы). Его отработка повлечет за собой изменение природных сред в зоне предполагаемого функционирования природно-техногенной системы. Поэтому выполнение комплексных исследований на начальной стадии развития является весьма актуальным.

Бакчарский рудный узел, являющийся составной частью Западносибирской железорудной провинции, расположен в Бакчарском административном районе в 200 км к западу от г. Томска. Площадь его около 1200 км² (рис. 1). Прогнозные ресурсы проявления различными исследователями оцениваются примерно от 18,3 [1] до 28 млрд т по категориям P1+P2 [2]. По оценке [3] прогнозные

ресурсы составляют 28,6 млрд т по категории P1 и по категории P2 – 23,6 млрд т. Рудоносная толща по времени формирования занимает промежуток от турона до эоцена и с несогласием залегают на морских песчано-глинистых отложениях кузнецовской свиты (сеноман-турон).

Перекрывается она морскими глинистыми отложениями люлинворской свиты (эоцен). Продуктивные отложения Бакчарского проявления приурочены к трем стратиграфическим уровням – песчаным толщам позднемиоценового, палеоэоценового и эоценового возраста: Нарымскому (сантон), колпашевскому (маастрихт) и бакчарскому (палеоэоцен) горизонтам.

Оолитовые железные руды отнесены к трем горизонтам (снизу-вверх): нарымскому, колпашевскому и бакчарскому. Руды залегают горизонтально с едва заметным погружением их к востоку и северу. Железорудная толща Бакчарского месторождения представлена восемью пространственно разобценными рудными телами [2].



Врезка в карту РФ (Бакcharское железорудное месторождение)
Inset to the map of the RF (Bakchar iron-ore deposit)

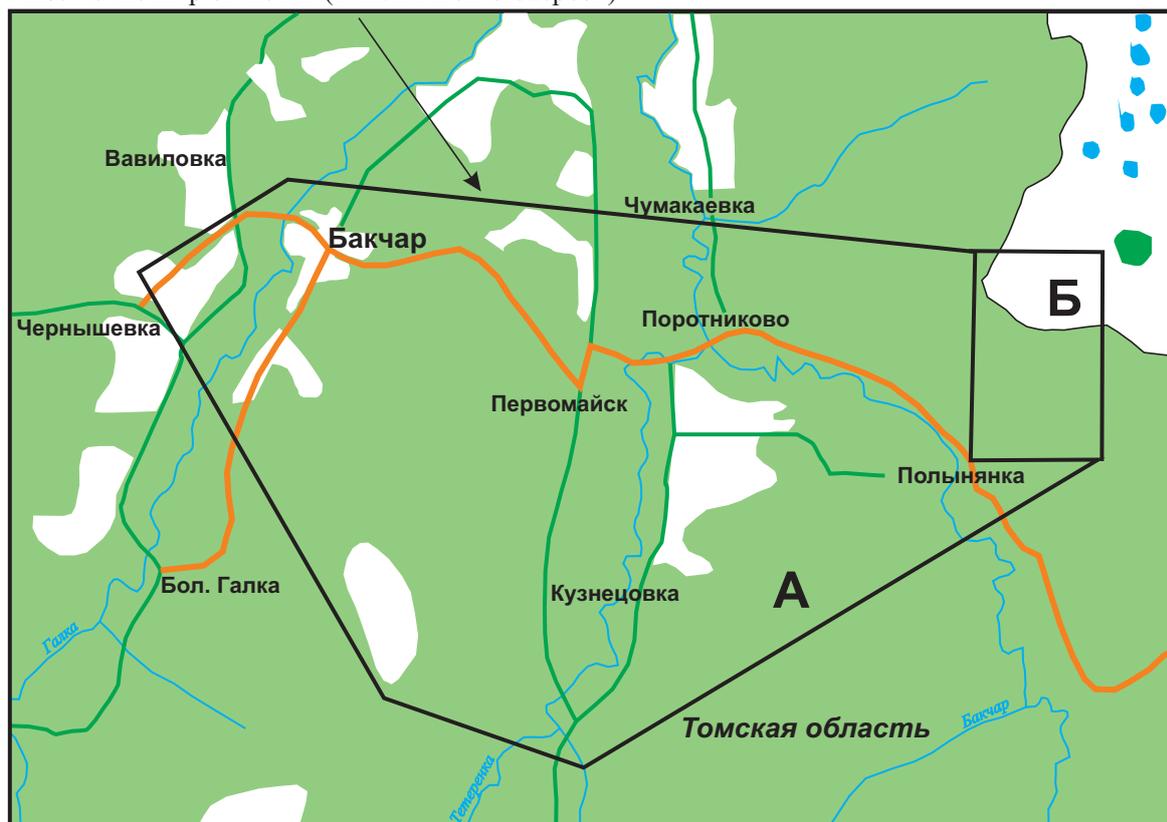


Рис. 1. Обзорная карта района Бакcharского месторождения: А) Западный участок; Б) Поляннский участок

Fig. 1. General map of Bakchar deposit: A) Zapadny area; Б) Polynynsky area

Химический состав руд Бакcharского рудопроявления зависит, в основном, от количественного соотношения рудных и нерудных минералов, от состава рудных минералов и цемента. Содержание

железа в рудах тем больше, чем меньше в них терригенного материала и глинистого цемента. В прямой зависимости от количества железа находится содержание фосфора и ванадия.

Сцементированные руды бакcharского горизонта: рудные тела Б1, Б3 имеют наиболее высокое содержание железа: 37,01 % (максимальное – 44,15 %), в сыпучих рудах тел Б2, Б4 35,24 % (максимальное – 45,45 %). Распределение железа в горизонтальном направлении выдержано на больших площадях. Наиболее богаты железом руды оценочного участка (39,07–43,67 % – сцементированные руды, 32,5–38,73 % – сыпучие). Основное количество железа присутствует в рудах в окисной форме и связано с гетитом и гидрогетитом оолитов и цемента. Незначительная доля железа составляет закись и связана с сидеритом и хлоритом цемента.

Для сцементированных руд бакcharского горизонта рудных тел Б1 характерно относительно высокое содержание двухвалентного железа (4,37–26,90 %) и потерь при прокаливании (9,02–20,90 %). Повышенное их количество отмечается в рудах с сидеритовым цементом. Содержание СаО (0,34–1,41 %) и MgO (0,51–1,49 %) остаются почти постоянными и незначительными, так как в этих рудах присутствуют почти чистые сидериты. Характерными являются низкие содержания глинозема (2,50–9,65 %), более низкие, чем в других рудах, очевидно, потому, что количество глинистого материала и хлорита в них незначительно. Содержание ванадия невысокое и составляет в среднем 0,14 % [2–4].

Соотношение железа и кремнезема здесь так же, как в нарымском и колпашевском горизонте, находится в обратной корреляционной зависимости. В прямой зависимости от содержания железа находятся содержания ванадия и фосфора. По всей вероятности, оба этих элемента изоморфно входят в состав гидрогетитовых оолитов. Содержание серы по данным химического анализа незначительно и составляет 0,10–0,45 %.

На наиболее изученном участке, по данным 9 скважин, средняя мощность рудоносной залежи продуктивного бакcharского горизонта составляет 25,7 м при среднем содержании железа 37,4 % и средней мощности перекрывающих пород 191 м. Лабораторные опыты по обогащению руд обжиг-магнитным методом позволили получить концентраты с содержанием железа 53–61 % при извлечении 91,3–95,8 %. В офлюсованном агломерате железо составляет 49–51 %, мышьяк 0,021–0,052 %, фосфор от 0,13 % в рудах до 0,34 % в гидрогетитовых оолитах [5].

Все руды делятся на две группы: сыпучие и сцементированные. Внутри группы выделяются типы по минеральному составу цемента:

I. Оолитовые сыпучие руды: руда гидрогетитовая оолитовая сыпучая с гидрогетито-глинистым цементом. Минеральные компоненты (%): гидрогетит 55–60, сидерит 1–5, кварц 10–15, глинистые минералы 15–20.

II. Оолитовые сцементированные руды: а) руда гидрогетитовая оолитовая, крепко сцементированная сидеритовым цементом. Минеральные компо-

ненты (%): гидрогетит 30–35, сидерит 30–35, глинистые минералы (хлорит, гидромусковит) 25–30, кварц 5–10; б) руда гидрогетитовая оолитовая слабо сцементированная хлорито-глинистым цементом. Минералогический состав: присутствует железистый хлорит, и примесь глинистых минералов, среди которых постоянно присутствует гидрослюда с подчиненным количеством каолина; в) руда гидрогетитовая оолитовая с гидрослюдистым цементом. Минеральные компоненты (%): гидрогетит 45–50, сидерит 5–10, глинистые минералы 25–30, кварц 10–15; г) руда гидрогетитовая оолитовая с сидерит-хлоритовым цементом. Минеральные компоненты (%): гидрогетит 40–45, сидерит 5, глинистые минералы 25–30, кварц 15–20 [5].

Необходимость отработки месторождения очевидна по многим вполне объективным причинам. В непосредственной близости расположен Западно-сибирский металлургический комбинат в г. Новокузнецк, который готов использовать добываемую руду.

Вовлечение в промышленную отработку руд Бакcharа благоприятно отразится на экономике региона, но повлечет за собой изменение природных сред в зоне предполагаемого функционирования природно-техногенной системы (ПТС). Поэтому выполнение комплексных исследований на начальной стадии развития ПТС является весьма актуальным.

Горно-геологические условия

Бакcharский рудный узел представляет собой один из наиболее перспективных и относительно изученных участков Западно-Сибирского железорудного пояса. Его руды залегают в породах мелпалеогенового возраста на глубинах 180...250 м. Мощность продуктивного железорудного пласта составляет 35...40 м, содержание железа от 35 до 45 %, плотность руд около 2,2 см³, прочность 0,5...5 по шкале [6]. Часть ресурсов представлена «рыхлыми» рудами, которые позволяют применять методы скважинной гидродобычи (СГД) с их попутным обогащением. Были проведены экспериментальные работы по СГД, которые показали удовлетворительный результат. Существует точка зрения о возможности добычи руд методом скважинного подземного выщелачивания [7], а также рассматривается вариант разработки рудного узла карьерным способом [8].

