

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление Экология и природопользование  
Кафедра Геоэкологии и геохимии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Эколого-геохимические особенности природных сред центральной части восточного побережья озера Байкал</b>

УДК 550.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Рихванов Л.П.	д.г.-м.н., профессор		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭПР	Цибулькинова М.Р.	к.г.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Крепша Н.В.	к.г.-м.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ГЭГХ	Язиков Е.Г.	д.г.-м.н., профессор		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
 Направление Экология и природопользование  
 Кафедра Геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации  
 (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Галушкиной Дарье Николаевне

Тема работы:

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Объект исследования – территория ФГБУ «Заповедное подлесье» (Объединенная дирекция Баргузинского государственного природного биосферного заповедника и Забайкальского национального парка)</b></p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><b>Обзор литературных источников, постановка задач исследования, статистическая обработка полученных данных, сравнение полученных данных с нормативными, а также с данными предыдущих исследований, выводы по работе.</b></p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p align="center">-</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p align="center"><b>Раздел</b></p>	<p align="center"><b>Консультант</b></p>

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<b>Цибульникова М.Р., доцент каф. ЭПР</b>
Социальная ответственность	<b>Крепша Н.В., доцент каф. ЭБЖ</b>
Раздел на иностранном языке	<b>Межибор А.М., консультант, доцент каф. ГЭГХ</b>
	<b>Матвеев И.А., консультант-лингвист, каф. ИЯПР</b>
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф.ГЭГХ	Рихванов Л.П.	д.г.-м.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Геоэкологии и геохимии</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистрант 2 года	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b> Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	
<b>2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	1.03.2016
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. ЭБЖ	Крепша Н.В.	К.Г.-М.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна

<b>Институт</b>	природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	геоэкологии и геохимии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании Сборника сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2, выпуск 7 и инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы, утвержденный 22.11.1993 Комитетом РФ по геологии и использованию недр</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы, утвержденный 22.11.1993 Комитетом Российской Федерации по геологии и использованию недр (Роскомнедра); Сборника сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2, выпуск 7</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г</i>

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Планирование научных исследований</i>	<i>Структура работ в рамках научного исследования Определение трудоемкости выполнения работ</i>
2. <i>Формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Нормы расхода материалов Расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей Общий расчет сметной стоимости работ</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	1.03.2016
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова М.Р.	К.Г.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна		

**РЕФЕРАТ**

Магистерская диссертация 100 листов, 47 рисунка, 77 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: Баргузинский заповедник, Забайкальский национальный парк, метод ICP-MS, радиоактивность, Байкал, поверхностные воды, почвы, донные отложения

Изучение химического состава природных сред биосферных заповедников является актуальной задачей геоэкологических исследований

Объектом исследования является почва, природные воды, донные отложения рек

Цели и задачи исследования (работы): изучить радиоэкологические особенности территории, исследовать элементный состав природных сред, выявить различия в составе различных исследуемых объектов, определить источники повышенных концентраций.

Работа представлена ведением, 8 разделами (главами) и заключением, приведен список публикаций студента, список использованных источников.

В 1 разделе/главе «Краткий обзор геохимических данных в компонентах природной среды Байкальского региона» рассмотрены материалы ранее проведенных исследований по почвам, воде, донным отложениям и радиационной обстановке.

В 2 разделе/главе «Общая характеристика района исследования» описываются физико-географические характеристики территории

В 3 разделе/главе «Материалы и методы исследования» приведены методики отбора, подготовки и анализа отобранных образцов.

В 4 разделе/главе «Геохимические особенности природных вод Баргузинского заповедника и заливов оз. Байкал» отражены материалы гидрогеохимических исследований малых рек Байкала, термального источника и заливов оз. Байкал.

В 5 разделе/главе «Химические элементы в донных отложениях малых рек и термальных источников заповедника» приведены содержания химических элементов в донных отложениях, рассчитаны коэффициенты донной аккумуляции.

В 6 разделе/главе «Радиоэкологические особенности почв и донных отложений» представлены неопубликованные материалы ранее проведенных исследований, а также новые результаты по активности техногенных радионуклидов.

В 7 разделе/главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» приведен расчёт затрат на проведение исследований.

В 8 разделе/главе «Социальная ответственность» рассмотрены опасные и вредные факторы, возможность возникновения ЧС при проведении работ, а также рекомендованы меры и средства защиты.

В заключении изложены основные результаты работы, возможность их применения в дальнейших исследованиях.

## Оглавление

Введение .....	9
1 Краткий обзор геохимических данных в компонентах природной среды Байкальского региона .....	10
1.1 Геохимические особенности поверхностных вод и донных Байкальского региона .....	10
1.2 Геохимические особенности термальных источников Байкальского региона .....	23
1.3 Радиогеохимические исследования на территории Байкальского региона.....	27
1.3.1 Естественные радионуклиды в природных средах Байкальского региона.....	27
1.3.2 Загрязнение искусственными радионуклидами .....	30
2 Общая характеристика района исследований .....	32
2.1 Климат .....	34
2.2 Геологическое и геоморфологическое строение.....	37
2.3 Гидрологические и гидрогеологические условия .....	41
2.4 Характеристика почвенного покрова .....	43
2.5 Флора и фауна.....	44
2.6 Геоэкологическая характеристика.....	47
2.7 Радиационная обстановка.....	48
3 Материалы и методы исследований.....	51
4 Геохимические особенности природных вод Баргузинского заповедника и заливов озера Байкал.....	53
5 Химические элементы в донных отложениях малых рек и термальных источников заповедника .....	63
6 Радиоэкологические особенности почв и донных отложений .....	65
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	87
7.1 Техничко-экономическое обоснование работ .....	87
7.2 Планирование работ.....	87
7.3 Расчет затрат времени и труда по видам работ .....	90
7.4 Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения всего объема проектируемых работ .....	91
7.5 Расчёт затрат труда .....	92
7.6 Нормы расходов материалов.....	92
7.7 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ (СМ 1) .....	93
7.8 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ .....	96
8 Социальная ответственность .....	97

8.1 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	98
8.2 Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению .....	101
8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	103
8.4 Законодательное регулирование проектных решений .....	104
Заключение .....	107
Список публикаций.....	108
Список используемых источников.....	109
Приложение А .....	115



## Введение

Эколого-геохимические исследования в Байкальской природной территории являются весьма актуальными по ряду причин. Такие исследования позволяют определить региональные и локальные значения геохимического фона, выявить специализированные природных (в том числе и рудные) и техногенные геохимические провинции, выделить антропогенные компоненты на фоне природных геохимических вариаций, установить частные геохимические циклы и их вклад в глобальные круговороты компонентов.

Проведение исследований на условно фоновой территории даёт возможность проанализировать биогеохимический «отклик» на химические изменения в окружающей среде, определить формы нахождения элементов в окружающей среде, выявить причины миграции химических элементов и накопления их на геохимических барьерах.

Анализ имеющихся данных по окружающей среде Байкальского региона показал, что при наличии, казалось бы, большого числа работ по геохимии Прибайкалья, данных, отвечающих поставленным выше задачам, ограничены. Наибольший объем доступной для использования, сопоставимой и обеспеченной координатной привязкой (пригодной для построения геохимических карт) информации, был получен в результате многоцелевого геохимического картирования Байкальского геоэкологического полигона (программа «Геохимическая карта России – Геоэкология России», масштаб 1: 1 000 000 /МГХК-1000/), а также мониторинговых и специальных работ Института геохимии СО РАН с партнерами, в частности, по программе «Глобальные изменения природной среды и климата». Наиболее комплексно и детально эти работы проведены в Иркутской области.

Цель данной магистерской диссертации – изучить распределение различных химических элементов в компонентах окружающей среды центральной части восточного побережья оз. Байкал. Особое внимание в работе уделяется радиоактивным элементам и оценке радиоэкологической обстановки.

# 1 Краткий обзор геохимических данных в компонентах природной среды Байкальского региона

## 1.1 Геохимические особенности поверхностных вод и донных Байкальского региона

Отличительной особенностью водных ресурсов Байкальского полигона является широкое распространение на его территории, в центре которой находится оз. Байкал и бассейн верхнего течения р. Ангары, пресных и ультрапресных поверхностных вод гидрокарбонатного кальциевого и магниево-кальциевого состава с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup>. При этом, около 70 % всех рек и ручьев бассейна оз. Байкал имеют минерализацию менее 0,1 г/дм<sup>3</sup>, а минерализация воды озера и вытекающей из него р. Ангары в ее истоке не превышает 0,097 г/дм<sup>3</sup>. Глубинная вода Байкала по всем параметрам соответствует мировым стандартам воды высшего качества, а сам Байкал по праву считается колодцем планеты. В этой связи, в первую очередь целесообразно рассмотреть полученные в последние годы данные о концентрации микроэлементов и физико-химических особенностях водной толщи Байкала, а также качестве и доступности водных ресурсов его прибрежной акватории.

