



УДК 631.41(571.54/.55)(-21)

<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.71>

## Геохимическая характеристика почв наиболее загрязненной части Балей (Забайкальский край)

Н. С. Маркин

*Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия*

А. Т. Корольков

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

**Аннотация.** Фактическим материалом для настоящей работы стали результаты элементного анализа почвенных проб, отобранных в центральной части мкр. Новотроицк г. Балей, по разрезу от хвостохранилища бывшей обогатительной фабрики для извлечения ториевого концентрата из монацитового песка через долину реки с отработанной аллювиальной монацитовой россыпью до хвостохранилища золотоизвлекательных фабрик. Элементный состав проб определен методом полуколичественного дугового атомно-эмиссионного анализа с визуальной интерпретацией спектров в аналитическом центре Института геохимии СО РАН. U и Th были проанализированы из дубликатов тех же проб методом рентгенофлуоресцентного анализа в ПГО «Сосновгеология». Интерпретация полученных данных показала высокие содержания ряда элементов, значительно превышающие ПДК. Суммарный показатель загрязнения почв (индикатор загрязнения), рассчитанный по пяти химическим элементам (Pb, As, Sb, Ag, Th), указывает на умеренно опасную, опасную и чрезвычайно опасную для здоровья населения экологическую обстановку и необходимость проведения детального геохимического мониторинга почв. Для этого предлагается использовать количественные методы химического анализа с пределами обнаружения в 2–10 раз ниже ПДК токсичных элементов. Актуальной проблемой является оценка вклада аэрозольного переноса загрязнителей в период транспортировки шламов золотоизвлекательных фабрик по территории мкр. Новотроицк.

**Ключевые слова:** экология, Балей, геохимия почв, монацит, суммарный показатель загрязнения почв.

**Для цитирования:** Маркин Н. С., Корольков А. Т. Геохимическая характеристика почв наиболее загрязненной части Балей (Забайкальский край) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2021. Т. 35. С. 71–83. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.71>

### Введение

Город Балей Забайкальского края – типичный пример территории с катастрофическим промышленным загрязнением окружающей среды. В геологических кругах этот промышленный район хорошо известен наличием уникальных месторождений россыпного и коренного золота (Балейско-Тасеевский рудный узел и др.). За всю историю освоения Балей дал стране более 400 т золота. Особенно интенсивно месторождения золота обрабатывались в годы войны, когда требовалось расплачиваться с американцами за

помощь в борьбе с немецко-фашистскими захватчиками. Комбинат «Балей-золото» был градообразующим предприятием и успешно разрабатывал золоторудные месторождения до перестройки в стране (до 1995 г.). Действовали шахты, два карьера горно-открытых работ, две золотоизвлекательные фабрики, после которых остались очень крупные по объему шламонакопители. Наибольшую площадь они занимают в мкр. Новотроицк, который расположен в 3 км от центра города. После прекращения финансирования геолого-разведочных и эксплуатационных работ г. Балей стал стремительно умирать. Население с 36 тыс. сократилось примерно до 10 тыс. в настоящее время. Шахты и карьеры крупных золоторудных месторождений Балейского и Тасеевского сейчас затоплены агрессивной, богатой тяжелыми металлами водой. В то же время на балансе страны числится более 160 т разведанных запасов золота в Балейском районе [Николаев], для извлечения которого требуются большие рискованные инвестиции. Проблема осложняется высокой радиоактивностью окружающей среды. С 1949 по 1965 г. в мкр. Новотроицк г. Балей существовало входившее в систему Атомного проекта страны секретное предприятие № 1084, разрабатывавшее россыпное месторождение радиоактивного минерала монацита (содержит до 10 % тория), после остановки которого необходимой рекультивации не сделано. Более того, строительные организации использовали чистый монацитовый песок для внутренней отделки помещений, что сделало многие дома непригодными для проживания. В настоящее время предприятие ООО «Тасеевское» на территории западнее мкр. Новотроицк строит предприятие для кучного выщелачивания золота из шламовых отходов золотоизвлекательных фабрик.