Ландшафтно-геохимические особенности территории

Территория Бакcharского района входит в Западно-сибирскую провинцию южнотаежной подзоны. Автоморфные почвы южной тайги Западной Сибири характеризуются рядом особенностей. Они проявляются в карбонатности почвообразующих пород, наличии признаков глееватости в нижней части профиля, сохранности реликтовых признаков почв в виде вторых гумусовых горизонтов.

Повсеместное проявление глееватости за счет почвенно-грунтовой верховодки обусловлено климатическими особенностями района (большое количество осадков, длительный холодный период, глубокое промерзание и медленное оттаивание почв), а также тяжелым механическим составом водоупорных горизонтов. Наиболее детальная классификация почв данного района приведена в работах К.А. Уфимцевой [9].

Все перечисленные почвы характеризуются своеобразным вещественным составом и свойствами. Основная часть территории занята дерново-глеевыми почвами разной степени переувлажнения и болотными почвами.

Общая заболоченность территории достигает 50 %. Широкому развитию процесса заболачивания способствует: а) избыточное увлажнение; б) плоский слаборасчлененный рельеф и отрицательные тектонические колебания поверхности; в) недостаточно развитая гидросеть с малыми уклонами русел; г) слабая водоотдача торфов [10].

В районе исследований выделяется 3 типа рельефа: 1) древняя озерная равнина среднечетвертичного возраста; 2) склон древней озерной равнины; 3) речные долины.

Материалы и методы исследований

Методы и виды исследований определялись с учетом конкретных природных и территориальных комплексов, ландшафтно-почвенных, геоморфологических, геохимических и других условий.

Всего было исследовано 78 проб почвенного и снегового покрова, 7 проб донных отложений, 7 проб поверхностных вод, 4 пробы подземных вод. Опробование почвенного и снегового покрова осуществлялось на Западном, Польшанском участках и населенных пунктах района (рис. 2, 3).

Пробы донных отложений отбирались для выяснения накопления в них химических элементов, отражающих геохимические особенности бассейнов водосбора (рис. 2, 3). Донные отложения района представлены преимущественно илистым, суглинистым, супесчаным материалом. В качестве сравнения мы использовали содержание элементов в байкальском иле (БИЛ-1).

Полученные материалы обрабатывались с использованием статистических программ Statistica 8, построение карт выполнялось с помощью программ Surfer 9 и Corel Draw X4.

В районе рудного объекта выполнен комплекс эколого-геохимических исследований, включающих в свой состав изучение почв, пылеаэрозолей снеговых планшетов, донных отложений, подземных и поверхностных вод (в незначительном объеме) и биосубстрата (волосы) (рис. 2, 3).

Отбор проб природных сред осуществлялся по ГОСТам и другим руководящим документам [11–16].

Анализ проб на содержание химических элементов (почва, донные отложения, твердый осадок снегового покрова) выполнялся посредством нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории на базе ядерного реактора

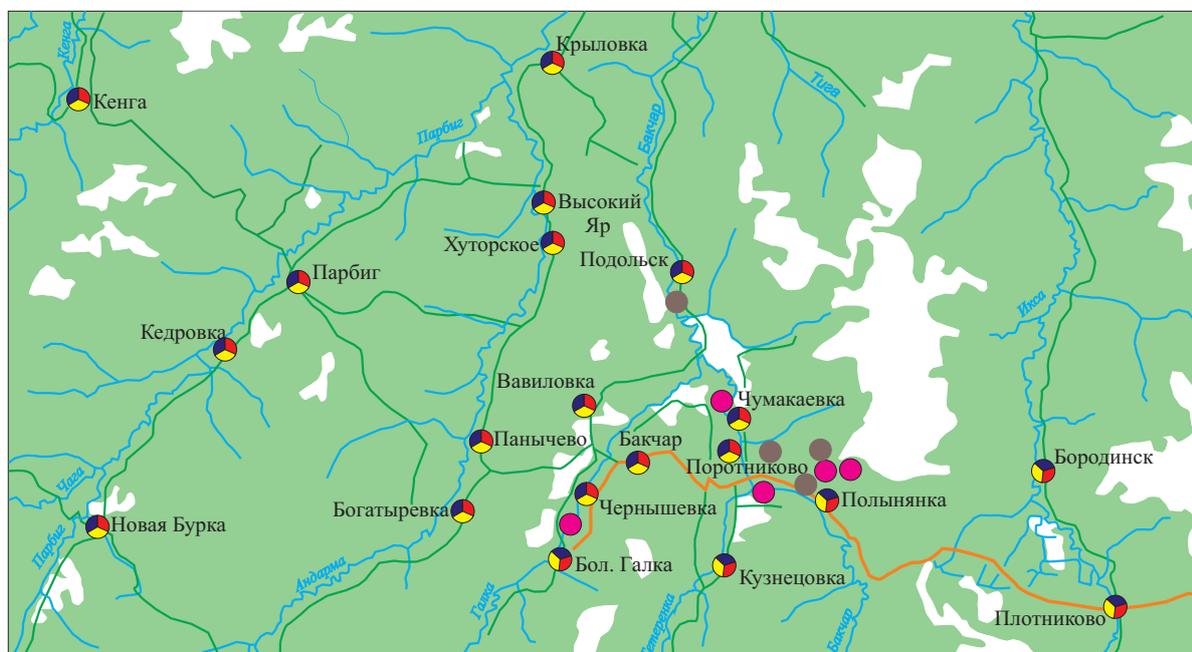


Рис. 2. Карта-схема геоэкологических исследований Бакчарского района

Fig. 2. Schematic map of geological and ecological surveys in Bakchar region

● – пробы почвенного покрова/soil cover samples; ● – пробы снегового покрова/snow cover samples; ● – радиогеохимические исследования/radio-geochemical researches; ● – пробы поверхностных вод и донных отложений/samples of surface waters and sediment; ● – пробы подземных вод/undeground water samples

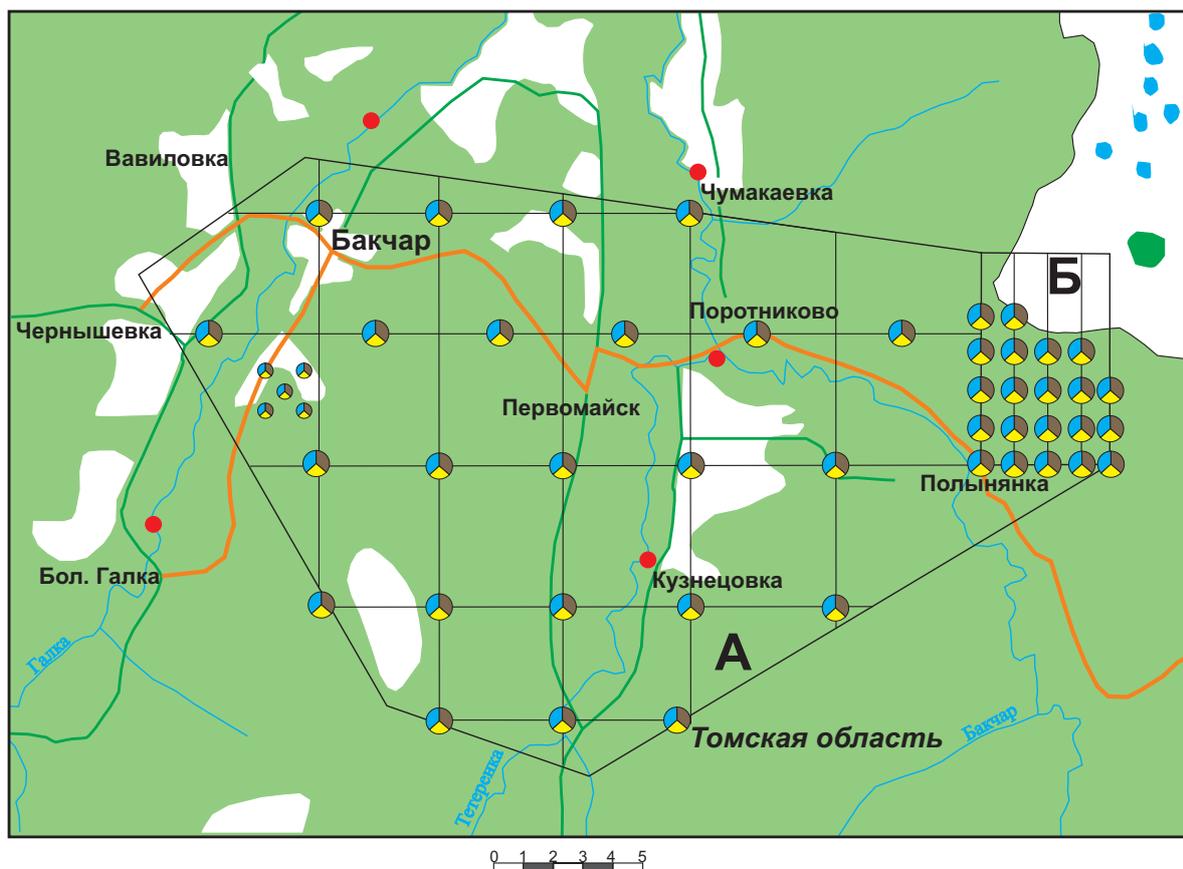


Рис. 3. Карта-схема геоэкологических исследований территории Бакчарского железорудного узла: А) Западный участок; Б) Польшнянский участок

Fig. 3. Schematic map of geological and ecological surveys in Bakchar iron-ore deposit: А) Zapadnyaya area; Б) Polynyan sky area

● – пробы почвенного покрова/soil cover samples; ● – пробы снегового покрова/snow cover samples; ● – радиогеохимические исследования/radio-geochemical researches; ● – пробы поверхностных вод и донных отложений/samples of surface waters and sediment

Томского политехнического университета, под руководством ст. науч. сотр. кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов Томского политехнического университета (ТПУ) А.Ф. Судыко. Для оценки качества анализа в процессе выполнения полевых радиогеохимических исследований использовалась аппаратура СРП 68–01, РКП 305.

В основу статьи положены результаты исследований, выполненных автором совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ТПУ на территории Бакчарского района с 2006 по 2007 гг.

Обсуждение полученных результатов

Почвы

Анализ этих данных показывает, что по значению коэффициента вариации ($V\%$) большинство химических элементов характеризуются: населенные пункты района (равномерным распределением, кроме Au , $V\% > 50$), Польшнянский участок (равномерным распределением, кроме Ca , Br , Sb , U , $V\% > 50$), Западный участок (равномерным распределением, кроме Sb и U , $V\% > 50$).