Первая попытка построения сбалансированной физико-химической модели байкальской воды на базе программного комплекса «Селектор», учитывающей взаимодействие ионных пар, образование комплексов и химическое выпадение части элементов в осадок, была предпринята в 1991 г. С.А.Кашиком и В.Н.Мазилковым. В дальнейшем И.К.Карповым и В.А.Бычинским получена уточненная и наиболее полная модель байкальской воды в открытой к атмосфере системе при  $T = 14^{\circ}\text{C}$ , давлении 1,0 бар,  $\text{pH} = 8,27$  и  $E_h = 0,747$  в. Расчеты показали, что в той или иной степени все элементы в воде оз. Байкал связаны в комплексные соединения типа ионных пар [Lomonosov, Khaustov et al., 1995] (табл. 47). Исключение составляет лишь низкая закомплексованность  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$ . Так, при среднем содержании  $\text{Cl}^-$  в воде озера 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, количество  $\text{MgCl}^+$  и  $\text{CaCl}^+$  не превышает 0,2 мкг/дм<sup>3</sup>, а  $\text{NaCl}^{\circ}$ ,  $\text{MnCl}^+$ ,  $\text{KCl}^{\circ}$ ,  $\text{SrCl}^+$  не обнаружены. Из комплексных соединений  $\text{K}^+$  в незначительном количестве (1,2 мкг/дм<sup>3</sup>) установлен лишь  $\text{KSO}_4^-$ . Содержание  $\text{Mn}^{+2}$  составляет 0,2 мкг/л, а  $\text{MnO}_4^-$  - 0,1 мкг/л, тогда как  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{MnSO}_4^{\circ}$  и другие не обнаружены, практически отсутствует железо и такие его формы как  $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$  и  $\text{Fe}(\text{OH})_3^{\circ}$ . Важным, с нашей точки зрения, является факт установления форм нахождения фосфора и азота. Наибольшее количество фосфора (27 мкг/л) приходится на  $\text{HPO}_4^{2-}$ , содержание  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  всего 2,0 мкг/л, а  $\text{PO}_4^{3-}$  отсутствует. Азот присутствует в виде  $\text{N}_2^{\circ}$  (17,1 мг/л),  $\text{NO}_3^-$  (0,1 мг/л),  $\text{NO}_2^-$  (0,001 мг/л). Из других элементов следует отметить алюминий, который присутствует в виде  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  (0,8 мкг) и  $\text{AlO}_2^-$  (0,5 мкг/л). Основной газовый состав модельной воды состоит из  $\text{N}_2$  75,5 %,  $\text{O}_2$  22,7%,  $\text{Ar}$  1,3% и  $\text{CO}_2$  0,05%.

Постоянство химического состава байкальской воды, кроме чисто биологических

процессов, обеспечивается за счет осаждения избытка поступающих элементов в виде минеральных фаз - оксидов и гидроксидов Mn и Fe, кремния в форме створок отмерших диатомей, спикул губок и т.д. По данным [1] часть щелочных и щелочноземельных элементов, кремний и практически весь алюминий выпадает в осадок в виде глинистых минералов (смектитов), в прозрачной воде ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) гетит, а холодной ( $<5^{\circ}\text{C}$ ) апатит, с которым связывается более 97% химически осажденного кальцита, железистые разновидности монтмориллонитов и т.д. При этом, количество химически осажденного материала, в составе которого преобладают смешанослойная фаза гидрослюда - железистый смектит и пиролюзит, примерно на порядок превышает массу ежегодно остающегося в озере растворимого вещества.

Если результаты приведенных анализов глубоководного Байкала свидетельствуют о высоком качестве воды и ее первозданной чистоте, то в настоящее время вызывает опасение состояние водных ресурсов прибрежной акватории оз. Байкал. Анализ экологической ситуации в прибрежной акватории озера показал, что в ее пределах качество воды практически по многим параметрам не соответствует даже санитарно-гигиеническим и рыбохозяйственным нормам, принятым в России, что при возрастающем антропогенном прессинге через несколько лет может привести к разрушению прибрежных экосистем. Впоследствии такая ситуация может отразиться и на глубоководном Байкале.

В силу сложившихся традиций гидрохимическими материалами, в основном, освещена пелагическая часть акватории оз. Байкал, Селенгинское мелководье и прибрежные области в окрестности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, а прибрежные воды вне БЦБК и дельты р. Селенги изучены крайне слабо. Вместе с тем, прибрежная область южной части акватории озера испытывает повышенные антропогенные нагрузки не только за счет такой крупной водной артерии как р. Селенга, загрязненные воды которой достигают Баргузинского залива, а также небольших водотоков с повышенной минерализацией (р. Бугульдейка и др.), но и локальных источников промышленных и бытовых стоков. Эти источники создают местные зоны, где остается до 80% загрязняющих веществ, образуя в районах г.г. Байкальска, Слюдянки и порта Байкал на дне озера «мертвые пятна», а 20% циркуляционными ветрами разносится вдоль побережья. От промышленных центров с пыледымовыми выбросами и сточными водами в оз. Байкал поступают чуждые экосистемам тяжелые металлы, соединения серы, фтора, хлорорганики, фенолы, нефтепродукты и другие вещества, концентрация которых в депонирующих средах приводит к существенному изменению качества прибрежных вод и биоты. Особо следует отметить увеличение роли загрязняющих веществ в прибрежных водах Байкала в зимний (подледный) период.

Прибрежная акватория Байкала выступает как первый и самый мощный участок самоочищения поступающих промышленных стоков в водоем и играет решающую роль в

транспортировке и дифференциации природного терригенного материала и растворенных веществ, поступающих с реками, т.е. эта часть акватории является геохимическим барьером [2]. Следует еще раз напомнить, что с твердым стоком рек в озеро поступает более 3500 тыс. тонн в год механических взвесей и влекомых наносов, из которых порядка 1980 тыс. тонн отлагается в дельтах крупных рек (Селенга, Верхняя Ангара, Баргузин) и авандельтах мелких рек [3]. Кроме того, в оз. Байкал за счет разрушения горных пород (абразия берегов, плоскостной смыв, сели и другие процессы) поступает 3104 тыс. тонн в год терригенного материала [4], большая часть которого отлагается в прибрежной акватории озера, где функционируют седиментационные (механические), физико-химические и биогеохимические барьеры. Физико-химические и сорбционные процессы на геохимических барьерах при изменении форм водной миграции элементов приводят к обогащению пелитовой и тонкопелитовой фракций твердого стока Fe, Mn, Li, Ni, V, Cr, Cu, Zn и другими элементами. Окисленный слой осадков прибрежной акватории Байкала, образованный в основном органическими и неорганическими коллоидами, способен поглощать катионы и анионы и играет роль окислительно-восстановительного и биогеохимического барьеров на пути миграции P, N, Si и других биогенных элементов, регенерируемых при распаде органических остатков. Здесь накапливаются гидрооксидные коллоидные соединения железа и марганца, обладающие высокой сорбционной способностью. Кроме того, прибрежная часть водоемов выступает как техногенный геохимический барьер – поступающие производственные сточные и хозяйственно-бытовые воды в реки – притоки или непосредственно в водоем трансформируются и аккумулируются именно в его прибрежной части.

По имеющимся предварительным данным, по отношению к стандарту питьевой воды оз. Байкал, в пос. Листвянка прибрежные воды содержат в 10 раз больше кадмия, в 16 раз свинца, в 7 раз нефтепродуктов, в 5 раз аммония и в 4 раза ртути; в пос. Култук в 12 раз больше свинца, в 30 раз кадмия, в 2,4 раза нитритов, в 10 раз нефтепродуктов, в 7 раз хлоридов, в 5 раз ртути; в районе г. Байкальска в 2 раза нитритов, 19 раз кадмия, в 17 раз свинца, в 6 раз нефтепродуктов, в 4,5 раза ртути. Высокие содержания в прибрежных водах гг. Байкальска и Слюдянки таких органических загрязнителей как СПАВ (синтетические поверхностные активные вещества), хлорорганические соединения, а также органические вещества (по ХПК и БПК<sub>5</sub>).

Особенно следует обратить внимание на следующие факты: 1) в подледный период в прибрежных водах района БЦБК содержание сульфатов выше чем содержания кальция, т.е. качественно меняется состав вод. 2) в пробах воды, отобранных в 100 - метровом створе рассеяния сточных вод БЦБК количество колонийобразующих единиц кишечных палочек летом 1999 г. достигало 500-1000 единиц в 1 литре воды, что настораживает в отношении

эпидемической безопасности прибрежных вод. Летом 1999 года в г. Байкальске в питьевой воде (забор питьевой воды для микрорайонов Гагарина и Поселка производится из оз. Байкал, глубина 45 м) была обнаружена дизентерийная палочка, что вызвало соответствующие последствия. Приведенный пример не является исключением, т.к. содержание кишечной палочки вблизи берега оз. Байкал зачастую превышает требования к очищенным сточным водам, особенно на участках непосредственно примыкающих к населенным пунктам, туристическим базам и устьям некоторых рек [Грачев, 2002].

Прибрежная область оз. Байкал сильно ослабляет влияние антропогенного фактора на пелагические (глубинные) воды озера за счет сокращения доступности его водных ресурсов. Решение задачи о влиянии антропогенного фактора на доступность водных ресурсов, качество воды и экосистему Байкала должно быть связано с концентрацией усилий исследователей на изучение процессов, идущих в прибрежных водах на геохимических барьерах река-озеро. Именно здесь, в прибрежной акватории, на механических, биогеохимических и физико-химических барьерах, за счет резкого снижения скоростей течения питающих Байкал рек, происходит интенсивное отложение терригенного материала, приносимого в виде влекомых и взвешенных наносов. Последние не только осаждаются в авандельтах рек, но и переносятся вдоль берега порой на значительные расстояния ветровыми течениями. Осаждающийся на геохимических барьерах терригенный материал содержит в своем составе различные микроэлементы в количествах, достигающих десятков и сотен граммов на тонну и, таким образом, вносит свой вклад в формирование качества водных ресурсов прибрежной акватории оз. Байкал.