Почва способна накапливать высокие концентрации элементов. Различные антропогенные (промышленные и транспортные выбросы) и природные источники оказывают влияние на состав почв и их способность самовосстановления [Kabata-Pendias, 2011; Wong, Li, Thornton, 2006]. Поэтому необходим мониторинг состояния почвенного покрова промышленно освоенных территорий и выявление факторов их загрязнения. Для изучения взаимосвязей макро- и микроэлементов почвенного покрова, идентификации природных и антропогенных источников загрязнения окружающей среды широко используются методы статистического анализа данных, например факторного и кластерного. Но это можно сделать в будущем при достаточно густой сетке опробования почв исследованной территории и более надежных аналитических результатах по широкому спектру химических элементов. На катастрофическую экологическую ситуацию в г. Балее особенно пристальное внимание стали обращать с 90-х гг. прошлого века, когда в открытой печати появились публикации о высокой радиоактивности многих жилых помещений и социальных объектов этого промышленного моногорода<sup>1</sup>. Специалистами было проведено опробование воды из затопленных карьеров Балейского и Тасеевского месторождений коренного золота [Зама-

---

<sup>1</sup> Саятин В. Зона экологического бедствия // Земля. Крестьянская газета. 1994. № 20 (183). С. 1–2.

на, Усманов, 2009]. Монацитовая проблема г. Балея и особенно мкр. Новотроицк была обсуждена в работе [Корольков, 2016]. В монографии [Говорин, Злова, 2007] на большом фактическом материале медицинского обследования детей и призывников для службы в армии убедительно показаны психические отклонения в развитии, обусловленные экологической обстановкой. В 2020 г. Балея посетил депутат Государственной Думы России Николай Николаев, который снял фильм об этой территории экологической катастрофы [Николаев]. Возникшая критическая ситуация требует усилить мониторинг геохимической обстановки почвенного покрова, разработать социально направленные мероприятия и выбрать наиболее безопасные места для проживания людей в г. Балее.

### **Объекты и методы исследования**

Опробование почв было произведено в наиболее загрязненной части г. Балея, которой соответствует мкр. Новотроицк. Пробы отбирались в районе бывшей обогатительной фабрики по извлечению концентрата для добычи тория из монацитового песка, из шламоохранилища бывшей фабрики по извлечению монацитового концентрата, в окрестностях кладбища мкр. Новотроицк, из отвалов монацитосодержащей россыпи р. Кибиревка (вблизи ее русла), из шламоохранилища бывшей золотоизвлекательной фабрики в мкр. Новотроицк.

Исходные пробы грунта представляли собой вертикальный разрез почвы: А0 (травяной настил) – А1(гумус) – В(супесь). Пробы отобраны на шести участках, которые показаны на схеме (рис. 1, 2).

На рисунке 2 даны снимки анализируемых участков. Снимки получены при помощи ПО Google Earth Pro; высота съемки – 200 м. Дата съемки – 16.07.2020. Из рисунка видим, что исследуемые области характеризуются очень слабым растительным покровом и заметно отличаются от основного ландшафта (за исключением точки 6).

Элементный состав проб определен методом полуколичественного дугового атомно-эмиссионного анализа с визуальной интерпретацией спектров в аналитическом центре Института геохимии СО РАН. U и Th были проанализированы из дубликатов тех же проб методом рентгенофлуоресцентного анализа в ПГО «Сосновгеология».

### **Результаты и обсуждение**

Результаты полуколичественного атомно-эмиссионного определения 40 макро- и микроэлементов, представленные интервальными оценками, показали несущественные вариации элементного состава почвенных горизонтов А0, А1 и В, поэтому полученные данные были усреднены для каждой из шести точек опробования по трем горизонтам (табл. 1). Такая же закономерность наблюдалась в результатах определения U и Th. Полученные для выборки из шести проанализированных проб минимальные ( $C_{\min}$ ) и максимальные ( $C_{\max}$ ) значения содержаний представлены в табл. 1. Кроме этого, для использованных аналитических методик указаны пределы обнаружения

элементов. Результаты определения ряда токсичных элементов, таких как Hg, Cd, Bi, Tl, U и другие (первый и второй классы опасности), не приведены, так как их содержания в пробах оказались меньше пределов обнаружения методик анализа. Усредненные содержания элементов ( $C_{\min}$  и  $C_{\max}$ ) были сопоставлены с их распространенностью (кларки) в верхних слоях литосферы (почвах), которые приведены в работах [Касимов, Власов, 2015; Rudnick, Gao, 2003].