В табл. 1 приведены средние содержания редких, редкоземельных и других элементов в почвах на территории Бакчарского района.

Как видно из табл. 1, относительно локального фона («Заказник Томский», по данным [18], далее фон) почвы изученной территории характеризуются более высокими уровнями накопления практически всех изученных элементов, за исключением As , Sr и Ag .

Почвы Западного участка железорудного узла более обогащены химическими элементами (кроме Sb , Au , Eu , Lu) по сравнению с Польшнянским участком и Бакчарским районом в целом. Например, в них в 1,6 раз больше содержание Ba , в 1,4 раза содержание Fe при сравнении Западного и Польшнянских участков.

В целом в почвах Бакчарского района минимальное превышение над геохимическим кларком ноосферы (Глазовский Н.Ф., 1982 г., далее кларк) составляет минимальное для La – 2,45, максимальное – 12,06 раз для Ba .

В сравнении отношений различных редкоземельных элементов в целом по Бакчарскому району

Таблица 1. Среднее содержание элементов в почвах Бакчарского района (мг/кг, кроме Na, Ca, Fe в мас. %)**Table 1.** Average content of elements in soils of Bakchar region (mg/kg, Na, Ca, Fe in wt. %)

Элементы Elements	В целом по Бакчарскому району (78 проб) In Bakchar region (78 samples)	Населенные пункты района (36 проб) Settlements of the region (36 samples)	Среднее в пределах железорудного узла (42 пробы) Average value within the iron-ore cluster (42 samples)	Польнянский участок (20 проб) Polynyansky area (20 samples)	Западный участок (22 пробы) Zapadny area (22 samples)	Кларк* Clark*	Фон** Background**	Почвы мира*** World soils***
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.
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.
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.
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
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
Co	16,4±0,9	16,3±0,7	16,5±1,07	14,07±1,5	19±0,65	22	6,5	8
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
Rb	77,1±3,5	79,6 ± 2,5	75,9±4	61,2±4,4	90,5±3,5	96	17,2	100
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
Ba	431,6±23,6	382,8±17,5	456±26,6	350,7±28,8	561,3±24,5	36	124	500
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
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.
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.
La	28,8±1,1	26,5±0,9	30±1,3	25,6±1,7	34,6±0,9	12	17,3	40
Ce	58,1±1,9	55,8±1,3	59,3±2,2	49±3,3	69,6±1,20	32	33,4	50
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
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
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
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
Sm/Lu	17,1	15,2	17,61	15,75	19,47	10	24,4	11,2
La/Yb	11,42	11,7	11,32	11,47	11,18	6,31	19,2	13,3
Ce/Eu	50,53	46,5	52,39	43,75	61,03	50	24	50
La+Ce/Yb+Lu	30,1	31,5	29,45	29,1	29,8	18,7	47,8	26

Приведены результаты нейтронно-активационного анализа; ± стандартная ошибка; <п.о. – ниже предела обнаружения; н.д. – нет данных. * – геохимический кларк ноосферы по Н.Ф. Глазовскому, 1982 г. [17], ** – Локальный фон «Заказник Томский», Е.Г. Язиков, 2006 г. [18], *** – Почвы мира, N.J.M. Bowen, 1966 г. [19].

Results of neutron-activation analysis; ± standard error; <p.o. below detection limit; н.д. not available. * geochemical clark of noosphere by N.F. Glazovsky, 1982 [17], ** local ground «Tomsk nature reserve» E.G. Yazikov, 2006 [18], *** the world soils, N.J.M. Bowen, 1966 [19].

ну с кларком мы видим превышение в 1,7 раза отношения в почвах элементов Sm/Lu и La/Yb, а отношение Ce/Eu практически равным. Выявленные различия указывают на специфику накопления данных элементов в почвах исследуемого района. Также видны отношения различных групп редкоземельных элементов. Так, значение отношений (La+Ce)/(Yb+Lu) превышает аналогичные значения в сравнении с кларком [17] и почвами мира [19], однако оно в 1,6 раза ниже фоновых значений.

Отношение Ce/Eu для почв Бакчарского района в целом составляет 50/53, что практически совпадает с кларковыми значениями и значениями в почвах мира [19], но превышает фоновое значение почти в 2 раза.

Значение отношения Sm/Lu в почвах Бакчарского района меньше фоновое в 1,5 раза и превышает эти значения для почв мира [19]. Ниже фоно-

вых и значений почв мира значение отношения La/Yb в почвах Бакчарского района.

Для почв сельских населенных пунктов Бакчарского района отношение Ce/Eu составляет от 43,9 (пос. Бакчар) до 55 единиц (пос. Высокий Яр), что выше фоновых значений в 2,3 раза, а Sm/Lu – 13 единиц в почвах пос. Бакчар (в 1,8 раз ниже фоновых значений). Значения отношения La/Yb в почвах населенных пунктов ниже фонового значения «Заказник Томский».

Сравнительный анализ содержаний рассматриваемых элементов в почвах Бакчарского района с кларковыми значениями, фоновой территории (заказник «Томский»), средними содержаниями элементов в почвах мира показал, что содержание редких и редкоземельных элементов (Tb, Sm, Eu, Ce), а также Br и Ba в почвах Бакчарского района превышает их средние содержания в почвах мира (рис. 4).

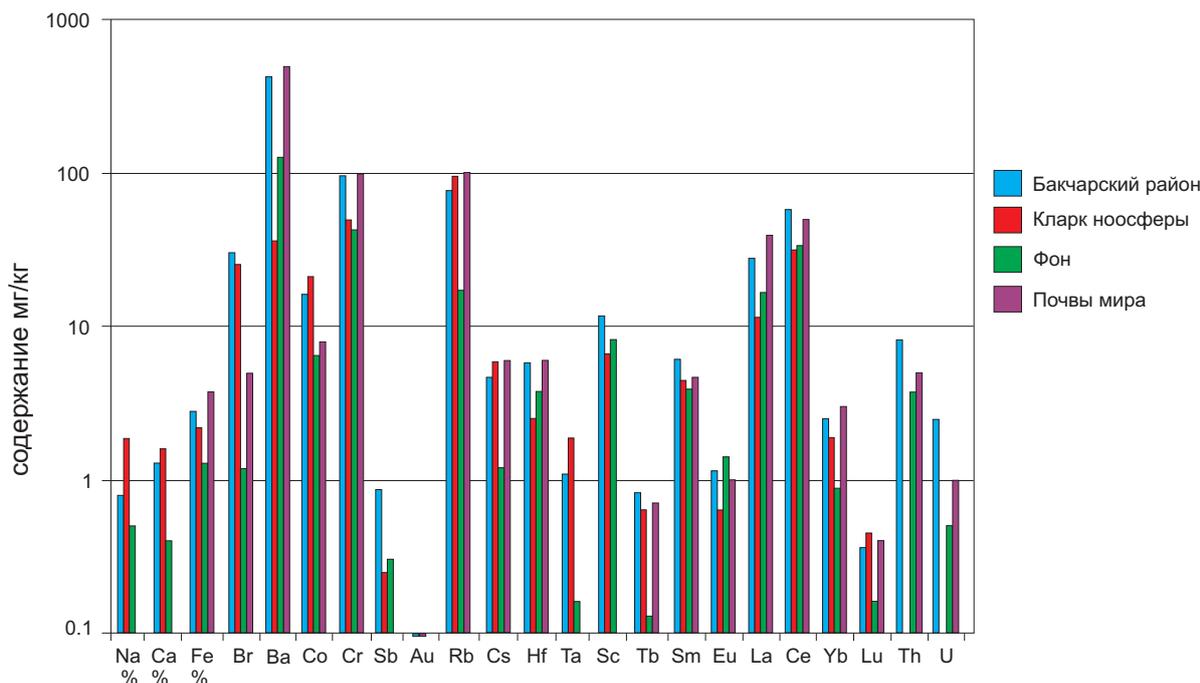


Рис. 4. Содержание элементов в различных почвах

Fig. 4. Content of elements in different soils

По результатам проведенных нами исследований почвы района характеризуются содержанием урана 0,9...5,4 при среднем значении 2,5 мг/кг, тория 4,6...11,2 при среднем значении 8,3 мг/кг, тогда как фоновые значения составляют 0,5 и 3,7 мг/кг соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Содержание радиоактивных элементов и их отношение в почвах

Table 2. Content of radioactive elements and their ratio in soils

Территория Territory	U, мг/кг (mg/kg)	Th, мг/кг (mg/kg)	Th/U	Кол-во проб Amount of samples
	$m \pm \text{станд. ошибка}$ min/max	$m \pm \text{станд. ошибка}$ min/max		
Бакcharский район Bakchar region	$2,5 \pm 0,17$ 0,9/5,4	$8,3 \pm 0,3$ 4,6/11,2	3,2	83
Населенные пункты Settlements	$2,2 \pm 0,10$ 0,66/4,15	$7,7 \pm 0,18$ 4,55/10,76	3,4	39
Полынянский участок Polynynsky area	$2,4 \pm 0,31$ 0,26/7,64	$6,8 \pm 0,5$ 0,86/10,52	2,8	21
Западный участок Zapadny area	$3 \pm 0,12$ 1,8/4,5	$10,3 \pm 0,2$ 8,4/12,4	3,4	23
Томская область* Tomsk region *	2,5	9,9	4,0	–
Фон/Background	0,5	3,7	7,4	–
Почвы мира World soils	1	5	5	–

* по данным Л.П. Рихванова и др. (1997 г.) [20].

* by the data of L.P. Rikhvanov and others (1997) [20].

Видно, что показатель содержания U на Западном участке превышает все остальные сравниваемые показатели. Это, вероятно, можно объяснить

тем, что основными источниками поступления радиоактивных элементов в почвы этого района могут являться котельные предприятий и частного сектора, работающие на углях, и расположенные в этой части района. Угли как природные образования содержат в тех или иных количествах естественные и радиоактивные элементы [21]. Возможно, существует и природная причина несколько повышенных содержаний урана в пределах этой части изученного объекта (ураноносные торфяники, пески с цирконом и другие причины).