Обобщение ретроспективных исследований показало, что речная вода притоков оз. Байкал по химическому составу близка к озерной воде и за редким исключением относится к гидрокарбонатному кальциевому типу при средней минерализации  $88,3 \text{ мг/дм}^3$ . Общность химического состава речной воды обусловлена слабой выщелачиваемостью кристаллических и метаморфических пород докембрия, слагающих бассейн оз. Байкал. По сумме ионов притоки озера нами классифицированы в следующих градациях ( $\text{мг/дм}^3$ ): до 50 (%); 50-100 (%); 100-200 (%); 200-450 (%); и 450-500 (%).

Повышенная минерализация установлена для рек и небольших ручьев, стекающих с Приморского и юга Байкальского хребта, тогда как на юго-восточном побережье озера лишь отдельные водотоки имеют минерализацию  $200 \text{ мг/дм}^3$ , реже более. На севере Байкала реки с минерализацией более  $100 \text{ мг/дм}^3$  практически отсутствуют.

Основным отличием химического состава воды притоков оз. Байкал, по сравнению с водой самого озера, имеющей среднюю минерализацию  $96,7 \text{ мг/л}$ , является повышенное в отдельных реках и ручьях содержание ( $\text{мг/л}$ ):  $\text{SiO}_2$  до 26 (р. Б. Осинька, ручьи на водоразделе

р.р. Бугульдейка - Анга - рч.рч. Кужуртуй, Бирхан, Харгатай и др.);  $\text{SO}_4$  до 60,3 (рч.в пади Кадильная, на мысе Крестовка, Элегей и др.); фтора до 1,34 (р. Анга) и  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  до 2,2 (р.р. Мысовая, Б.Осиновка и др.), при среднем их содержании в воде оз. Байкал 2,9; 5,2; 0,3 и 0,03 соответственно. Совокупность природных условий, под влиянием которых формируется химический состав речных вод, отражают величины показателей стока отдельных компонентов.

Формируя химический состав водной толщи озера, компоненты основного химического состава речных вод и атмосферных осадков принимают участие (кремний, железо, марганец и др.) в современной седиментации оз. Байкал. Достаточно сказать, что с учетом расхода через р. Ангара количество растворенных минеральных веществ, остающихся ежегодно в Байкале, нами оценено в 797 тыс. тонн, что составляет 11% от общей аккумуляции вещества. По имеющимся данным в настоящее время невозможно точно оценить вклад седиментации в расходную часть баланса растворенных форм, тогда как нарушение баланса в виде  $2^x$ -кратного превышения прихода над расходом для ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  следует признать достоверным фактом.

Важнейшим геохимическим фактором, интегрально отражающим процессы миграции и накопления веществ в аквальных ландшафтах Прибайкалья, является концентрация водородных ионов (рН), т.к. ионы  $\text{H}^+$  играют исключительную роль в гидрогеохимических процессах, контролирующая присутствие в них большинства химических элементов и определяющих форму их нахождения. рН принадлежит к числу важных констант в биологических процессах. Так в крови человека рН равно 7,36, а малейшее отклонение этого значения ведет к серьезным нарушениям в жизнедеятельности организма. На территории Байкальского полигона рН определено в 912 водоисточниках. Большинство поверхностных вод относится к категории нейтральных (рН 6,5-7,5) или слабощелочных (7,5-8,5). При этом, выявлена определенная тенденция в территориальном распространении щелочных нейтральных и слабокислых вод. Последние имеют ограниченное распространение и развиты преимущественно в таежных ландшафтах, тогда как щелочные и нейтральные воды преобладают в лесостепных и степных ландшафтах [5]. Большую роль в формировании щелочных вод играет техногенный фактор. Сосредоточение промышленных предприятий в городских агломерациях, сжигающих огромное количество угля, приводит к накоплению продуктов сжигания в виде золы и шлака на почвенном покрове, которые оказывают существенное влияние на подщелачивание природных вод. Кроме техногенного, на рН воды рек и озер влияет и сам почвенный покров. По данным [6], при эколого-геохимической оценке почв Байкальского региона, нейтральные и слабощелочные почвы находятся в степных и лесостепных ландшафтах, а также являются почвенным покрытием в карбонатных таежных ландшафтах, в которых подстилающими почвами породами являются известняки и доломиты,

т.е. породы богатые кальцием. При этом показатели рН некоторых почв Прибайкалья опускаются до 3,9 (подзоны горных районов) или же достигают высоких значений до 8,6-8,8 (засоленные луговые, лугово-каштановые черноземы) и даже 9,0-9,7 (дерновые остаточнокarbonатные остепненные и черноземы остаточнокarbonатные). Последние распространены на Ангаро-Ленском плато, что наглядно проявляется в щелочном характере природных вод этого района. Аномально высокие рН, достигающие в воде 9-9,6 имеют точечный характер и, как правило, относятся к соленым озерам, расположенным в засушливых степных ландшафтах Прибайкалья. Необходимо подчеркнуть, что от величины рН зависит подвижность в водной среде многих микроэлементов. Так, в кислой среде высокой подвижностью обладают Mo, V, U, Se, Sr, Zn, Cu, Ni, Co, Hg, As, Cd и So, а в щелочной и нейтральной - Mg, F, Sr, Ra. В то же время в нейтральной среде очень низкая подвижность таких элементов как Al, Ti, Sn, Te, Cr, Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag и др.

Абсолютное большинство природных вод Байкальского геоэкологического полигона с низкой минерализацией относится к гидрокарбонатным кальциевым или магниевокальциевым. В этой связи, важнейшим показателем природных вод региона является жесткость, которая выражается в миллимолях количества вещества эквивалента  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в 1  $\text{дм}^3$  воды. По этому показателю воды рассматриваемого региона имеют очень широкий диапазон значений от очень мягких (до 1,5 миллимолей), до очень жестких (более 10 миллимолей), при среднем значении 3 миллимоля (ПДК=7), что отвечает мягким водам. Представление о площадном распространении воды различной жесткости дают содержания  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{Mg}^{+2}$  в поверхностных водах. При этом учтены параметры содержания этих элементов, отвечающие жесткости воды. Так, при содержании  $\text{Ca}^{+2} = 20 \text{ мг/дм}^3$  и  $\text{Mg}^{+2} = 12,16$  жесткость воды равна 1 мг/экв./ $\text{дм}^3$ , что соответствует мягким водам.

К числу главных ионов, содержащихся в природных водах, кроме  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{Mg}^{+2}$  относятся также  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Как отмечалось, в подавляющем большинстве природных воды полигона являются гидрокарбонатными, т.е. в их составе гидрокарбонатные ионы ( $\text{HCO}_3^-$ ) преобладают над другими анионами. В случае, когда наряду с  $\text{HCO}_3^-$  появляется значительное количество  $\text{CO}_3^{-2}$ , а это происходит при рН более 8,4, воды становятся карбонатными. Эти анионы образуют карбонатную систему химического равновесия, имеющую большое значение в природных водах. Гидрокарбонатные ионы характерны для большинства рек, что объясняется их формированием в хорошо промытых верхних горизонтах почв и пород и поэтому бедных легкорастворимыми хлоридами и сульфатами. Гидрокарбонат-ион доминирует в водах низкой и умеренной минерализации. Содержание  $\text{HCO}_3^-$  в реках и озерах обычно не превышает 250 мг/ $\text{дм}^3$ , а его среднее содержание в речных водах мира составляет 52 мг/ $\text{дм}^3$ .

Кроме  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{Mg}^{+2}$  в катионном составе природных вод к основным ионам относятся  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Натрий является щелочным металлом, содержание которого по массе и по распространенности занимает шестое место среди других элементов. В природных водах содержится в виде растворимых солей. Основным источником поступления  $\text{Na}^+$  в поверхностные воды суши являются изверженные и осадочные породы и растворимые хлористые, сернокислые и углекислые соли натрия. Кроме того, натрий поступает в природные воды с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами преимущественно в растворенном состоянии. Являясь одновалентным катионом, натрий вытесняется  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{Mg}^{+2}$  из поглощённого комплекса минералов пород и почв, что способствует его накоплению в природных водах. Средняя концентрация натрия в речных водах земного шара составляет  $5,77 \text{ мг/дм}^3$  при колебаниях от  $5,15$  до  $13,8 \text{ мг/дм}^3$  и зависит от ландшафтных и геологических особенностей бассейнов водных объектов. Разброс абсолютных содержаний натрия в различных природных условиях может различаться в сотни раз от микрограммов до сотен миллиграммов в одном литре воды. Еще более насыщены натрием подземные воды, где его содержание достигает десятков граммов на литр, что имеет место на территории Байкальского полигона, в рассолах Ангаро-Ленского артезианского бассейна. В России гигиенические нормативы содержания натрия в питьевой воде приняты в  $200 \text{ мг/дм}^3$ , хотя в Швейцарии они составляют всего  $20 \text{ мг/дм}^3$ . На территории Байкальского геоэкологического полигона в 939 опробованных водопунктах среднее содержание  $\text{Na}^+$  составляет  $20,21 \text{ мг/дм}^3$ , при колебаниях концентрации от  $0,13$  до  $1153,18 \text{ мг/дм}^3$ . Принятое для воды оз. Байкал предельно допустимое содержание  $\text{Na}^+$  с целью разлива для питьевых целей принято  $3,4 \text{ мг/дм}^3$ . На большей части территории полигона в поверхностных водах содержание натрия не превышает  $20 \text{ мг/дм}^3$  и только в случае подтока соленых вод по тектоническим нарушениям его концентрация увеличивается, также как она увеличивается в соленых озерах степных ландшафтов в районе Тажеранских степей и п. Баяндай.