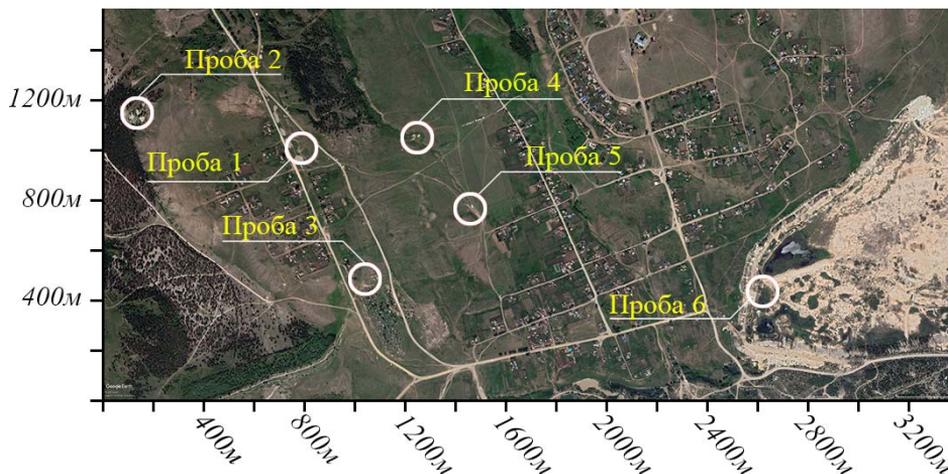


Рис. 1. Схема точек отбора проб грунта:

- 1 – бывшая обогатительная фабрика по извлечению концентрата (для добычи тория) из монацитового песка; 2 – шламоохранилище бывшей фабрики по извлечению монацитового концентрата; 3 – окрестность кладбища мкр. Новотроицк; 4, 5 – насыпи вблизи русла р. Кибиревка; 6 – шламоохранилище бывшей золотоизвлекательной фабрики

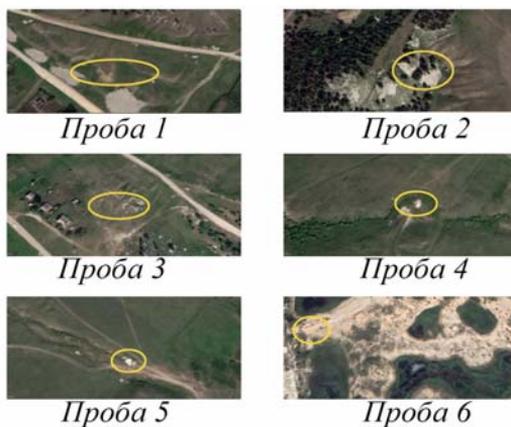


Рис. 2. Детали местности в точках опробования.  
Размер изображений – 150 × 200 м

Таблица 1

## Валовые содержания элементов по разрезу и их кларки

Элемент	Единицы измерения	Предел обнаружения	С						С <sub>min</sub>	С <sub>max</sub>	Кларковое содержание
			Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6			
Si	%	0,001	35	35	30	35	33	30	30	35	33
Al		0,001	6,7	8,7	8,7	10	7,3	9,3	6,7	10	7,6
Ca		0,01	3	5	4,7	3	4	5	3	5	25,6
Mg		0,001	0,5	1,5	2,5	0,5	1,5	1,2	0,5	2,5	1,5
Na		0,01	1,5	1,5	2	2	1,2	1,5	1,2	2	2,4
K		0,5	3,3	4	3	3,7	2	2,7	2	4	2,3
Fe		0,001	0,5	2,7	5	0,5	2,3	5	0,5	5	4
Ti		0,001	1	0,67	0,6	0,6	0,53	0,67	0,5	1	0,39
Ag		0,02	0,05	0,09	0,23	0,07	1,0	0,09	0,10	1,0	0,053
As	50	60	60	73	73	833	100	60	830	5,6	
B	10	<10	20	43	<10	230	37	<10	230	34	
Ba	20	667	1000	1500	1000	1167	1167	667	1500	628	
Be	1	3	6	5	3	4	4	3	6	2,3	
Ce	50	600	133	133	133	117	117	117	600	63	
Co	1	3	20	27	12	33	40	3	40	17	
Cr	5	7	47	93	20	53	60	7	93	92	
Cu	5	10	30	50	33	43	53	10	53	27	
Ga	1	15	20	20	17	17	20	15	20	17,5	
La	30	333	73	67	80	53	53	53	330	32	
Li	10	57	100	87	57	233	80	57	230	21	
Mn	10	533	600	933	400	733	1000	400	1000	770	
Mo	1	2	4	2	1	5	2	1	5	1,56	
Nb	5	30	10	10	20	8	13	8	30	12	
Ni	1	7	50	57	13	73	100	7	100	50	
P	30	167	267	300	167	167	233	167	300	690	
Pb	1	133	100	87	167	53	73	53	170	17	