В целом среднее содержание урана в почвах Бакcharского района выше фоновых содержаний и почв мира и совпадает со средним показателем по Томской области.

Практически схожую картину мы наблюдаем с показателями среднего содержания в почвах Th. Содержание Th в почвах Западного участка превышает остальные сравниваемые показатели. Да и в целом среднее по району содержание Th превышает фон в 2,3 раза, но не больше среднего значения по Томской области.

В среднем почвы района характеризуются близким к нормальному Th/U значением от 2,8 (Полынянский участок) до 3,3 (Западный участок).

Донные отложения

В табл. 3 приведены средние содержания изученных элементов в донных отложениях рек территории Бакcharского района. Видно, что донные отложения рек района характеризуются повышенным содержанием Cr, Co, Br, Hf относительно их содержания в Байкальском иле (Индекс БИЛ-1, ГСО-7126–94, далее БИЛ-1).

Мы видим, что в донных отложениях происходит накопление практически всех изученных элементов, за исключением Ag.

Таблица 3. Среднее содержание элементов в донных отложениях рек Бакcharского района (мг/кг, кроме Na, Ca, Fe в мас. %)

Table 3. Average content of elements in bottom sediments in Bakchar region rivers (mg/kg, Na, Ca, Fe in wt. %)

Элемент Element	Бакcharский район Bakchar region	Байкальский ил (БИЛ-1) Baikal mud (BIL-1)
Na	0,7	1,5
Ca	1,51	1,3
Sc	13,3	13,5
Cr	125,5	66
Fe	3,7	4,9
Co	19,5	18
As	13,2	18
Br	15,4	13
Rb	97,8	93
Sb	0,6	0,9
Cs	5,4	5,8
Ba	445	715
Hf	7,4	3,9
Ta	1,1	0,8
Au	0,05	н.д.
La	28,9	45
Ce	62,9	80
Sm	6,1	7
Eu	1,2	1,4
Tb	0,9	0,9
Yb	2,5	2,9
Lu	0,4	0,4
Th	8,9	12,6
U	2,1	12
Sm/Lu	16,5	17,5
La/Yb	11,6	15,5
Ce/Eu	51,5	57,1
La+Ce/Yb+Lu	31,7	37,9

Примечание: н.д. – нет данных.

Note: n.a. – not available.

Отношение различных редкоземельных элементов в донных отложениях рек района не превышает их отношение в БИЛ-1.

Основной вклад в накопление элементов в донных отложениях вносят: Cr (Кк – 1,9), Hf (Кк – 1,89) (табл. 4).

Таблица 4. Геохимический ряд химических элементов в донных отложениях Бакcharского района (по Кк относительно БИЛ-1)

Table 4. Geochemical series of chemical elements in bottom sediments of Bakchar region (by Kk relative to BIL-1)

Территория Territory	Геохимический ряд/Geochemical series
Бакcharский район Bakchar region	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}

Также нами были определены содержания Th и U в донных отложениях рек Бакcharского района.

В табл. 5 приведена сравнительная характеристика содержания тория и урана в донных отложениях рек района и БИЛ-1.

Таблица 5. Среднее содержание Th и U

Table 5. Average content of Th and U

Место отбора Sampling point	Элемент/Element		
	Th	U	Th/U
р. Бакchar/river Bakchar	7	0,7	10
р. Большая Галка/river Bolshaya Galka	11,4	3	3,8
р. Тетеренка/river Teterenka	8,5	2,9	2,9
Профиль 2/Profile 2	6,1	2,5	2,4
Профиль 3/Profile 3	6,0	2,3	2,6
Среднее по району/Average in the region	7,8	2,3	3,4
оз. Байкал/Baikal lake	12,6	12	1,05

Значение торий-уранового отношения в донных отложениях рек Бакcharского района в 3,3 раза превышает это значение относительно БИЛ-1.

Специфика донных отложений рек Бакcharского района определяется низким показателем относительно концентрации естественных радиоактивных элементов в БИЛ-1, что объясняется природными факторами.

Снеговой покров

По величине суммарного показателя загрязнения территория Бакcharского района характеризуется следующим образом: Польшанский участок – 58,2, Западный участок – 84,23 и населенные пункты – 96,87, что, в соответствии с градацией [22] (суммарный показатель загрязнения от 64 до 128), говорит о низкой и средней степени загрязнения.

Самая низкая степень загрязнения приходится на Польшанский участок, в пределах которого отсутствуют населенные пункты, средний уровень приходится на населенные пункты и Западный участок, где имеются местные котельные, использующие уголь.

Что же касается величины пылевой нагрузки, то она является низкой, в сравнении со средней пылевой нагрузкой по России. Относительно повышенное высокое значение пылевой нагрузки на западном участке обусловлено наличием значительного количества населенных пунктов, находящихся в его пределах (рис. 5).

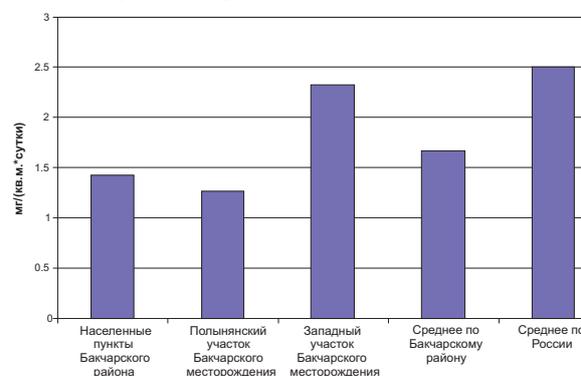


Рис. 5. Распределение пылевой нагрузки

Fig. 5. Dust load distribution

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).

Таблица 6. Среднее содержание элементов в твердом осадке снегового покрова (мг/кг, кроме Na, Ca, Fe в мас. %)

Table 6. Average content of elements in snowfall of snow cover (mg/kg, Na, Ca, Fe in wt. %)

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

Примечание: данные ИНАА; ± – стандартная ошибка; * – по данным А.Ю. Шатилова (2001 г.) с дополнениями Е.Г Язикова (2006 г.) [18].

Note: data of ENAA; ± standard error; * by the data of A.Yu. Shatilov (2001) with supplements of E.G. Yazikov (2006) [18].

Содержание химических элементов в твердом остатке снегового покрова приведено в табл. 6.

По значению коэффициента вариации (V %) большинство химических элементов характеризуются:

населенные пункты района (равномерным распределением, кроме Au, As, Ag V % >50), Полынянский участок (равномерным распределением, кроме Fe, Co, As, Ag, Sb, Ba, Th, V % >50), Западный участок (равномерным распределением, кроме Au V % >50).

Сравнение средних содержаний химических элементов в пробах, отобранных в населенных пунктах и Полынянском участке, со средними содержаниями химических элементов в пробах, отобранных на Западном участке, показало различия средних содержаний редких, редкоземельных элементов, Ba, Cr, Au. Это можно объяснить тем, что на Западном участке преимущественно сосредоточены населенные пункты, в которых местные котельные используют уголь.

В пробах твердого осадка снега Бакcharского района рассматриваемые элементы варьируют по величине коэффициента концентрации. Химические элементы, содержащиеся в твердом осадке на уровне фоновых или более низких концентраций, являются природными и имеют общие региональные источники.

Анализ геохимического ряда элементов (табл. 7), показывает, что спецификой пылеаэрозолей Бакcharского района является их обогащение такими элементами, как As, U, Tb, La, Ba, относительно условного фона (Kк>5).

Таблица 7. Геохимические ряды ассоциаций элементов (относительно фона) в пробах твердого осадка снега Бакcharского района

Table 7. Geochemical series of elements associations (relative to the background) in samples of snowfall in Bakchar region

Район/Region	Геохимический ряд/Geochemical series
Населенные пункты Settlements	As_{13,7} U₁₃ La_{11,7} Yb_{10,7} Tb₁₀ Sm_{8,2} Ba₈ Ta_{7,1} Ce_{6,7} Lu_{3,9} Na_{3,7} Sb₃ Br_{2,8} Th_{2,4} Hf_{1,8} Fe_{1,7} Ag_{1,36} Cr_{1,3} Co_{1,3} Sc_{1,2} Cs_{1,04} Ca_{1,01} Rb₁ Eu_{0,9} Sr_{0,75} Au_{0,4}
Полынянский участок Polynyansky area	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_{2,75} 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* Zapadny area	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}
Бакcharский район Bakchar region	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.

* As is below detection limit in all samples of snow cover in Zapadny area.

На территории Бакcharского района концентрация урана в твердом осадке снега изменяется от 1,7 до 4 мг/кг при среднем значении 2,6 мг/кг, тогда как содержание тория колеблется от 3,8 до 14,3 мг/кг при средней величине 6,56 мг/кг (табл. 8).

Таблица 8. Средние содержание U и Th в твердом осадке проб снегового покрова

Table 8. Average contents of U and Th in the solid sediment samples of snow cover

Территория Territory	U, мг/кг (mg/kg)	Th, мг/кг (mg/kg)	Th/U
Фон* Background*	0,2	2,9	14,5
Бакcharский район Bakchar region	2,6±0,3	6,56±0,6	2,57
Населенные пункты Settlements	2,6±0,1	6,8±0,6	2,6
Полынянский участок Polynynsky area	2,1±0,2	6,3±0,9	3
Западный участок Zapadny area	3,1±0,6	6,59±0,31	2,12
Условно фоновый район «Заказник Томский» Conventionally reference area «Tomsk nature reserve»	2,1±0,2	4,8±0,1	2

* по данным А.Ю. Шатилова (2001 г.) [23].

* by the data of A.Yu. Shatilov (2001) [23].

Повышенные концентрации U (15,5 фонов) и Th (2,2 фона) приходится на Западный участок, где располагаются населенные пункты, в которых частный сектор и местные котельные используют уголь в качестве топлива. Поступление радиоактивных элементов в атмосферу связано преимущественно со сжиганием угля, что подтверждается [24]. При сравнении содержаний Th и U в пробах условно фонового участка за пределами месторождения, с содержанием этих же элементов в целом по району, мы видим превышение по U в 1,2 раза, а по Th в 1,3 раза.

Можно также предполагать, что это может быть связано с пылевым разносом осадочного материала осадочных толщ, в котором могут находиться пески, содержащие циркон, монацит, ильменит и др. (Туганский тип проявления).