Кроме основных ионов большую роль в химическом составе природных вод играют биогенные вещества, в которые входят соединения кремния, азота, фосфора и железа, а также разнообразные органические вещества, состоящие из углерода, кислорода и водорода, составляющие  $98,5\%$  их массы. Основными источниками органических веществ в поверхностных водах является органика, поступающая с водосборного бассейна рек и образующаяся в самом водном объекте. Обычно органические соединения в поверхностных водах присутствуют в невысоких концентрациях. Для характеристики содержания ОВ используется суммарный показатель их содержания – органический углерод ( $\text{C}_{\text{орг}}$ ), на долю которого приходится в среднем  $50\%$  массы ОВ. Наименьшая концентрация  $\text{C}_{\text{орг}}$  в незагрязненных водах  $1 \text{ мг/дм}^3$ , наибольшая обычно не превышает  $10-20 \text{ мг/дм}^3$ , в водах



сильнозагрязненных органическими соединениями, может достигать  $100 \text{ мг/дм}^3$  и более. Значительную часть органического вещества поверхностных вод составляют гуминовые, содержание которых достигает десятков  $\text{мг/дм}^3$ , и фульвокислоты, которыми особенно богаты воды северных районов.

Содержание органического вещества в реках, впадающих в оз. Байкал, зависит от многих факторов: геологического строения, рельефа, скорости выветривания горных пород, характера растительного покрова, почв, климата, степени освоенности территории бассейна рек. Эти факторы определяют и создают сложную мозаику режима поступления ОВ в оз. Байкал. По данным А.Е. Афониной [7] максимальные среднегодовые концентрации ОВ приходятся на р. Селенгу –  $5,31 \text{ мг/дм}^3 C_{\text{орг.}}$ , р. Верхнюю Ангару –  $4,50 \text{ мг/дм}^3 C_{\text{орг.}}$ , р. Кичеру –  $3,78 \text{ мг/дм}^3 C_{\text{орг.}}$ , р. Баргузин –  $3,50 \text{ мг/дм}^3 C_{\text{орг.}}$  и р. Турку –  $2,5 \text{ мг/дм}^3 C_{\text{орг.}}$ . Несколько повышены содержания ОВ в водах малых реках восточного и северного побережья Байкала, среднегодовые концентрации  $C_{\text{орг.}}$  в них колеблются от  $1,00 \text{ мг/дм}^3$  до  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ . Минимальные концентрации ОВ ( $0,70\text{-}0,90 \text{ мг/дм}^3 C_{\text{орг.}}$ ) отмечены в малых реках Приморского хребта, трассирующих остепененные с разреженными лесами ландшафты. Содержание ОВ в реках зависит от характера водного режима: высокие концентрации ОВ приурочены к паводкам и весеннему половодью, для большинства рек бассейна пик половодья начинается в первой - второй декадах мая, а на реках северной части бассейна - в середине - конце июня. Минимальные концентрации ОВ приходятся на зимнюю межень.

Количество аллохтонного материала, поступающего со стоком рек с водосборного бассейна оз. Байкал, составляет всего около 10% его суммарного годового продуцирования фитопланктоном и фитобентосом в озере. За счет интенсивной деструкции, в водной толще озера накопление органического вещества не происходит, его баланс находится в состоянии подвижного равновесия. В конечном итоге, с учетом потоков из атмосферы и выноса р. Ангарой в донных отложениях Байкала ежегодно аккумулируется 592 тыс. тонн органического вещества, что в пересчете на  $C_{\text{орг.}}$  составляет 296 тыс. тонн. В процессе опытно-методических работ на территории Байкальского полигона в воде рек бассейна верхнего течения р. Ангары содержание  $C_{\text{орг.}}$  проанализировано всего в 34 пробах. Ниже предела обнаружения метода анализа ( $1,24 \text{ мг/дм}^3$ ) оказалось 14 проб, в остальных 20 пробах среднее значение содержания  $C_{\text{орг.}}$  составило  $1,69 \text{ мг/дм}^3$ , при максимальном –  $5,18 \text{ мг/дм}^3$ .

С потоком органического вещества речного стока выносятся основная масса биогенных соединений азота и фосфора, концентрация которых целиком зависит от интенсивности биологических и биохимических процессов в водоемах, кроме того, в настоящее время однозначно установлено, что они являются стойкими показателями загрязнения вод, связанного с применением минеральных удобрений. Данные по балансу этих элементов

показали, что с речным стоком в оз. Байкал поступает (тыс. т/год): 16,0 органического и минерального азота и 1,2 фосфора [8]. В более поздней работе [9] речной сток фосфора в озеро оценивается в 5,6 тыс. т/год. В то же время с атмосферными осадками выпадает 5,7 тыс. т/год азота и 0,7 тыс. т/год фосфора. С учетом стока этих биогенных элементов р. Ангарой (9,7 и 1,2 тыс. т/год соответственно) и других процессов ежегодно в оз. Байкал осаждается 12 тыс. т/год азота и 4,5 тыс. т/год фосфора.

Азот и фосфор являются составной частью всех тканей живых организмов, им принадлежит ведущая роль в развитии жизни в водоемах. Соединения азота служат одним из показателей загрязнения воды, кроме того, эти компоненты обладают токсичностью.

Продуктивность водных объектов определяет и другой биогенный элемент – фосфор, повышение содержания которого приводит к их эвтрофированию. В природных водах фосфор в свободном состоянии не встречается, а его соединения находятся в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Они поступают в природные воды в результате жизнедеятельности и распада водных организмов, выветривания и растворения горных пород, содержащих ортофосфаты, обмена с донными отложениями и поступления с поверхности водосбора. Загрязнению природных вод фосфором способствует широкое применение фосфорных удобрений, флотореагентов и др. реактивов. Концентрация общего растворенного фосфора (минерального и органического) в незагрязненных природных водах изменяется от 5 до 200 мкг/дм<sup>3</sup>. Сведения о содержании фосфора в поверхностных водах Байкальского полигона ограничены данными, приводимыми в работе [10] по бассейну оз. Байкал.

В 34 пробах, отобранных на территории Байкальского полигона, среднее содержание  $\text{PO}_4^{3-}$  составляет 34,7 мкг/дм<sup>3</sup> при максимальном – 107 мкг/дм<sup>3</sup>. В истоке р. Ангары его количество составляет 27 мкг/дм<sup>3</sup>. Таким образом, содержание фосфора ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) в природных водах полигона вполне сопоставимо с его содержанием в речных водах различных регионов мира и свидетельствует об относительном благополучии водных объектов рассматриваемой территории.

Другими важными биогенными веществами, кроме азота и фосфора, являются железо и соединения кремния. Железо, относясь к числу наиболее распространенных элементов в земной коре (кларк 4,65% по массе), в то же время, вследствие низкой миграционной способности его концентрация в природных водах незначительна и варьирует от микрограммов до нескольких миллиграмм на дм<sup>3</sup>. Соединения железа поступают в поверхностные воды за счет химического выветривания горных пород, а также с подземными водами, производственными и сельскохозяйственными сточными водами. В водах железо присутствует в виде гидроксидного  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  состояния. Двухвалентное железо мигрирует в кислых (pH<5,5), слабее в нейтральных и слабо - в щелочных водах. При наличии свободного

кислорода  $Fe^{2+}$  неустойчиво и легко переходит в  $Fe^{3+}$ , для которого характерна меньшая миграционная способность и свойственна коллоидная миграция с органическими соединениями. Коллоидное железо характерно для поверхностных вод (коллоиды  $Fe(OH)_3$ ). ПДК  $Fe_{\text{общ}}$  составляет 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. При его повышенном содержании ухудшается качество воды и снижается возможность ее использования для питьевых и технических целей. ПДК для водоемов рыбохозяйственного использования  $Fe^{3+}$  не должно превышать 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, при его среднем содержании в воде оз. Байкал 0,03-0,04 мг/дм<sup>3</sup>, а в 259 изученных нами притоках озера - 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. В 933 опробованных водных объектах среднее содержание  $Fe_{\text{общ}}$  равно 0,09 мг/дм<sup>3</sup>, при максимальном 2,4.

По содержанию общего железа поверхностные воды региона относятся к благоприятным для питьевого водоснабжения и практически мало отличаются от речных вод других регионов земного шара, где среднее содержание  $Fe_{\text{общ}}$  составляет 0,67 мг/дм<sup>3</sup>.