Продолжение таблицы 1

Элемент	Единицы измерения	Предел обнаружения	С						C <sub>min</sub>	C <sub>max</sub>	Кларковое содержание
			Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6			
Sb	мг/кг	10	<10	<10	<10	33	233	33	<10	230	0,89
Sc		1	<1	17	30	7	17	27	<1	30	14
Sn		1	15	20	20	10	4	7	4	20	3,5
Sr		50	600	500	500	433	300	433	300	600	270
V		10	20	50	100	20	47	133	20	130	106
Y		10	57	40	40	23	40	37	23	57	21
Yb		1	6	4	4	11	4	4	4	11	2
Zn		30	80	100	233	93	367	100	80	370	75
Zr		10	200	267	300	267	200	267	200	300	193
Th		10	144	22	15	30	12	11	11	144	10,5

Для каждого из исследуемых участков наблюдается превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) мышьяка (2 мг/кг)<sup>1</sup> в 30–500 раз. Рассматриваемый элемент относится к первому классу опасности<sup>2</sup> (высокоопасное вещество) и является высокотоксичным. Длительное воздействие мышьяка на организм человека способно приводить к развитию рака мочевого пузыря и легких. Исследования доказали наличие негативного влияния на умственное развитие, вызывающее снижение интеллекта и памяти [Association of Arsenic, 2015]. Более того, мышьяк связан с неблагоприятными исходами беременности, повышает риск детской смертности [Farzan, Karagas, Chen, 2013].

Концентрация свинца в отобранных пробах почвы колеблется в диапазоне от 53 до 170 мг/кг, что превышает ПДК (32 мг/кг)<sup>1</sup> на каждом из рассмотренных участков в 1,9–6,3 раза. Рассматриваемый элемент относится к первому классу опасности и является одним из наиболее токсичных элементов в природе.

Длительное воздействие свинца на организм человека может привести к поражению стенок сосудов, увеличивая риск развития гипертонии [Debnath, Singh, Manna, 2019]. Помимо этого, свинец способен оказывать негативное воздействие на репродуктивную функцию человеческого организма, увеличивая риск преждевременных родов и самопроизвольных аборт.

Воздействие свинца негативно сказывается на развитии функций центральной нервной системы, в особенности детского организма. Даже низкие концентрации свинцовой интоксикации могут повлечь снижение умственного и физического развития у детей, вызывая гиперактивность и снижение внимания и работоспособности [Lead-induced adverse ... , 2015; Effect of lead ... , 1973].

Содержание валовых форм цинка в пробах почвы колеблется в пределах от 80 до 370 мг/кг. Наблюдается превышение ПДК (87 мг/кг)<sup>3</sup> в 1,1–4,3 раза на каждом участке, за исключением участка 1.

Высокие концентрации цинка в организме способствуют развитию патологий органов пищеварения и печени. Более того, цинк обладает канцерогенными свойствами. Так, повышенное содержание цинка в среде обитания (в частности, в почве) увеличивают частоту случаев онкологических заболеваний желудка и пищевода [Протасова, 1998].

На участке 5 наблюдается превышение ПДК сурьмы (4,5 мг/кг)<sup>4</sup> в 51,8 раза (содержание – 230 мг/кг). На участках 4 и 5 концентрация сурьмы составила 33 мг/кг – превышение ПДК в 7,3 раза.

Сурьма относится ко второму классу опасности<sup>5</sup> (умеренно опасное вещество). Длительное воздействие сурьмы способствует развитию хронических заболеваний органов дыхания, таких как бронхит, неактивный ту-

---

<sup>1</sup> МУ 2.1.7.730-99 . Гигиенические требования к качеству почвы населенных мест. 1999.

<sup>2</sup> ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. 1983.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же.

<sup>5</sup> Там же.