Поверхностные и подземные воды

а) Поверхностные воды исследовались в ряде точек (рис. 2) рек: Большая Галка, Бакchar, Тетеренка (западный участок) и Полынянский участок. Питание водотоков происходит весной, летом и осенью за счет таяния снега, выпадения атмосферных осадков, почвенно-грунтового питания. Воды рек слабо минерализованы и содержат небольшое количество взвесей, но богаты содержанием органических соединений, вносимых из окрестных торфяников (табл. 9) [25].

Исследование вод показало, что по показателю рН состав вод изменяется от 6,6 до 7,5, общая минерализация колеблется от 250 до 567 мг/л. Из таблицы видно, что в пробах вод рек западного участка содержание Cl⁻ в значительной мере превышает аналогичные показатели в пробах водотоков Полынянского участка, в связи с отсутствием населенных пунктов в последнем, что может подтверждать положение о том, что хлор-ион является наиболее характерным показателем антропогенного загрязнения. Об этом говорилось в [25].

Содержание Mg²⁺ (река Бакchar 23,2 мг/л) в 1,9 раз больше аналогично значения в пробе профиля 2-0 (12,2 мг/л). Сумма ионов Na⁺+K⁺ (река Бакchar 31,1 мг/л) больше в 2,7 раз суммы профиля 2 (11,6 мг/л). Среднее значение рН в исследованных речных водах составляет 6,94.

Таблица 9. Макрокомпонентный состав поверхностных вод рек Бакcharского района

Table 9. Macro-fractional composition analysis of surface waters of Bakchar region rivers

Место отбора Sampling point	р. Бакchar Bakchar river	р. Большая Галка river Bolshaya Galka	р. Тетеренка river Teterenka	профиль 2 profile 2	1 км от профиля 3-0 1 km from profile 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)/(mg/l)	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) Total stiffness, mg-eq/l (MPC 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 (mg/l)	30	26	24	10	14
K ⁺	1,1	1,2	1,1	1,6	1,8
Мин., мг/л Mineralization, mg/l	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 Fe_{общ} в водах рек колеблется в диапазоне от 0,4 до 7,8 мг/л. Последняя величина является наибольшим единичным пиком (профиль 3-0) содержания Fe_{общ} в речных водах, что превышает кларк в речной воде и приблизительно соответствует верхнему пределу диапазона содержания этого элемента в водах болот исследуемого района.

Проводя сравнительную характеристику содержания элементов в поверхностных водах с их содержанием в ранее проведенных работах [26, 27] выявлены следующие закономерности (табл. 10).

Из таблиц видно, что в поверхностных водах изменилось содержание в сторону увеличения таких компонентов, как Ni (в 2 раза), Co (в 4 раза) и Cr (в 4,1 раза).

Микрокомпоненты могут поступать как из атмосферных осадков, так и из подстилающих пород.

б) Пробы подземных вод отбирались непосредственно из скважин, пробуренных на территории Западного и Полынянского участков, а также из скважины, находящейся за пределами исследуемого района.

Таблица 10. Содержание элементов в поверхностных водах

Table 10. Content of elements in surface waters

Название/Title	Cu	Zn	Ag	Ni	Co	Ti	Cr	Zr	V	Mn	Fe
р. Бакchar (1968 г.) [25, 26]/Bakchar river (1968) [25, 26]	2,84	10,96	0,09	0,95	0,65	1,1	0,9	9,5	0,95	26	2,72*
Среднее по рекам (2008 г.)/Average for the rivers (2008)	0,85	6,6	0,004	1,9	2,6	0,6	3,7	0,2	0,4	4,7	1,9

*по данным [27].

*by the data [27].

Скважина 1 – первая скважина, пробуренная на Полянском участке.

Скважина 2 – в 13 км от с. Подольск.

Скважина 3 – недалеко от с. Поротниково, глубина отбора 6 м.

Скважина 4 – в 300 м от разведочной скважины с. Полянск.

По ионному составу воды гидрокарбонат-хлоридные ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$), высоко минерализованы (табл. 11).

Таблица 11. Макрокомпонентный состав подземных вод

Table 11. Macro-fractional composition of surface waters

Место отбора (скважина) Sampling area (well)	1	2	3	4
pH (ПДК 6,5–9)	6,74	6,89	9,35	6,74
CO ₂	66	60,7	60	18,4
CO ₃ (мг/л)/(mg/l)	0			
HCO ₃ ⁻	427	620	695	160
SO ₄ ²⁻ (ПДК 500)	10	0	200	20
Cl ⁻ (ПДК 350)	53,3	29	32,7	7
NH ₄ ⁺	–			
ОЖ., мг-экв/л (ПДК 7) Total stiffness, mg-eq/l (MPC 7)	7	8	0,5	2,9
Ca ²⁺	60	10	4	40
Mg ²⁺	48,8	35,4	3,66	11
Na ⁺ , мг/л/mg/l	142	89	350	39
K ⁺	7,7	2,7	4,7	4,7
Мин., мг/л Mineralization, mg/l	749	880	1290	282
Fe	0,7	11,4	28,6	3,7

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

Важным моментом является отсутствие аммония (NH₄⁺), что говорит об отсутствии загрязненности подземных вод органическими веществами хозяйственно-бытовых и промышленных стоков.

Можно отметить относительно высокие концентрации (первые десятки мг/л) SO₄²⁻ (скважина 3). Видно, что показатель Mg²⁺ в пробах скважина 1 и

2 (35,4 и 48,8 мг/л соответственно) значительно превышает эти показатели в пробах скважина 3 и 4. Наибольшая сумма ионов Na⁺+K⁺ – в пробе скважины 3, а показателя Cl⁻ – в пробе скважины 1.

Из приведенных данных мы видим, что по уровню pH и показателю CO₂ в пробе скважины 3 самые высокие значения (9,35 и 60), а по показателю SO₄²⁻ самые низкие (0) в скважине 2 наряду с другими.

Воды характеризуются высоким содержанием Fe, которое изменяется от 0,74 до 28,6 мг/л.

В табл. 12 приведено содержание ряда элементов в подземных водах.

Из табл. 12 видно, что содержание таких элементов, как As, Th, U в пробах скважины № 3 превышает их содержание в других пробах.

Общая минерализация вод увеличивается (от 282 до 1290 мг/л) за счет Mg (от 3,66 до 48,8), HCO₃ (от 160 до 695). Уменьшается содержание CO₂ (от 66 до 18,4)

Таким образом, в условиях минерального питания при значительном увлажнении начали образовываться в частях территории низинные болота даже при отсутствии грунтового питания. О возможности подобного образования говорил А.Я Бронзов [28].

Радиационная характеристика в районе месторождения

При выполнении работ одновременно с геохимическим опробованием производились замеры радиоактивности поверхностного слоя почвы на всем протяжении геологических маршрутов с равномерным охватом всей площади района.

По результатам измерений мощность экспозиционной дозы почв на поверхности изменяется в пределах от 5 до 14 мкР/ч. Наиболее низкие значения радиоактивности отмечаются на Полянском участке. Почвы, сформировавшиеся на современных отложениях, характеризуются значениями

Таблица 12. Содержание элементов в подземных водах

Table 12. Content of elements in underground waters

Скважина/Well	Cu	Zn	Ag	Ni	Sr	zTi	As	Th	U	Fe
Элемент/Element										
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	3,3·10 ⁻⁷	0,0005	1,17	0	0,02	5,6·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻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	1·10 ⁻⁶	0,0006	2,9·10 ⁻⁶	0,0002	3,7

ми интенсивности радиоактивности в пределах 5...10 мкР/час, причем наиболее низкие значения отмечаются на 1 и 2 профилях Польшнянского участка и в населенном пункте Кенга. Повышенные значения радиоактивности отмечены в районе разведочной скважины № 3 около с. Поротниково (14 мкР/ч), однако природа данного значения нами не выявлена. В целом на Бакcharском месторождении высоких значений радиоактивности почв не отмечается.

Элементный состав солевых образований из питьевых вод Бакcharского района

Пробы солевых отложений (накипи) отбирались практически во всех поселках района, так же, как и пробы волос детей [29–31]. Сравнивая данные элементного состава накипи, можно сказать, что содержания почти по всем элементам в районе ниже, чем по области, за исключением более высокого содержания Na, Sb, Sr, As. Ва на том же уровне, что и по Томской области. Всю специфику элементного состава накипи можно проследить по диаграммам (рис. 6).

Сравнительный анализ накопления элементов по поселкам показывает, что больше всего накапливается таких элементов, как Na, Ca, Sc, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Sb, La, Ce, Sm, Th, U, Hf, Au, Ba, Sr, Cs, Ta и As.

Лидирующими поселками являются Кенга (с радиоактивными элементами), Богатыревка и Подольск (с тяжелыми металлами), Большая Галка (с большим разнообразием элементов, превышающих областные показатели), Бакchar, Польшнянка и Бородинск, в которых присутствуют как тяжелые металлы, так и радиоактивные элементы, в том числе и U.

Сопоставляя уровни накопления изученных микроэлементов в накипи питьевой воды населенных пунктов Бакcharского района со средним содержанием в этой среде по Томской области, можно отметить, что элементами, коэффициенты концентраций которых больше 1, являются: As, Na, Au, Fe, La, Ce, Hf, Br, Rb, Th, Sb, Cs, Ba, Ca, Ta, Th, Co, Zn, Sr, Sc и U [29]. Уран характерен для накипи из таких поселков, как Бакchar, Польшнянка и Бородинск (самый высокий коэффициент концентрации – 8,2).

Наибольшее количество микроэлементов, имеющих коэффициент концентрации более 1, в п. Кенга (10 элементов), п. Большая Галка (9 элементов), п. Бородинск (7 элементов), тогда как их меньшее количество (1 элемент) зафиксировано в п. Кедровка, п. Паньчево, п. Чернышевка, а в п. Вавилонка вообще отсутствуют такие элементы.

Таким образом, проведенная работа по микроэлементной характеристике солевых образований из посуды свидетельствует о чрезвычайно сильном различии в составе питьевых вод, используемых населением. Содержание в питьевых водах редких, редкоземельных и радиоактивных микроэлементов оказывает определенное влияние и на состояние здоровья населения [30].