К биогенным веществам относится и кремний, который является постоянным компонентом природных вод. Несмотря на то, что содержание кремния в земной коре велико (27,6% по массе) и уступает только кислороду из-за очень малой растворимости силикатных минералов, а также в связи с тем, что соединения кремния необходимы для образования твердых скелетных частей и тканей растительных и животных организмов, содержание кремния в поверхностных водах суши невелико. В речных водах концентрация кремния обычно колеблется от 1 до 20 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК в питьевых водах [11] - 10 мг/дм<sup>3</sup>. Его среднее содержание в речных водах земного шара составляет 11,67 мг/дм<sup>3</sup>, при 11,76 мг/дм<sup>3</sup> в 940 водоисточниках Байкальского полигона и максимальном 40 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание  $SiO_2$  в водах оз. Байкал 1,8-4,2 мг/дм<sup>3</sup>, воде 256 притоков озера 9,0 мг/дм<sup>3</sup>, истоке р. Ангары 2,24 мг/дм<sup>3</sup>, р. Селенге 7,7 мг/дм<sup>3</sup>, р. Баргузин 6,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Основным источником поступления соединений кремния в природные воды являются процессы химического выветривания и растворения кремнийсодержащих минералов, главным образом алюмосиликатов. Большая часть или весь кремний, который поступает в водные растворы в процессе выветривания, находится в состоянии истинных растворов, а коллоидная форма не превышает 30-40% его валового содержания. до сих пор неполные и недостаточно точные [13].

Оценивая в целом геохимические особенности поверхностных вод Байкальского полигона, следует остановиться на установленных в его пределах крупных аномалиях микроэлементного состава, выделенных на основании коэффициентов контрастности ( $K_K$ ). При этом в качестве фоновых концентраций использовались значения 50%-й накопленной частоты. Повышенные концентрации в речных водах юга Сибирской платформы имеют Mn, Cr, Ni, Zn, Pb и Sr, коэффициенты концентраций ( $K^K$ ) для которых по отношению к их

фоновому содержанию в воде достигают для Mn – 100-500, Cr – 40, Ni – 120, Zn – 270, Pb – 100, Sr – 11, Ag – 50, Cu – 50, Cd – 200, что, за исключением Zn, Pb и Cd, значительно ниже ПДК. Гидрохимические аномалии имеют неравнозначные размеры, которые зависят от сохранения повышенных концентраций элементов в воде по протяженности водотоков различного порядка.

Первая наиболее крупная аномальная область приурочена к Байкальской рифтовой зоне. По иерархии она может быть отнесена к металлогенической провинции и названа Прибайкальской полиэлементной провинцией. Для северной ее части характерны Cr / 2,4-26,4; Mn / 9,5-24,2; Ag / 3,3-11,7; Cu / 2,5-9,4; Ni / 5,9-8,6 ассоциация элементов (хром-марганец-никелевая), для южной - Cr / 13-35,8; Mn / 8,8-34,6; Ni / 4,3-21,8; Ag / 1,6-50; Pb / 1,6-17,9; Cd / 1,4-25,2 (серебро-хром-никель-марганцевая).

Вторая крупная аномалия, охватывающая платформенную часть территории полигона, состоит из трех структурно-формационных зон - Ангарской, Осино-Обусинской и Верхнеленской. Ангарская зона подразделяется на несколько районов - Кудинский - Mn / 29,3-244; Cr / 17,3-28,7; Sr / 9,6-25,9; Zn / 4,1-9,2; Pb / 6,8-13,1 (марганец-хром-свинец-стронциевая); Бельский - Mn / 38,5-112,3; Cr / 15,5-54,4; Ag / 10-48,5; Ni / 4,3-21,8 (марганец-хром-серебро-никелевая); Манзурский - Pb / 17-25,2; Cr / 6,8-314,5; Ag / 2,8-142; Sr / 3,1-6,9 (свинец-хром-серебряная). Осино-Обусинская зона - Cd / 29-30,41; Cr / 9,6-13,9; Mn / 10,1-13,3 (кадмий-хром-марганцевая); Верхнеленская зона - Ni / 13,8-117,8; Mn / 20,8-23,9; Sr / 8,2-11; Ag / 1,5-17,7; Pb / 1,3-8,8 (никель-марганец-серебро-свинцовая).

Заканчивая рассмотрение основных особенностей геохимического состава поверхности вод Байкальского экологического полигона, необходимо акцентировать внимание на огромном, если не решающем, влиянии на качество речных вод антропогенного загрязнения. Результаты опробования снежного покрова, в результате которого выявлены техногенные аномалии в двух фазах: твердой (пылевой) фазе и фильтрате снеговой воды. Основные элементы в аномалиях, выделенные по твердой фазе, представлены Hg, P, Cr, Zn, F, B, Sn, Sb, Be. Всего закартировано 26 аномалий, представленных 13 ассоциациями. Основная их часть (Hg / 5-29; F / 6,7; P / 5,3); (Hg / 7,6; Pb / 5,1) приурочена к долине р. Ангары, охватывает промышленные центры и прилегающие к ним территории. На удалении от промышленных центров контрастность аномалий уменьшается, изменяется их элементный состав, а сами они охватывают сельхозугодья и лесные массивы. Здесь аномалии характеризуются повышенными коэффициентами контрастности: P / 4-25; Pb / 5-11; F / 5; Mn / 5; Sn / 3,5; Zn / 3. Протяженность, морфология и площадь аномалии всецело зависят как от мощности источника загрязнений, так от скорости и преобладающего направления ветров в отдельных промышленных центрах. В Северо-Восточной части площади полигона (северная часть оз.

Байкал) установлены аномалии В(К<sub>к</sub>-35), Pb(28), Sn(10), Zn(4,5). В этом регионе находится известное Холоднинское полиметаллическое месторождение, где проводились разведочные и оценочные работы. Все выделенные типы аномалий в твердой фазе снежного покрова можно отнести к техногенным, как по набору элементов, так и по их контрастностям.

К токсичным компонентам водной фазы снежного покрова отнесены Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, U, F, Hg, SiO<sub>2</sub>, Fe. По ним выделено 12 аномалий, представленных семью ассоциациями. Наибольшее число аномалий разного состава приурочено к долине р. Ангары. Самые крупные из них аномалии: урана-фтора (U /28,6; NO<sub>2</sub> /14; SiO<sub>2</sub> /8,4; F /8; NH<sub>4</sub> /7,4; SO<sub>4</sub> /3,9); аммония (NH<sub>4</sub> / 5-6,5; SiO<sub>2</sub> / 5,9; F / 5; Hg / 4,2; NO<sub>3</sub> / 3; NO<sub>2</sub> / 3; Fe / 3) находятся между промышленными городами Черемхово - Иркутск - Шелехов. По составу и контрастности они имеют сходство почти по всем компонентам, за исключением урана, аномалия которого обширной полосой прослежены от г. Черемхово до Ангарска. На территории вокруг г.г. Иркутск - Шелехов отмечены локальные (25-50 км<sup>2</sup>) аномалии урана и ртути (U/17,7; SiO<sub>2</sub> / 14,4; Hg /11,5; NH<sub>4</sub> / 6,5; F / 6,3). По комплексности и интенсивности аномалии этой наиболее развитой промышленной зоны относятся к техногенным и являются следствием выброса в атмосферу самых разнообразных производств химической, топливно-энергетической и металлургической промышленности. Северо-восточней г. Иркутска на площади сельхозугодий установлена аномалия нитритов (NO<sub>2</sub> /3,9; SiO<sub>2</sub> /3,5; NO<sub>3</sub> / 2,7) и (NO<sub>2</sub> /7,8; NH<sub>4</sub> /5,6; F /4,4; NO<sub>3</sub> / 2,5).

Для большей части территории Западного Прибайкалья характерен ряд крупных аномалий группы геохимических ассоциаций, где наиболее контрастный компонент - кремнезем (КК 5-12). При приближении к промышленной зоне в ассоциациях группы после SiO<sub>2</sub> отмечаются такие компоненты как NH<sub>4</sub> (К<sub>к</sub> 4.4), U (К<sub>к</sub> 3,5), F(3,5), что также говорит о влиянии техногенного загрязнения на обширных площадях, удаленных от промышленной зоны. В целом аномалии как в твердой фазе, так и фильтрате снеговой воды имеют сходное расположение с максимальными контрастностями элементов вблизи промышленной зоны и менее контрастными на периферии в сельскохозяйственных районах.

Кроме пыледымовых выбросов промышленных предприятий и ТЭЦ, выявленных снегогеохимической съемкой, свой вклад в загрязнение поверхностных вод вносят сточные воды. Их сброс последних в верхнем участке р. Ангары достигает 0,6 км<sup>3</sup>/год или около 60% загрязненных стоков всего бассейна реки [14], а доля участия в загрязнении р. Ангары четырех городов – Иркутска, Ангарска, Усолья-Сибирского и Шелехова составляет 99%. Если для истока Ангары и Иркутского водохранилища характерно высокое качество воды, т.к. в формировании их гидрохимического состава главную роль играют чистые воды Байкала, то уже в 50 км ниже г. Иркутска, в створе г. Ангарска вода р. Ангары загрязнена до такой степени,

что традиционные схемы водоочистки на водозаборах с трудом доводят ее качество до нормативов питьевой воды. Еще более загрязненной подходит вода р. Ангары к г. Усолье-Сибирское, в связи с чем водоснабжение города все в большей мере осуществляется из водозабора на р. Белой, а не из ангарского водозабора. При этом, АО «Усольехимпром» является крупнейшим в Сибири источником сбросов высокотоксичной металлической ртути, которая поступает в Братское водохранилище.