беркулез, воспаление верхних дыхательных путей. Сурьма и ее соединения могут угнетать репродуктивную функцию, оказывать негативное воздействие на работу сердечно-сосудистой системы и вызывать нарушение функций печени [Cooper, Harrison, 2009; Sundar, Chakravarty, 2010].

Концентрация бария колеблется от 670 до 1500 мг/кг. Рассматриваемый элемент относится к третьему классу опасности. Ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) бария в почве составляет 200 мг/кг<sup>6</sup>. Таким образом, на каждом из апробированных участков валовое содержание бария превышает ОДК в 3–7,5 раза. На сегодняшний день эффекты влияния бария на организм человека являются малоизученными. Установлено, что повышенная концентрация бария в почве и растениях приводит к нарушению обмена кальция и поражению костной ткани животных [Кашин, 2015].

На участках 1–5 обнаружены повышенные концентрации тория (кларк почвы 10,5 мг/кг [Rudnick, Gao, 2003], содержание в пробах – 12–144 мг/кг). Изотоп тория-232 (изотопная распространенность практически 99,9 %) является родоначальником радиоактивного семейства тория, период полураспада составляет 13,8 млрд лет. Наибольшую опасность для здоровья человека представляет один из дочерних продуктов распада тория – летучий газ торон (изотоп радона-220). При вдыхании торон смешивается с легочным воздухом, диффундируя в ток крови, и разносится по организму. На сегодняшний день описаны необратимые последствия от внутреннего облучения тороном – атрофические изменения кожи с нарушением эпидермиса, разрушение подкожной ткани и кожных капилляров [Bowie, Bowie, 1991].

На каждом из исследуемых участков концентрация таких элементов, как Ti, Sr, Sn, La, Ce, Yb, превышает кларк, который приведен в [Rudnick, Gao, 2003]. Для большинства проб наблюдается превышение кларка по следующим элементам: Sc, Ag, Co, Ga, Mo, Ni.

Наличие повышенной концентрации тяжелых металлов свидетельствует о том, что почвенные пробы испытывают высокую антропогенную нагрузку. Источниками загрязнения являлись отложения монацитового россыпи, хвосты фабрики по извлечению монацитового концентрата, хвостохранилища золотоизвлекательных фабрик, транспортные средства (на месте фабрик по извлечению монацитового концентрата длительное время существовал авторемонтный завод). Согласно [Касимов, Власов, 2015], для сильно загрязненных почв (дороги, хвостохранилища и т. д.) невозможно применять гигиенические нормативы или показатели геохимического фона и рекомендуется использовать для сравнения кларки химических элементов.

Категории загрязнения почв<sup>7</sup> определены, исходя из вероятного негативного влияния на здоровье человека пяти химических элементов (Pb, As, Sb, Ag, Th), содержания которых в почвах существенно превышают их

---

<sup>6</sup> ГН 2.1.7.12-1-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. 2004.

<sup>7</sup> ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ. 1986.

кларки. Коэффициенты концентрации рассчитаны при сравнении найденных содержаний и кларков этих элементов:

$$K_{Ci} = \frac{C_i}{C_{CP}},$$

где  $K_{Ci}$  – коэффициент концентрации элемента,  $C_i$  – фактическая концентрация определяемого вещества,  $C_{CP}$  – кларк химического элемента верхней части земной коры (см. табл. 1, 2).

С целью выявления зон риска для здоровья человека осуществлен расчет суммарного показателя  $Z_c$  по формуле, приведенной в МУ 2.1.7.730-99:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{Ci} - (n - 1),$$

$n$  – число определяемых суммируемых веществ. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 2

Сравнение кларка ( $C_{cp}$ ) [Касимов, Власов, 2015; Rudnick, Gao, 2003] и ПДК суммируемых элементов<sup>8</sup>

Элемент	As	Pb	Sb	Ag	Th
$C_{cp}$ , мг/кг	5,3	17	0,89	0,053	10,5
ПДК, мг/кг	2,0	32	4,5	–	–

Формула, приведенная выше, называется формулой Ю. Е. Саета. Четких рекомендаций относительно того, сколько элементов суммировать, нет. Поэтому искусственно вводится  $(n-1)$  для компенсации различного количества анализируемых веществ. Формула оспаривается, но очень часто используется [Достоверность оценки загрязнения ... , 2014].