Элементный состав волос детей Бакcharского района

Для выявления влияния природной геохимической ситуации на формирование элементного состава волос населения были рассмотрены особенности накопления элементов в составе изученного биосубстрата Бакcharского района, в недрах которого локализируются крупные ресурсы железных руд (Бакcharский железорудный узел) (рис. 7).

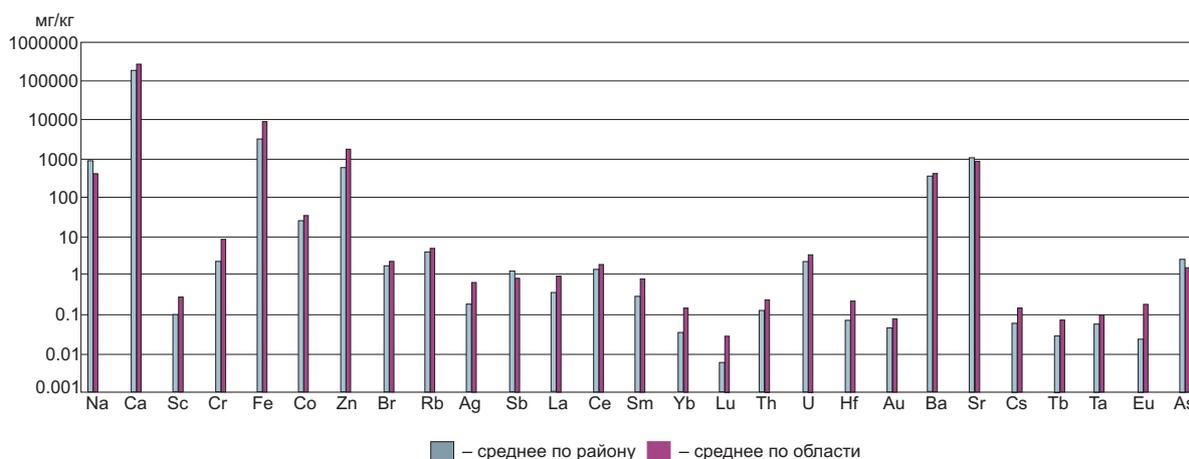


Рис. 6. Коэффициенты концентрации элементов в солевых отложениях питьевых вод Бакcharского района Томской области относительно их среднеобластного показателя по данным [28]. Шкала прологарифмирована

Fig. 6. The coefficients of the concentration of elements in the salt deposits of drinking water in Bakchar district of Tomsk region relative to their average republican parameter according to [28]. The scale is logarithms

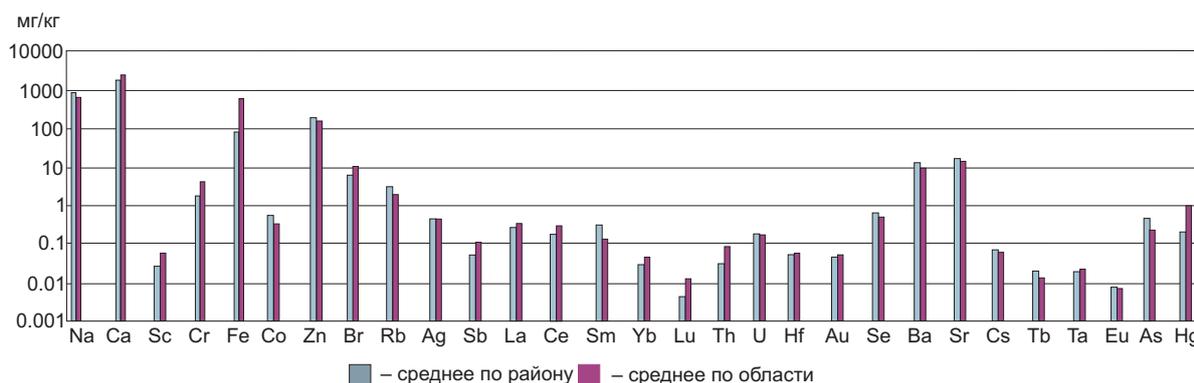


Рис. 7. Коэффициенты концентрации элементов относительно среднеобластного показателя в волосах детей, проживающих в Бакcharском районе [30]. Шкала прологарифмирована

Fig. 7. Coefficients of element concentration relative to mid-region value in hair of children in Bakchar region [30]. The scale is logarithms

Анализ полученных материалов показывает, что на территории Бакcharского района наблюдается неравномерное распределение Na, Ca и Fe.

Сравнительный анализ накопления элементов по поселкам показывает, что накапливаются Na, Sc, Cr, Co, Br, Rb, Ag, La, Sm, Lu, Hf, Se, Cs и др. в населенных пунктах Парбиг, Паньчево, Подольск, Бородинск. Та, Ть, Eu, As находятся во всех пробах ниже предела обнаружения

Бакcharский район имеет свои особенности, на его территории локализуются крупные ресурсы железных руд (Бакcharский и Колпашевский железорудные узлы).

Содержание железа в составе волос детского населения Бакcharского района составляет в среднем 99 мг/кг, что в 2 раза ниже среднеобластных показателей. Данный факт, возможно, обусловлен формой нахождения железа в питьевых водах [31].

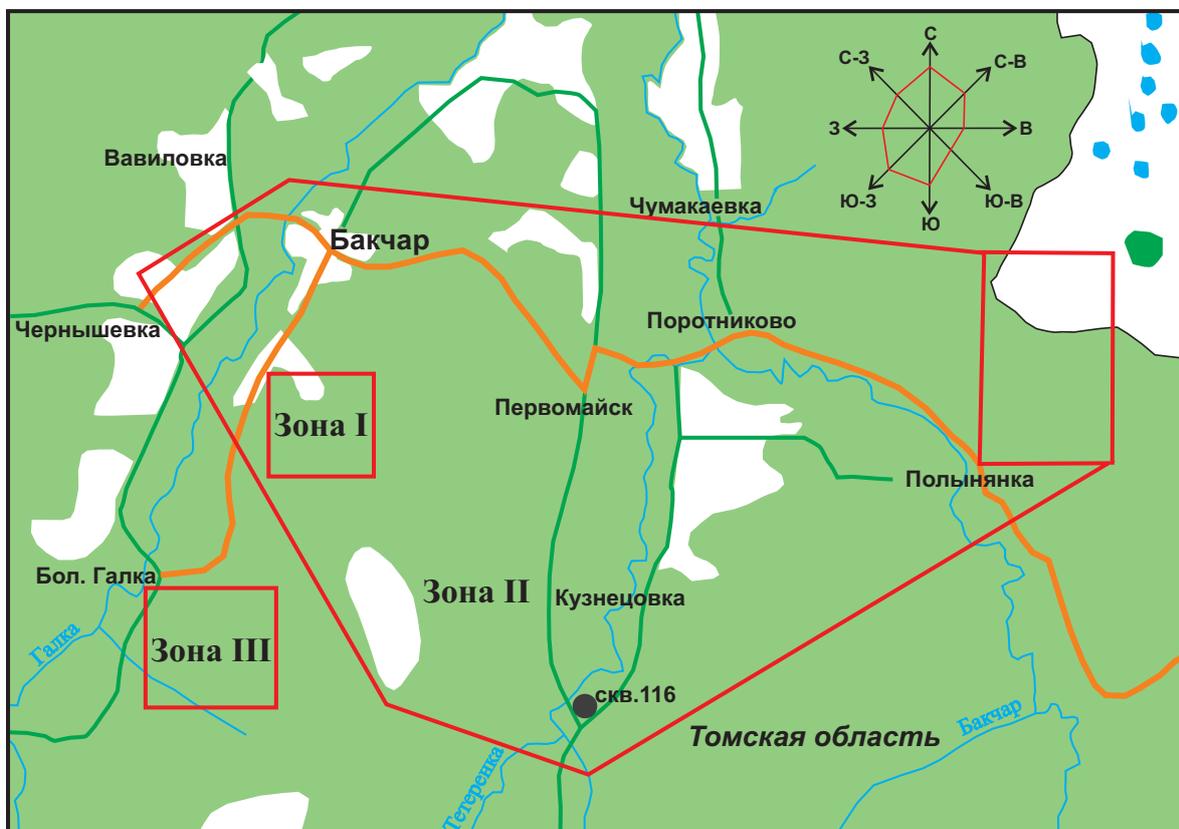


Рис. 8. Участки геоэкологического мониторинга в различных зонах

Fig. 8. Regions of geo-ecological monitoring in different zones

Природные аномалии, по всей видимости, идентифицируются по неоднородному характеру распределения элементов в рамках локальных территорий с повышением их концентрации в волосах детей. От техногенных они отличаются меньшими показателями коэффициентов концентрации, средними уровнями накопления и наличием специфических ассоциаций химических элементов, как правило, характерных для геологических, геохимических аномалий.

Таким образом, проведенная работа по микроэлементной характеристике волос детей свидетельствует о чрезвычайно сильном различии в составе волос детей, проживающих в Бакcharском районе. Содержание в волосах редких, редкоземельных и радиоактивных микроэлементов оказывает определенное влияние на состояние здоровья населения [31].

Этот фактор воздействия на здоровье человека следует учитывать, как при анализе заболеваемости населения, так и для лечения и профилактики.

Мониторинг окружающей среды

При разработке Бакcharского железорудного месторождения и других связанных с ним объектов хозяйственной деятельности перед нами будет представлена сложная природно-техногенная система, содержащая, как правило, ряд источников антропогенного воздействия на окружающую (в т. ч. геологическую) среду. С целью выявления изменений, которые будут происходить в окружающей природной среде при разработке месторождения, необходимо наметить опорные участки геоэкологического мониторинга для всех природных сред, расположенных в разных зонах (рис. 8) [32].

Зона I

В нашем случае это будет участок первоочередной отработки месторождения, расположенный к юго-западу от пос. Бакchar. Его координаты: 56°59'25"/с.ш. 82°01'45"/в.д., 56°59'25"/с.ш. 82°04'10"/в.д., 56°58'00"/с.ш. 82°01'45"/в.д., 56°58'00"/с.ш. 82°04'10"/в.д. – непосредственно в зоне ведения работ и расположения технологических объектов (определяется природными геологическими и технико-экономическими факторами), которые будут влиять на изменение состояния недр и компонентов окружающей природной среды в пределах границ горного отвода.