Таким образом, при решении вопросов водообеспечения в Верхнем Приангарье, как уже отмечалось раньше, ключевое значение приобретает проблема не количества, а качества поверхностных вод при все возрастающем снижении самоочищающей способности р. Ангары на всем ее протяжении, включая Братское и Усть-Илимское водохранилища.

Парадоксально, но факт, что на территории полигона, где находится уникальное хранилище пресной воды оз. Байкал, часть населения испытывает недостаток в качественной питьевой воде.

На территории Байкальского полигона в илистой фракции донных отложений выделено 18 ассоциаций химических элементов «рудной группы». В каждой ассоциации максимальное концентрирование первого (ведущего) элемента колеблется в пределах от 1,9 до 10,7. Количество рудных элементов, в которых среднее содержание превышает кларк, в каждой ассоциации колеблется в пределах от 4 до 20. Максимальное число таких элементов в урановой, минимальное – в свинцовой ассоциации.

Многолетние исследования динамики состояния и уровня загрязнения донных отложений оз. Байкал в районе сброса сточных вод БЦБК показали, что для озера характерны существенные особенности распределения и концентрирования бенз(а)пирена и полициклических ароматических углеводородов [15].

Из-за огромных размеров, уникальной глубины (до 1642 м) и рифтогенеза Байкал по многим характеристикам можно рассматривать как модель ранней стадии формирования океана. Специфически «океанической» является широко представленная в осадках озера стадия окислительного диагенеза. Водная толща Байкала обогащена кислородом, кислород проникает в донные отложения, и поверхностные осадки окислены на большей части дна. Мощность современной окисленной зоны в пелагиали составляет около 5 см, в некоторых районах озера до 10—15 см, в отдельных случаях более 20 см. В окисленных отложениях происходит интенсивное диагенетическое накопление железа и марганца, которое ведет к образованию вторичных форм их концентрирования в виде Fe- и Mn-прослоев, Fe-Mn корок и конкреций [16].

Послойное изучение иловой залежи может дать представление о времени поступления материала в осадок. Сопряженные графики распределения концентрации  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{210}\text{Pb}$

позволяют определить возраст осадка, если соблюдаются следующие предположения: поток  $^{210}\text{Pb}$  в осадки постоянен; скорость осадконакопления не меняется; постседиментационной миграции  $^{210}\text{Pb}$  не происходит.

Особенность распределения радиоцезия в усредненных вертикальных разрезах донных отложений озер Сибири заключается в увеличении концентрации  $^{137}\text{Cs}$  к верхним интервалам, начиная с глубины 20—35 см, которая, согласно графику (Рисунок 1.1) распределения  $^{210}\text{Pb}$ , соответствует началу ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне. Такое распределение радиоцезия можно объяснить, с одной стороны, тем, что осаждающийся на дно детрит, неорганические частицы и остатки отмирающей биомассы увлекают с собой на дно попавшие в водоем радионуклиды. Одновременно идет постоянное перераспределение на границе вода—дно и новое накопление корнями водных растений и бентосом. Отмирание биомассы сопровождается возвращением радиоцезия в донные отложения. С другой стороны, основная масса  $^{137}\text{Cs}$  сконцентрирована в верхнем дерновом слое почв, и при его разрушении (распахивание, вытаптывание травы, пожары) происходит вторичное загрязнение осадков в результате привноса с площадей водосбора. Только на протяжении последних 20 лет (верхние горизонты от 0 до 8 см) в большинстве случаев происходит выравнивание и даже уменьшение поступления  $^{137}\text{Cs}$  в донный осадок относительно предыдущих десятилетий

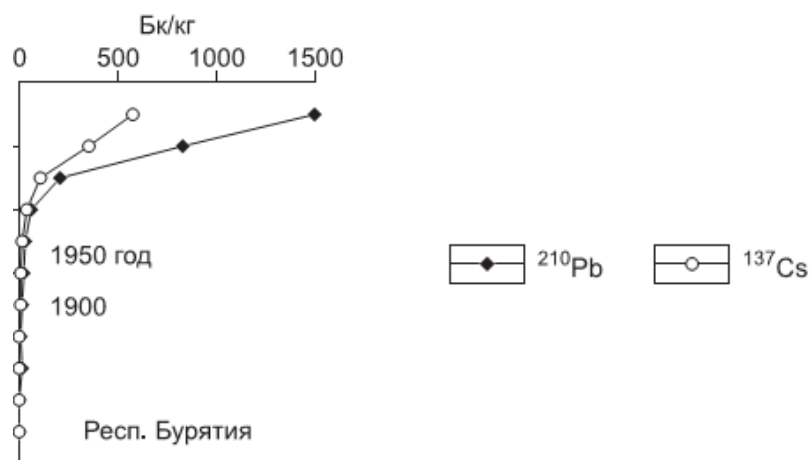


Рисунок 1.1— Вертикальное распределение усредненных концентраций  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) и  $^{210}\text{Pb}$  (Бк/кг) в разрезах донных осадков оз. Байкал [17]

Для урана во многих озерах Байкальского региона отмечается пик максимальной концентрации на глубине около 20 см. Возможно, это связано с максимальной активностью в 1950—1960-х гг. разработки урановых месторождений Забайкалья [17].

### 1.2 Геохимические особенности термальных источников Байкальского региона

Байкальская рифтовая зона (БРЗ), в которой широко развиты гидротермы разного состава, — крупнейшая на территории Евразии и вторая по размерам на суше, располагается

на границе докембрийской Сибирской платформы и Забайкальской складчатой области. Линейная система рифтовых структур протягивается на 2500 км из Северо-Западной Монголии через горные сооружения Восточной Сибири до Южной Якутии, описывая дугу общего северо-восточного простирания. Система включает озерные и сухопутные межгорные впадины, расположенные или по линии простирания одна за другой, или кули-сообразно [18]. В пределах этой территории ранее выделялся повышенный кондуктивный тепловой поток, но в последнее время появились данные о том, что региональные средние кондуктивные теплопотери БРЗ не выделяют ее в территорию с аномальным тепловым потоком [19].

БРЗ отличается от окружающих территорий широким распространением в горных породах глубоко проникающих разрывных нарушений, сформировавшихся в результате рифтовых процессов. Они заполнены водой, которая, по данным электрометрического мониторинга, может проникать до глубин 12—15 км. В открытых разломах сформировались конвективные гидротермальные ячейки, что привело к интенсивному прогреву пород в их восходящих ветвях.

В пределах БРЗ по газовому составу выделяются три типа гидротерм: азотные, углекислые и метановые. Места их разгрузки пространственно разобщены. Азотные термы располагаются в основном в центральной и северо-восточной частях рифта, углекислые — в юго-западной, метановые — в центральной. В последние годы нами и другими исследователями [20] путем использования современных высокоточных методов анализа получен новый фактический материал по химическому, изотопному и газовому составам азотных терм.

Несомненно, одним из самых важных факторов формирования химического состава терм является степень взаимодействия воды с горными породами, которая в значительной степени определяется временем их контакта, т.е. промежутком между проникновением воды в горные породы и выходом ее на поверхность. Имеющиеся абсолютные датировки возраста трещинно-жильных вод, разгружающихся в пределах БРЗ, определенные разными методами, дают разброс значений от нескольких десятков лет [21] до десятков тысяч лет [22]. Это связано с разной степенью разбавления гидротерм поверхностными водами. Не вдаваясь в подробный анализ этой проблемы, констатируем, что в определении степени взаимодействия воды с породой абсолютные определения возраста в настоящее время не дают достоверной информации. Поэтому в сравнении гидротермальных систем по этому параметру мы опирались на размеры их конвективных ячеек, предполагая, что, чем больше размер конвективной ячейки гидротермальной системы, тем длительнее вода находится в контакте с горной породой и, соответственно, имеет большую степень взаимодействия с горной породой. Температура водных растворов также оказывает значительное влияние на химический состав



терм, так как при нагревании ускоряются реакции взаимодействия воды с горными породами, и в раствор начинают интенсивно поступать продукты гидролиза алюмосиликатов и одновременно ускоряется высаживание карбонатов из растворов. На направленность трансформации химического состава растворов, на наш взгляд, большое влияние оказывает градиент изменения температуры. При резком изменении температуры определяющую роль в трансформации состава играют реакции, протекающие в растворе, а при медленном — реакции взаимодействия воды с горной породой.

Геохимический облик пород территории, в пределах которой формируются ресурсы терм, несомненно, оказывает влияние на их химический облик. В основной массе на территории БРЗ сейчас распространены однотипные интрузивные, метаморфические породы. Но геологическая история региона не ограничивается формированием только этих пород, сохранились геохимические следы существования Баргузино-Витимского океанического бассейна и сопряженных с ним Келянской и Метешихинской островодужных систем, наблюдается значительное геохимическое разнообразие в пределах глубоко проникающих разрывных нарушений, сформировавшихся в период образования Саяно-Байкальского складчатого пояса [23]. Эти древние геологические образования и связанные с ними геохимические перераспределения вещества влияют на химический облик современных поверхностных и подземных вод.