Согласно оценочной шкале опасности загрязненности почв по показателю суммарного загрязнения, приведенной в МУ 2.1.7.730-99, при  $16 < Z_c < 32$  наблюдается увеличение общей заболеваемости населения, при  $32 < Z_c < 128$  растет число часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функций сердечно-сосудистой системы. При  $Z_c > 128$  отмечается увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных).

<sup>8</sup> ГН 2.1.7.12-1-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. 2004; МУ 2.1.7.730-99. Гигиенические требования к качеству почвы населенных мест. 1999.

Таблица 3

## Категории опасности грунтов на участках пробоотбора

Проба	Z <sub>c</sub>	Категория
Проба 1	27	Умеренно опасная
Проба 2	15	Умеренно опасная
Проба 3	19	Умеренно опасная
Проба 4	37	Опасная
Проба 5	227	Чрезвычайно опасная
Проба 6	27	Умеренно опасная

На сегодняшний день установлено [Говорин, 2007], что более 70 % детей, проживающих в г. Балея, имеют психические нарушения, около 30 % из которых составляют интеллектуальные расстройства (до 20 % от всех психических нарушений составляет задержка развития, 7–10 % – умственная отсталость). Исследования выявили ведущую роль экологического неблагополучия как фактора развития интеллектуальных нарушений у детей. Помимо этого, обнаружена высокая распространенность неврологических нарушений, органических неврозподобных расстройств, что может свидетельствовать об органическом повреждении головного мозга.

### Заключение

Проведенные исследования почв в мкр. Новотроицк г. Балея показали неблагоприятное экологическое состояние почвенно-растительного покрова. Источниками загрязнения являлись отложения монацитового россыпи, хвосты фабрики по извлечению монацитового концентрата, хвостохранилища золотоизвлекательных фабрик, транспортные средства (на месте фабрик по извлечению монацитового концентрата длительное время существовал авторемонтный завод). То есть была изучена центральная, наиболее загрязненная часть мкр. Новотроицк. Выявлен ряд участков, состояние которых не соответствует санитарным требованиям.

Проведена оценка степени опасности загрязнения почв для здоровья населения, перечислены установленные другими исследователями основные механизмы влияния химического загрязнения почв на человека. Вычислен суммарный показатель загрязнения почв, согласно которому результаты опробования соответствуют категориям «умеренно опасная», «опасная» и «чрезвычайно опасная» для здоровья людей.

Показана необходимость расширения площади экологических исследований почв этого микрорайона г. Балея. Требуется охватить геохимическим опробованием всю содержащую монацит аллювиальную россыпь р. Кибиревка и рекультивированные площади в ее пределах, опробовать участки разрушенных построек (школа № 10, баня, контора предприятия № 1084 и др.) с целью оценки достоверности проведенных по рекультивации работ. Для этого нужно использовать количественные методы химического анализа с пределами обнаружения в 2–10 раз ниже ПДК токсичных элементов.

### Список литературы

Говорин Н. В., Злова Т. П. Экологически обусловленные нарушения интеллекта у детей: эпидемиология, патогенез, реабилитация : монография. Новосибирск : Наука, 2007. 174 с.

Достоверность оценки загрязнения почв тяжелыми металлами / А. А. Околелова, Т. М. Минкина, А. С. Мерзлякова, В. П. Кожевникова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101. С. 465–479.

Замана Л. В., Усманов М. Т. Эколого-гидрогеохимическая характеристика водных объектов золотопромышленных разработок Балейско-Тасеевского рудного поля // Известия Сибирского отделения Секции наук о земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2009. № 1 (34). С. 106–111.

Кашин В. К. Барий в компонентах ландшафтов Западного Забайкалья // Почвоведение. 2015. № 10. С. 1242–1253.

Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5, География. 2015. № 2. С. 7–17.

Корольков А. Т. Монацитовая проблема города Балея // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2016. № 1 (54). С. 96–103.

Николаев Н. П. Балея. Катастрофа золотого города. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=bkSv4huPs80/> (дата обращения: 21.11.2020).

Протасова Н. А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 12. С. 32–37.

Association of Arsenic with Adverse Pregnancy Outcomes / Infant Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis / R. Quansah, F. A. Armah, D. K. Essumang, I. Luginaah, E. Clarke, K. Marfoh, S. J. Cobbina, E. Nketiah-Amponsah, P.B. Namujju, S. Obiri, M. Dzodzomenyo // Environmental health perspectives. 2015. N 123. P. 412–421.