Зона II

Границы участка с востока на запад – от пос. Поляннка до пос. Чернышевка, с севера на юг – от пос. Чумакаевка до поисково-разведочной скважины 116. В границы участка попадают лицензионные участки Западный и Восточный (поляннский). Его координаты: 56°59'25"/с.ш. 82°01'45"/в.д., 56°52'05"/с.ш. 82°15'00"/в.д., 56°58'40"/с.ш. 82°01'45"/в.д., 57°02'35"/с.ш. 82°05'30"/в.д., 57°02'10"/с.ш. 82°10'40"/в.д. – в зоне существенного

Таблица 13. Геохимические показатели природных сред в рекомендуемой фоновой площадке (Зона III) для района предполагаемой отработки месторождения по состоянию на 2009 г. (мг/кг; кроме Na, Ca, Fe в мас. %)

Table 13. Geochemical indices of natural environment in suggested background area (Zone III) for the region of well supposed treatment as at 2009 (mg/kg; except Na, Ca, Fe in wt. %)

Элемент Element	Природные среды/Natural environments						
	Почва Soil	Снеговой покров Snow cover	Донные отложения Bottom sediments	Поверхностные воды Surface waters	Подземные воды* Underground waters	Солевые отложения (накись) Salt sediments (scale)	Волосы детей Hair of children
Na	0,89	0,58	0,94	18,8	Н.о.	893	822
Ca	1,9	0,67	1,7	40,47	6,66	214561	1850
Sc	13,3	10,1	14,9	0,0014	0,032	0,1	0,026
Cr	111,2	147,5	158,3	0,003	0,047	2,38	1,85
Fe	3,0	3,7	4,2	0,5	28,6	3205	88
Co	16,4	13,8	19,9	0,0007	0,008	27	1,54
Zn	–			0,0055	0,44	649	194
As	<п.о.	15,2	<п.о.	0,0018	0,06	2,8	<п.о.
Br	47,5	7,5	8,9	0,06	0,12	1,72	24
Rb	75	72	113	0,0021	0,02	4,3	17
Ag	<п.о.			0,000003	0,0001	0,2	1,03
Sb	1,4	7,2	1,11	0,00006	0,001	1,36	0,19
Cs	4,9	4,5	6,2	0.00000348	0,0009	0,06	0,36
Ba	453	630	798	0,02	0,229	395	42
Sr	<п.о.	75	<п.о.	0,42	0,08	1079	26
Hf	6,0	4	11,8	0,000002	0,0012	0,08	0,16
Ta	1,51	1	1,2	0.0000004	0,0001	0,06	<п.о.
Au	<п.о.	0,077	0,03	Н.о.		0,05	0,09
La	32,2	53,7	27,8	0,0000068	0,008	0,37	0,7
Ce	63,1	131,2	69,4	0,00000123	0,02	1,5	0,2
Sm	5,4	4,6	5,1	0.00000237	0,001	0,31	0,98
Eu	1,73	1,2	1,36	<п.о.		0,023	<п.о.
Tb	0,87	0,71	1,21	0.000000831	0,0003	0,03	
Yb	2,8	2,5	2,9	0.00000014	0,0006	0,04	0,11
Lu	0,48	0,33	0,4	0.000000616	0,00009	0,006	0,02
Th	9,0	7,3	11,4	0,0000047	0,002	0,12	0,04
U	3,2	2,8	3	0,0004	0,001	2,36	0,77

* за фоновые содержания приняты результаты анализа пробы подземной воды скважины № 3 (скважина недалеко от с. Поротниково, глубина отбора 6 м). Уровень пылевой нагрузки составляет $P_n=1,4 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$; МЭД=10 мкР/ч.

* The results of analysis of underground water sample from the well 3 are taken as the background contents (the well is not far from settlement Porotnikovo, sampling depth is 6 m). The level of dust load is $P_n=1,4 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{day})$; МЭД=10 $\mu\text{R}/\text{h}$.

влияния разработки месторождения на различные компоненты геологической среды, которая устанавливается по распространению участков (площадей) активизации опасных геологических процессов под влиянием добычи полезного ископаемого. Они определяются гидрогеологическими условиями и особенностями системы отбора подземных вод, а также наличием или отсутствием системы обратной закачки дренажных вод.

Зона III

Ее границы и площадь необходимо принять таким образом, чтобы в процессе мониторинга можно было проследить фоновые изменения состояния геологической среды, сравнить их с ее изменениями в зоне II и выделить те из них, которые связаны с разработкой месторождения, и те, которые определяются другими факторами. Участок предполагается расположить в районе пос. Большая Галка, который находится за пределами лицензионных участков в противоположном направлении по «розе ветров» (табл. 13).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология и полезные ископаемые России / под ред. А.Э. Контровича, В.С. Суркова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. – Т. 2. – С. 129–133.
2. Бабин А.А. Бакчарское железорудное месторождение (геология, закономерности размещения и генезис железных руд): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 1969. – 248 с.
3. Западно-Сибирский железорудный бассейн / под ред. Ф.Н. Шахова. – Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. – 448 с.
4. Николаева И.В. Бакчарское месторождение оолитовых железных руд. – Новосибирск: АН СССР, 1967. – 129 с.
5. Отчет по Госконтракту № ТВ-04-04-2006 «Оценка Бакчарского железорудного месторождения для отработки методом СГД». – Томск: ООО «НПО ТомГДК РУДА», 2009. – Т. 1. – 152 с.
6. Распределение и корреляция показателей физических свойств горных пород / М.М. Протодяконов, Р.И. Тедер, Е.И. Ильницкая и др. – М.: Недра, 1981. – 192 с.
7. Тепляков И.М., Домаренко В.А., Молчанов В.И. Геотехнологические методы разработки железорудных месторождений Западно-Сибирского бассейна // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. – Красноярск: КНИИГИМС, 2001. – Вып. 2. – С. 169–175.
8. Копысов С.Г. Параметры экологически допустимой разработки Бакчарского железорудного месторождения // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2011. – № 5. – С. 420–425.
9. Уфимцев К.А. Почвы южной части таежной зоны Западно-Сибирской равнины. – М.: Колос, 1974. – 202 с.
10. Геолого-гидрологическое строение и полезные ископаемые листа 0–44–29 // Окончательный отчет Бакчарской геолого-съемочной партии по работам за 1962–1964 гг. – Томск, 1964. – Т. 1.
11. ГОСТ 17.1.5.01–80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: Стандартинформ, 1984. – 7 с.
12. ГОСТ 17.1.5.05–80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – М.: Стандартинформ, 1985 – 12 с.
13. ГОСТ 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М: Стандартинформ, 2008. – 4 с.
14. ГОСТ 17.4.4.02–84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М: Стандартинформ, 1986. – 7 с.
15. РД 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М: Росгидромет, 1991. – 1360 с.
16. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами / под ред. Ю.Е. Саета, Б.А. Ревича. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
17. Глазовский Н.Ф. Техногенные потоки веществ в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 7–28.
18. Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Томск, 2006. – 47 с.
19. Bowen N.J.M. Trace elements in biochemistry. – London; New York: Academic Press, 1966. – 248 p.
20. Радиоактивные элементы в окружающей среде / Л.П. Рихванов, С.И. Арбузов, Н.В. Барановская, А.В. Волостнов и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 128–136.
21. Радиоактивные элементы в углях / Л.П. Рихванов, С.И. Арбузов, В.В. Ершов, А.А. Поцелуев // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. Междунар. конф. – Томск: Изд-во ТПУ, 1996. – С. 104–109.
22. Геохимия окружающей среды / под ред. Ю.Е. Саета, Б.А. Ревича, Е.П. Янина и др. – М.: Недра, 1990. – 336 с.
23. Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: автореф. дис...канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2001. – 22 с.
24. Арбузов С.И., Ершов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск: Д-Принт, 2007. – 468 с.
25. Савичев О.Г., Базанов В.А., Здвижков М.А. Химический состав природных вод болотных ландшафтов с разной степенью антропогенной нагрузки // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Матер. научной конф. – Томск, 2003. – С. 274–276.

26. Отчет по научно-исследовательской теме: Разработка методики гидрогеологических и гидрогеохимических исследований на различных стадиях разведки торфяных месторождений Западной Сибири / Н.М. Рассказов и др. – Томск, 1968. – 116 с.
27. Здвижков М.А. Гидрогеохимия Васюганского болотного массива: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2005. – 175 с.
28. Бронзов А.Я. Верховые болота Нарымского края (бассейн р. Васюган) // Труды научно-исследовательского торфяного института. – М.: 1930. – Вып. 3. – С. 1–99.
29. Монголина Т.А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатора природно-техногенного состояния территории: автореф. дис.... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2011. – 21 с.
30. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем: автореф. дис.... д-ра. биол. наук. – Томск, 2011. – 46 с.
31. Наркович Д.В. Элементный состав волос детей как индикатор природно-техногенной обстановки территории (на примере Томской области): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2012. – 21 с.
32. Требования к мониторингу месторождений твердых полезных ископаемых / под ред. М.В. Кочеткова и др. – М.: МПР России, 2000. – 30 с.

Поступила 03.06.2014 г.

UDC 622.34:550.4(071.16)

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL RESEARCH OF NATURAL ENVIRONMENT IN BAKCHAR IRON-ORE DEPOSIT AREA (TOMSK REGION)

Ildar R. Shaykhiev,

JSC «Tomskgazstroy», 21, Bolshaya Podgornaya street, Tomsk, 634009, Russia.
E-mail: Ildar.shaykhiev@mail.ru

Leondi P. Rikhvanov,

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue,
Tomsk, 634050, Russia. E-mail: rikhvanov@tpu.ru

Currently the entering of this field in operation will lead to significant changes in geological environment. State of geological survey for geological and economic estimate and commercial development of Bakchar iron site allow confirming that the natural and industrial system at an early stage of development is formed in the area. So, it is possible to explore it. The value of current information describing a kind of natural environment, especially in remote areas, increased. The need to perform a full evaluation of the current geo-ecological state of Bakchar iron-ore deposit environment, identification of major natural and man-made factors, forming the ecological and geological environment of the study area and involved in commercial development of resources, determine the relevance of the research.

The main aim of the research is to evaluate ecological and geochemical state of Bachar area according to a comprehensive study of natural environments at the initial stage of development of natural and man-made system associated with the proposed exploration of Bakchar mine.