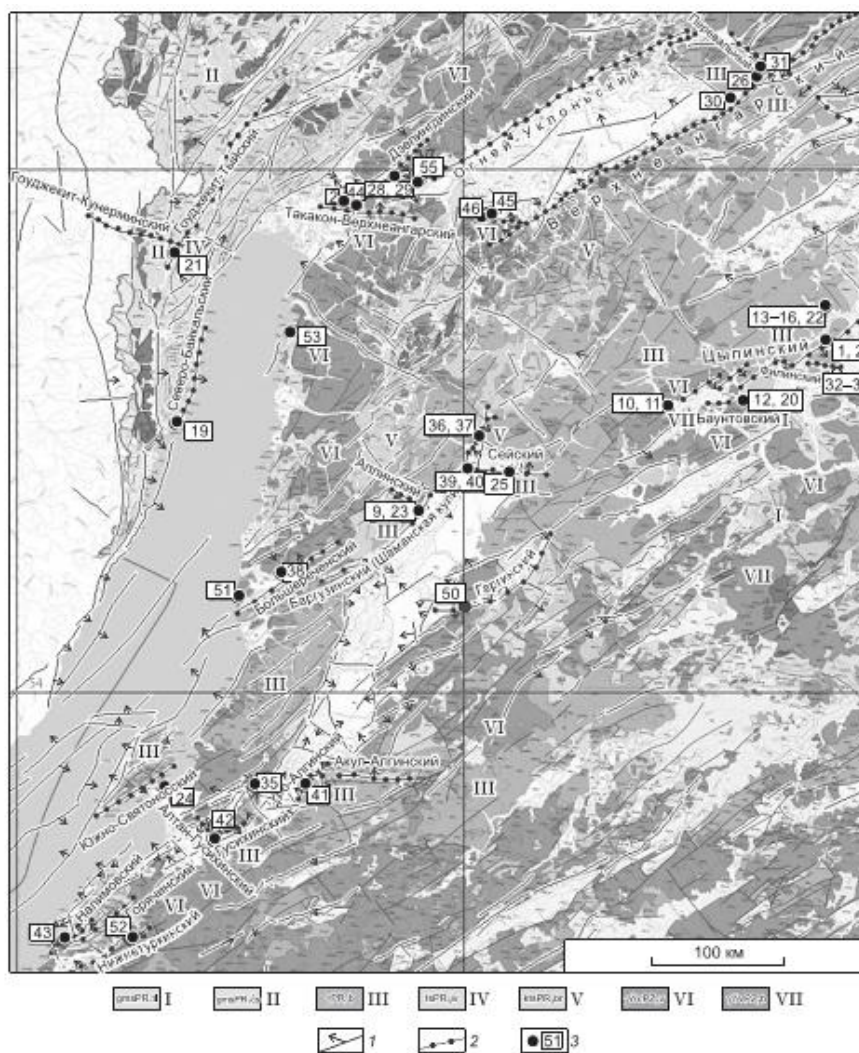


Рисунок 1.2 – Геологическая карта северо-восточной части БРЗ с проявлением азотных гидротерм [24]\*

\*Протерозой: гнейсомигматит-амфиболитовая, гнейсомигматит-кристаллосланцевая, карбонат-кварцит-мигматит-гнейсовая: I — талалинская свита; II — чуйская толща; гранитогнейсовая. Плутонометаморфический комплекс: III — баргузинский комплекс; терригенно-зеленосланцевая, железистая: IV — иловирьская свита; карбонатно-терригенно-сланцевая: V — баргузинская свита. Палеозой: плагиогранит-гранодиорит-диоритовая: VI — витимканский комплекс; гранит-гранодиорит-габбродиоритовая: VII — бичурский комплекс. 1— направление падения сбросов; 2— разломы, в пределах которых наблюдаются выходы терм. 3— термальные источники: 1 — Бусанский-1; 2 — Бусанский-2; 9 — Аллинский-1; 10 — Точинский-1; 11 — Точинский-2; 12 — Баунтовский-1; 13 — Могойский-1; 14 — Могойский-2; 15 — Могойский-3; 16 — Могойский-4; 19 — Котельниковский; 20 — Баунтовский-2; 21 — Солнечный; 22 — Могойский-5; 23 — Аллинский-2; 24 — Кулиные Болота; 25 — Сеюйский; 26 — Сартинский; 27 — Корикийский; 28 — скв. Дзелинда; 29 — Дзелиндинский; 30 — Верхнеангарский; 31 — Ангаркан-Сартинский; 32 — Шуриндинский-1; 33 — Шуриндинский-2; 34 — Шуриндинский-3; 35 — Толстихинский; 36 — Умхэйский-1; 37 — Умхэйский-2; 38 — Большереченский; 39 — Кучигерский-1; 40 — Кучигерский-2; 41 — Алгинский; 42 — Гусихинский; 43 — Горячинский; 44 — Теплый Ключ; 45 — Ирканинский; 46 — Ирканинский-2; 50 — Гаргинский; 51 — Давшинский; 52 — Золотой Ключ; 53 — Хакусский; 55 — Змеиный. Источники № 3—8, 17—18, 47—49, 54 находятся за пределами данной карты

### *1.3 Радиогеохимические исследования на территории Байкальского региона*

#### *1.3.1 Естественные радионуклиды в природных средах Байкальского региона*

*Уран.* На территории Байкальского региона в коренных породах установлено несколько площадных аномалий урана размерами от 18x15 км (270 км<sup>2</sup>) до 95x20 (1900 км<sup>2</sup>). Из них 4 аномалии в Юго-Западном Забайкалье и 6 - в западном Прибайкалье, включая Сибирскую платформу.

Первая аномалия с содержанием урана  $(3-15) \cdot 10^{-4}\%$  размером 30x30 км находится в 40 км юго-восточнее г. Улан-Удэ, имеет изометрическую форму и приурочена к субщелочным гранитам витимканского комплекса. Эти граниты находятся на Цаган-Дабанской площади, перспективной на выявление уран-молибденовой минерализации. Здесь известно Брянское месторождение молибдена и ряд рудопоявлений урана. Вторая аномалия  $(3-20) \cdot 10^{-4}\%$  размером 40x30 км находится в 35-40 км юго-западнее г. Улан-Удэ и соответствует известному Жарчихинскому редкометальному рудному узлу. Она тяготеет к сиенитам и щелочным гранитам куналейского комплекса. Третья аномалия урана  $(3-20) \cdot 10^{-4}\%$  размером 85x40 км приурочена к центральной части хребта Хамар-Дабан и является продолжением второй аномалии в западном направлении, находится между городами Бабушкин и Гусиноозерск. Она приурочена к субщелочным гранитам и гранодиоритам джидинского, а также сиенитам и щелочным гранитам куналейского комплексов известного Удунгинского ураново-рудного узла, входящего в Таширский урановорудный район. Четвертая аномалия  $(3-15) \cdot 10^{-4}\%$  расположена в районе пос. Усть-Баргузин. Повышенные содержания урана отмечены в субщелочных гранитодах витимканского комплекса. Пятая аномалия  $(3-5) \cdot 10^{-4}\%$  протягивается вдоль берега Байкала между поселками Листвянка и Култук и связана с архейскими гранитоидами китойского комплекса.

В Западном Прибайкалье первая аномалия урана  $(3-7) \cdot 10^{-4}\%$  размером 95x20 км, приурочена к Байкальскому хребту и протягивается от мыса Елохина до мыса Анютка. Она приурочена к вулканогенно-терригенным образованиям иликтинской свиты и сланцево-алевролитово-песчаниковым образованиям качергатской свиты. Пространственно аномалия тяготеет к известной Прибайкальской полиметаллической провинции. Вторая аномалия  $(3-5) \cdot 10^{-4}\%$  размером 20x10 км, находится вблизи Малого моря в районе летника Улан-Хану. Она приурочена к гранитам приморского комплекса с редкометальной специализацией. Третья аномалия  $(3-5) \cdot 10^{-4}\%$  размером 20x10 км находится в Приморском хребте между пос. Большое Голоустное и Большие Коты. Аномалия приурочена к гранитам приморского комплекса и карбонатно-кварцево-песчаниковым образованиям рифея. Четвертая аномалия  $(3-5) \cdot 10^{-4}\%$ , размером 15x10 км, находится в северной части о. Ольхон и приурочена к карбонатно-кристаллосланцево-гнейсовой толще култукской свиты.

В пределах Сибирской платформы выделено несколько аномалий урана ( $3-5 \cdot 10^{-4}\%$ ). Одна из них размером  $18 \times 15$  км, находится в 14 км северо-западнее г. Черемхово. Она тяготеет к сероцветным алеволито-конгломерато-песчаниковым отложениям черемховской свиты юрского возраста и приурочена к одному из проявлений бурого угля. Другая аномалия расположена к востоку от г. Ангарска, перспективность ее остается не ясной. Таким образом, выявлены аномалии урана, соответствующие известным рудоносным площадям. Несколько новых аномальных участков имеют неустановленную природу, перспективы которых еще предстоит изучить.

В донных отложениях (илистая фракция – 0,18 мм) концентрации урана колеблются от  $< 0,2$  г/т до 61,4 г/т, при среднем – 2,7 г/т. В пределах полигона выделено три аномальных площади: первая — Западный берег оз. Байкал (площадь  $65 \times 340$  км, содержание от 3 до 60 г/т), от Б. Голоустного до мыса Елохин. Максимумы концентраций прослежены в районе мыса Араг (60 г/т), мыса Елохин (10 г/т), по р. Бугульдейка и у деревни Курма (20 г/т), а также на ряде локальных участков (от 3 до 10 г/т) в пределах Сибирской платформы (дер. Олой, СЗ пос. Оса, севернее п. Нукуты и в районе пос. Качуг). Вторая аномальная площадь более 10 тыс. км<sup>2</sup> ( $260 \times 40$  км), протягивает от левобережья р. Селенги до приустьевой части р. Баргузин (содержание от 3 до 20 г/т) с максимумами севернее и юго-западнее г. Улан-Удэ). В пределах третьей аномальной площади в юго-западной части полигона выделено три локальных участка с содержанием урана 3-10 г/т (западнее г. Ангарска, в бассейне р. Белой и в районах п. Култук и Выдрино). Природа первых двух аномальных площадей обусловлена повышенным содержанием урана в коренных породах, а третьей – не известна.