Bowie C., Bowie S.H.U. Radon and health // The Lancet. 1991. Vol. 337. P. 409–413.

Cooper R. G., Harrison A. P. The exposure to and health effects of antimony // Indian Journal Occup Environ Med. 2009. N 13. P. 3–10.

Debnath B., Singh W.S., Manna K. Sources and toxicological effects of lead on human health // Indian Journal of Medical Specialities. 2019. № 10. P. 66–71.

Effect of lead acetate on reproduction / D. C. Hilderbrand, R. Der, W. T. Griffin, M. S. Fahim // American Journal of Obstetrics and Gynecology. 1973. Vol. 115, N 8. P. 1058–1065.

Farzan S. F., Karagas M. R., Chen Y. In utero and early life arsenic exposure in relation to long-term health and disease // Toxicol Appl Pharmacol. 2013. N 272. P. 384–390.

Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 4<sup>th</sup> ed. Taylor and Francis Group, LLC, 2011. 505 p.

Lead-induced adverse effects on the reproductive system of rats with particular reference to histopathological changes in uterus / U. P. Nakade, S. K. Garg, A. Sharma, S. Choudhury, R. S. Yadav, K. Gupta, N. Sood // Indian Journal of Medical Specialities. 2015. N 47. P. 22–26.

Rudnick R. L., Gao S. Composition of the continental crust // Treatise on Geochemistry. Vol. 3. The Crust. Elsevier Sci., 2003. P. 1–64.

Sundar S., Chakravarty J. Antimony toxicity // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2010. N 7. P. 4267–4277.

Wong C. S., Li X., Thornton I. Urban environmental geochemistry of trace metals // Environ. Pollut. 2006. N 142. P. 1–16.

## Geochemical Characteristics of the Soils of the Most Polluted Part of Baley (Zabaykalsky Krai)

N. S. Markin

*Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation*

A. T. Korolkov

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** The actual material for the present work were the results of elemental analysis of soil samples taken in the Central part of the neighborhood Novotroitsk city Baley, the section from the former tailings processing plant for the extraction of thorium from monazite concentrate sand through the valley of the river with waste monazite alluvial bulk to the tailings gold processing plants. The interpretation of the obtained data showed high contents of a number of elements, significantly exceeding the MPC. The total indicator of soil pollution (pollution indicator), calculated for five chemical elements (Pb, As, Sb, Ag, Th), indicates a dangerous and extremely dangerous environmental situation for public health and the need for detailed geochemical monitoring of soils. An urgent problem is also the assessment of the contribution of aerosol transport of pollutants during the transportation of sludge from gold recovery factories on the territory of the district Novotroitsk.

**Keywords:** ecology, Baley city, soil Geochemistry, monazite, total indicator of soil pollution.

**For citation:** Markin N.S., Korolkov A.T. Geochemical Characteristics of the Soils of the Most Polluted Part of Baley (Zabaykalsky Krai). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2021, vol. 35, pp. 71-83. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2021.35.71> (in Russian)

### References

Govorin N.V. *Jekologicheski obuslovlennye narusheniya intellekta u detej: jepidemiologija, patogenez, rehabilitacija* [Environmentally caused intellectual disorders in children: epidemiology, pathogenesis, rehabilitation: monograph]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2007, 174 p. (in Russian)

Okolelova A.A., Minkina T.M., Merzlyakova A.S., Kozhevnikova V.P. Dostovernost ocenki zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami [The reliability of the assessment of soil pollution with heavy metals]. *Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University], 2014, no. 101, pp. 465-479. (in Russian)

Zamana L.V., Usmanov M.T. Jekologo-gidrogeohimicheskaja harakteristika vodnyh obektov zolotopromyshlennyh razrabotok Balejsko-Taseevskogo rudnogo polja [Ecological and hydrogeochemical characteristics of water bodies of gold-mining developments in the Baleyko-taseyevsky ore field]. *Izvestija Sibirskogo otdelenija Sekcii nauk o zemle Rossijskoj akademii estestvennyh nauk. Geologija, poiski i razvedka rudnyh mestorozhdenij* [Proceedings of the Siberian branch of the earth Sciences Section of the Russian Academy of natural Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits], 2009, vol. 1, no. 34, pp. 106-111. (in Russian)