Methods and types of research: neutron activation analysis, emission spectral semi-quantitative analysis, atmogeochemical (sampling of snow cover), lithogeochemical (sampling of soil), hydrogeochemical (sampling of surface and groundwater), gidrolitogeochemical (sampling of sediments), biogeochemical (study of biosubstrate – hair of children), radiogeochemical studies (measurement of exposure dose, as well as the content of U, Th and K).

Results. Based on the geochemical studies the authors give the geochemical characteristics of natural environment (soil, dust aerosols, sediments, surface water and groundwater, biosubstrates) which will assess the environmental change in the area of the proposed development of the deposit and use this data to monitor the organization.

Key words:

Ecological-geochemical monitoring, soil, dust aerosols, sediments, surface water and groundwater, biological substrates, deposit, iron ore.

The authors give thanks to all participants of the work for help. The works were carried out according to the contract between Tomsk Polytechnic University and Tomsk Mining Company.

REFERENCES

1. *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii* [Geology and Mineral Resources of Russia]. Ed. by A.E. Kontorovich, V.S. Surkov. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2000. Vol. 2, pp. 129–133.
2. Babin A.A. *Bakcharskoe zhelezorudnoe mestorozhdenie (geologiya, zakonomernosti razmescheniya i genezis zheleznykh rud)*. Avtoreferat Dis. Kand. nauk [Bakcharskoye mine (geology, patterns of distribution and genesis of iron ore). Cand. Diss. Abstract]. Tomsk, 1969. 248 p.
3. *Zapadno-Sibirskiy zhelezorudny bassey*n [West Siberian iron basin]. Ed. F.N. Shakhov. Novosibirsk, Russian Academy of Sciences of the USSR, 1964. 448 p.
4. Nikolaeva I.V. *Bakcharskoe mestorozhdenie oolitovykh zheleznykh rud* [Bakchar oolitic iron ore deposit]. Novosibirsk, USSR Academy of Sciences, 1967. 129 p.
5. *Otchet po Goskontraktu № TV-04-04-2006 «Otsenka Bakcharskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya dlya otrabotki metodom*

- SGD» [Evaluation of Bakcharskoye mine for testing by the SRS]. Tomsk, NPO TomMC Ore, 2009. Vol 1, 152 p.
6. Protodyakonov M.M., Teder R.I., Ilnitskaya E.I. *Raspredelenie i korrelyatsiya pokazateley fizicheskikh svoystv gornyykh porod* [Distribution and correlation of indicators of physical properties of rocks]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 192 p.
 7. Teplyakov I.M., Domarenko V.A., Molchanov V.I. *Geotekhnologicheskie metody razrabotki zhelezorudnykh mestorozhdeniy Zapadno-Sibirskogo basseyna* [Geotechnical methods to develop iron ore deposits in the West Siberian Basin]. *Geologiya i mineralnye resursy Tsentralnoy Sibiri*, 2001, vol. 2, pp. 169–175.
 8. Kopysov S.G. *Parametry ekologicheskoy dopustimoy razrabotki Bakcharskogo zhelezorudnogo mestorozhdeniya* [Parameters of environmentally acceptable development of Bakcharskoye mine]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, 2011, no. 5, pp. 420–425.
 9. Ufimtsev K.A. *Pochvy yuzhnoy chasti taezhnoy zony Zapadno-Sibirskoy ravniny* [Soils of the southern taiga zone of the West Siberian Plain]. Moscow, Kolos Publ., 1974. 202 p.
 10. *Geologo-gidrologicheskoe stroenie i poleznye iskopaemye lista 0–44–29* [Geological and hydrological structure and minerals of the sheet 0–44–29]. *Okonchatelnyy otchet Bakcharskoy geologosemochnoy partii po rabotam za 1962–1964 gg.* [The final report Bakchar geological survey party to work for the years 1962–1964]. Tomsk, 1964. Vol. 1.
 11. GOST 17.1.5.01–80. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnykh otlozheniy vodnykh obektov dlya analiza na zagryaznennost* [State Standard 17.1.5.01–80. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling sediments of water bodies for contamination analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 1984. 7 p.
 12. GOST 17.1.5.05–80. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, lda i atmosferynykh osadkov* [State Standard 17.1.5.05–80. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling surface and sea waters, ice and precipitation]. Moscow, Standartinform publ., 1985. 12 p.
 13. GOST 17.4.1.02–83. *Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikatsiya khimicheskikh veshchestv dlya kontrolya zagryazneniya* [State Standard 17.4.1.02–83. Nature protection. Soil. Classification of chemical pollution control]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 4 p.
 14. GOST 17.4.4.02–84. *Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza* [State Standard 17.4.4.02–84. Nature protection. Soil. Methods of sampling and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 1986. 7 p.
 15. RD 52.04.186–89. *Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery* [RD 52.04.186–89. Guidelines for the Control of air pollution]. Moscow, RosHydromet Publ., 1991. 1360 p.
 16. *Metodicheskie rekomendatsii po geokhimicheskoy otsenke zagryazneniya territorii gorodov khimicheskimi elementami* [Guidelines for assessing the geochemical contamination of cities with chemical elements]. Ed. by Yu.E. Saet, B.A. Revich. Moscow, I.M.GRE Publ., 1982. 112 p.
 17. Glazovskiy N.F. *Tekhnogennyye potoki veshchestv v biosfere* [Man-made flow of substances in biosphere]. *Mining and geochemistry of natural ecosystems*. Moscow, Nauka Publ., 1982, pp. 7–28.
 18. Yazikov E.G. *Ekogeokhimiya urbanizirovannykh territoriy yuga Zapadnoy Sibiri*. Avtoreferat Dokt. Diss. [Ecogeochemistry of urbanized areas in the south of Western Siberia]. Dr. Diss. Abstract]. Tomsk, 2006. 47 p.
 19. Bowen N.J.M. *Trace elements in biochemistry*. London; New York, Academic Press, 1966. 248 p.
 20. Rikhvanov L.P., Arbutov S.I., Baranovskaya N.V., Volostnov A.V. *Radioaktivnye elementy v okruzhayushchey srede* [Radioactive elements in the environment]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2007, vol. 311, no. 1, pp. 128–136.
 21. Rikhvanov L.P., Arbutov S.I., Ershov V.V., Potseluev A.A. *Radioaktivnye elementy v uglyakh* [Radioactive elements in coal]. *Radioaktivnost i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Radioactivity and radioactive elements in the human environment. Proc. of Intern. Conf]. Tomsk, 1996. pp. 104–109.
 22. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Environmental Geochemistry]. Ed. by Yu.E. Saet, B.A. Revich, E.P. Yanin. Moscow, Nedra Publ., 1990. 336 p.
 23. Shatilov A.Yu. *Veshchestvennyy sostav i geokhimicheskaya kharakteristika pylevykh atmosferynykh vypadeniy na territorii Ob-skogo basseyna*. Avtoreferat Dis. Kand. nauk [Material composition and geochemical characteristics of atmospheric deposition of dust on the territory of the Ob basin. Cand. Diss. Abstract]. Tomsk, 2001. 22 p.
 24. Arbutov S.I., Ershov V.V. *Geokhimiya redkikh elementov v uglyakh Sibiri* [Geochemistry of trace elements in coals of Siberia]. Tomsk, D-Print Publ., 2007. 468 p.
 25. Savichev O.G., Bazanov V.A., Zdvizhkov M.A. *Khimicheskyy sostav prirodnykh vod bolotnykh landshaftov s raznoy stepenyu antropogennoy nagruzki* [Chemical composition of natural waters of the marsh landscape with varying degrees of anthropogenic load]. *Problemy poiskovoy i ekologicheskoy geokhimii Sibiri: Materialy nauchnoy konferentsii* [Search problems and environmental geochemistry of Siberia. Proc. of scientific Conf]. Tomsk, 2003. pp. 274–276.
 26. Rasskazov N.M. *Otchet po nauchno-issledovatel'skoy teme: Razrabotka metodiki gidrogeologicheskikh i gidrogeokhimicheskikh issledovaniy na razlichnykh stadiyakh razvedki torfyanykh mestorozhdeniy Zapadnoy Sibiri* [Development of methodology of hydrogeological and hydrogeochemical studies at various stages of exploration of peat fields in Western Siberia]. Tomsk, 1968. 116 p.
 27. Zdvizhkov M.A. *Gidrogeokhimiya Vasyuganskogo bolotnogo massiva*. Dis. Kand. nauk [Hydrogeochemistry of Vasyuganskoye bog. Cand. Dis.]. Tomsk, 2005. 175 p.
 28. Bronzov A.Ya. *Verkhovyye bolota Narymskogo kraya (basseyn r. Vasyugan)* [Upland marshes of Narym edge (basin of Vasyugan)]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo torfyanogo instituta* [Proc. of the Research peat Institute]. Moscow, 1930. Vol. 3, pp. 1–99.
 29. Mongolina T.A. *Geokhimicheskie osobennosti soleykh otlozheniy (naki) pitevykh vod kak indikatora prirodno-tekhnogennogo sostoyaniya territorii*. Avtoreferat Dis. Kand. nauk [Geochemical characteristics of salt deposits (scale) of drinking water as an indicator of natural and man-made state territory. Cand. Diss. Abstract]. Tomsk, 2011. 21 p.
 30. Baranovskaya N.V. *Zakonomernosti nakopleniya i raspredeleniya khimicheskikh elementov v organizmakh prirodnykh i prirodno-antropogennykh ekosistem*. Avtoref. Dis. Dokt. nauk [Laws of accumulation and distribution of chemical elements in the body of natural and natural-anthropogenic ecosystems. Dr. Diss. Abstract]. Tomsk, 2011. 46 p.
 31. Narkovich D.V. *Elementnyy sostav volos detey kak indikator prirodno-tekhnogennoy obstanovki territorii (na primere Tomskoy oblasti)*. Avtoreferat Dis. Kand. nauk [The elemental composition of children's hair as an indicator of natural and man-made environment territory (by the example of Tomsk region). Cand. Diss. Abstract]. Tomsk, 2012. 21 p.
 32. *Trebovaniya k monitoringu mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskopaemykh* [Requirements for monitoring of solid minerals]. Ed. by M.V. Kochetkov. Moscow, Russian Ministry of Natural Resources, 2000. 30 p.

Received: 03 June 2014.