Kashin V.K. Barij v Komponentah landshaftov Zapadnogo Zabajkalija [Barium in the Components of the landscapes of Western Transbaikalia]. *Pochvovedenie* [Pedology], 2015, vol. 10, pp. 1242-1253. (in Russian)

Kasimov N.S., Vlasov D.V. Klarki himicheskikh elementov kak etalony sravneniya v ekogeohimii. [Clarkes of chemical elements as comparison standards in ecogeochemistry]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya* [Proceedings of the Moscow University. Series 5, Geography], 2015, vol. 2, pp. 7-17. (in Russian)

Korol'kov A.T. Monacitovaja problema goroda Baleja [Monazite problem of the city of Baley]. *Izvestija Sibirskogo otdelenija Sekcii nauk o Zemle RAEN* [Proceedings of the Siberian

an branch of the section of Earth Sciences of the Russian Academy of Sciences], 2016, vol. 1, no. 54, pp. 96-103. (in Russian)

Nikolaev N.P. *Balej. Katastrofa zolotogo goroda* [Baley. Catastrophe of the golden city] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=bkSv4huPs80/> (date of access: 21.11.2020) (in Russian)

Protasova N.A. Mikrojelementy: biologicheskaja rol', raspredelenie v pochvah, vlijanie na rasprostranenie zabolovanij cheloveka i zhivotnyh [Trace elements: biological role, distribution in soils, influence on the spread of human and animal diseases]. *Sorosovskij obrazovatelnyj zhurnal* [Soros educational journal], 1998, vol. 12, pp. 32-37. (in Russian)

Quansah R., Armah F.A., Essumang D.K., Luginaah I., Clarke E., Marfoh K., Cobbina S.J., Nketiah-Amponsah E., Namujju P.B., Obiri S., Dzodzomenyo M. Association of Arsenic with Adverse Pregnancy Outcomes/Infant Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental health perspectives*, 2015, no. 123, pp. 412-421.

Bowie C., Bowie S.H.U. Radon and health. *The Lancet*, 1991, vol. 337, pp. 409-413.

Cooper R.G., Harrison A.P. The exposure to and health effects of antimony. *Indian J Occup Environ Med.*, 2009, no. 13, pp. 3-10.

Debnath B., Singh W.S., Manna K. Sources and toxicological effects of lead on human health. *Indian Journal of Medical Specialities*, 2019, no. 10, pp. 66-71.

Hilderbrand D.C., Der R., Griffin W.T., Fahim M.S. Effect of lead acetate on reproduction. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 1973, no. 115(8), pp. 1058-1065.

Farzan S.F., Karagas M.R., Chen Y. In utero and early life arsenic exposure in relation to long-term health and disease. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2013, no. 272, pp. 384-390.

Kabata-Pendias A. *Trace elements in soils and plants. 4<sup>th</sup> ed.* Taylor and Francis Group, LLC, 2011, 505 p.

Nakade U.P., Garg S.K., Sharma A., Choudhury S., Yadav R.S., Gupta K., Sood N. Lead-induced adverse effects on the reproductive system of rats with particular reference to histopathological changes in uterus. *Indian Journal of Medical Specialities*, 2015, no. 47, pp. 22-26.

Rudnick R.L., Gao S. Composition of the continental crust. *Treatise on Geochemistry. The Crust. Elsevier Sci.*, 2003, vol. 3, pp. 1-64.

Sundar S., Chakravarty J. Antimony toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2010, no. 7, pp. 4267-4277.

Wong C.S., Li X., Thornton I. Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environ. Pollut.*, 2006, no. 142, pp. 1-16.

**Маркин Никита Сергеевич**

магистрант, лаборатория тонкопленочных технологий, школа естественных наук  
Дальневосточный федеральный университет  
Россия, 690001, г. Владивосток,  
ул. Суханова, 8  
e-mail: markkin.ns@gmail.com

**Markin Nikita Sergeevich**

Master's Student, Laboratory of Thin Film Technologies, School of Natural Sciences  
Far Eastern Federal University  
8, Sukhanov st., Vladivostok, 690001,  
Russian Federation  
e-mail: markkin.ns@gmail.com

**Корольков Алексей Тихонович**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор, кафедра динамической  
геологии  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
e-mail: baley51@mail.ru

**Korolkov Alexei Tikhonovich**

Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Professor, Department of Dynamic Geology  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,  
Russian Federation  
e-mail: baley51@mail.ru