В пойменных почвах рассматриваемой территории содержание урана колеблется в пределах  $(0,1-307) \cdot 10^{-4}\%$ . Практически вся прибрежная часть (северо-западная, северная и юго-восточная) оз. Байкал имеет повышенные содержания урана в почвах — от 2,1 до  $7,0 \cdot 10^{-4}\%$ , что составляет от 1,5 до 3 и 5 фонов (или от 0,8 до 2 ПДК, ПДК равно  $3,2 \cdot 10^{-4}\%$ ). Такие же содержания характерны для левобережной полосы р. Ангары — от г. Ангарска до г. Зимы. Наиболее высокие концентрации отмечены в аллювиальных почвах — от 10 до 241 фонов (или от 4 до 100 ПДК) и зафиксированы между левобережьем р. Селенга и оз. Байкал. Локальные участки с содержанием от  $7,0$  до  $14,0 \cdot 10^{-4}\%$  установлены на северо-западном побережье оз. Байкал. Аналогичное, или близкое распределение содержаний урана характерно для делювиальных горизонтов А и В.

Подобное распределение урана в аллювиальных и делювиальных почвах обоих горизонтов. Сопоставление полученных данных с распределением содержания урана в коренных породах дает основание предположить двойственную генетическую природу аномалий урана в почвах.

Обрамление оз. Байкал представлено Байкало-Джугджурским и Восточно-Саянским гольцовым горнотундровым и горнотаежными типами ландшафтов, развитыми на архейско-протерозойских и, в меньшей мере, кембрийских толщах, имеющих, как правило, повышенные содержания урана. Кроме того, в пределах юго-восточной части площади известна ураноносная провинция. Таким образом, на большей части обрамления оз. Байкал аномалии урана в почвах обусловлены, очевидно, природными условиями региона. Вместе с тем, в северной части территории на участках отсутствия урана в коренных породах не исключены и техногенные аномалии.

В западной части полигона в пределах Южно-Сибирских и Северо-Сибирских равнинно-плоскогорных типов ландшафтов, развитых на юрских осадочных образованиях, повышенные концентрации урана в почвах в полосе г.Ангарск - Зима могут быть связаны с Черемховским угольным бассейном.

Этот вывод подтверждается сопоставлением характера распределения урана в почвах рассматриваемых генетических типов. Если в аллювиальных почвах на данной территории установлены повышенные содержания, то в делювиальных почвах и особенно такие аномалии отсутствуют. Следовательно, техногенные аномалии урана концентрируются только в верхнем горизонте почв и преимущественно в аллювиальных почвах, куда сносится уран со значительной площади региона.

В речных водах на территории Байкальского полигона максимальная концентрация урана составляет  $5 \times 10^{-4}$  г/дм<sup>3</sup>, при среднем значении  $1,49 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>, что в три раза выше среднего содержания урана в воде оз. Байкал ( $0,42 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>).

В Институте геохимии СО РАН совместно с ПГО «Сосновгеология» были проведены специальные исследования по изучению геохимии и изотопного состава урана в воде рек и оз. Байкал [25]. Результаты этих работ сводятся к следующему. Содержания урана установлены в водах 72 наиболее крупных рек бассейна озера (реки Селенга, Баргузин, Верх. Ангара, Кичера и др.), составляющих более 90% водного стока и играющих в гидрохимическом балансе Байкала доминирующую роль. Среднее содержание растворенного урана в воде изученных рек составляет  $0,36 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>, что близко к среднему значению из 75 анализированных проб воды оз. Байкал ( $0,42 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>) и ниже аналогичной величины для рек мира –  $0,55 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>. Разброс содержаний урана составил от 0,02 до  $1,92 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>. Содержания урана, превышающие  $0,2-0,5 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup> зафиксированы в водах рек, бассейны водосбора которых сложены гранитоидами или метаморфическими породами с повышенным содержанием урана. Наиболее обогащена ураном вода р. Селенги ( $1,3 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>), а также рек Анги ( $1,29 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>), Бугульдейки ( $0,87 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>) и р. Солнце-Падь ( $1,77 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>).

Содержание урана в других притоках Байкала колеблется от 0,04 до  $0,59 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup> (р. Баргузин).

*Торий.* Распределение тория в коренных породах Байкальского региона наглядно отражает отмеченные общие закономерности его поведения в различных породах. На карте отчетливо выделяются области повышенных и пониженных содержаний тория в зависимости от особенностей геологического строения данного региона и состава слагающих его магматических и осадочных пород. Пониженные относительно фона содержания тория характерны для карбонатно-терригенных отложений Сибирской платформы. Фоновые и несколько выше фона содержания тория характерны для терригенных угленосных пород Иркутского бассейна (присаянская, черемховская, байкальская свиты). Область повышенных содержаний тория в коренных породах отмечена на всем протяжении по периметру Байкала, где она связана с субщелочными и щелочными гранитоидными породами различных комплексов и возрастов. Некоторые участки относительно высоких концентраций тория являются аномальными ( $26-60 \times 10^{-4}$  % и более) и представляют научный и практический интерес.

Повышенные концентрации тория  $(836-1474) \times 10^{-6}$  % в донных отложениях приурочены к северо-западному и юго-восточному обрамлению оз. Байкал, а также западнее г. Усолье-Сибирское и Черемхово. Среди этих аномальных полей наиболее высокие содержания ( $>2267 \times 10^{-6}$  %) образуют локальные пятна в районе г. Шелехово и северо-восточного обрамления оз. Байкал.

Расположение аномальных полей тория во всех типах почв аналогично таковым урана и их распределению в коренных породах. Максимальные содержания тория образуют поля вдоль северо-западного и юго-восточного обрамления оз. Байкал, а также в районах истока р. Ангара, г. Зима и Усть-Ордынск.

В речных водах бассейна Байкала и воде самого озера среднее содержание тория составляет  $0,022 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup> (метод ISP-MS), а воде рек Анга, Утулик, Верх. Ангара, Холодная Большая, Давша и Фролиха, стекающих как с западного, так и с северо-восточного побережья озера, колеблется от 0,004 до  $0,02 \times 10^{-6}$  г/дм<sup>3</sup>. При этом изотоп  $^{230}\text{Th}$  преобладает над  $^{232}\text{Th}$ , что свидетельствует о более активной растворимости  $^{230}\text{Th}$  относительно  $^{232}\text{Th}$ , по аналогии с  $^{234}\text{U}$ .

### 1.3.2 Загрязнение искусственными радионуклидами

*Цезий.* Проблема загрязнения верхней оболочке земли радионуклидами является одной из важнейших проблем геохимии окружающей среды. Наблюдения за извержениями вулканов свидетельствуют, что выбросы пепла при крупных извержениях распространяются на огромные расстояния в течении суток, охватывая в дальнейшем практически весь земной шар

[26]. В случае антропогенных источников, следы глобального и регионального переноса, пожалуй, наиболее наглядно проявляются на примере радионуклидов. В частности, в Прибайкалье, где нет существенных собственных источников выброса радиоактивных продуктов в атмосферу, ранее были установлены повышенные относительно глобального фона выпадения  $^{137}\text{Cs}$ .

Удельные активности  $^{137}\text{Cs}$  в гумусовом горизонте почв Байкальского региона меняются более чем на два с половиной порядка. Причем доля образцов с аномальными значениями, превышающими региональный фон в 3 и более раз, составляет не менее 45%. Их основная масса сосредоточена в полосе, протягивающейся от северной оконечности озера Байкал вдоль Байкальского и Приморского хребтов на юго-запад до поселка Кырен и далее вдоль южного и восточного побережья Байкала.

*Плутоний.* На сегодняшний день, в Мире накоплен значительный материал по активности радиоцезия ( $^{137}\text{Cs}$ ), в меньшей мере радиостронция ( $^{90}\text{Sr}$ ) в почвах. Значительно меньше, особенно в России, есть информации по альфа-излучающим радионуклидам (Pu, Am) в почвах, которые, в силу своих ядерно-физических свойств, будут представлять основную радиозэкологическую опасность в будущем.

В районе Прибайкалья существенное превышение глобального уровня плутония в почвах (2,77/0,41-6,47 Бк/кг) обусловлены спецификой выпадения атмосферных осадков в высокогорном хребте, находящемся на пути движения радиоактивных облаков, движущихся с Семипалатинского полигона [27]. Средний глобальный уровень активности плутония в почвах Сибири оценивается на уровне 0,2-0,4 Бк/кг [28,29].

## 2 Общая характеристика района исследований

Район исследований расположен на территории республики Бурятия и охватывает Баргузинский и Северобайкальский районы. Южная граница территории проходит по автодороге Максимиха – Усть - Баргузин, западная – побережье оз. Байкал, восточная - Баргузинский хребет, северная граница совпадает с северной границей Баргузинского государственного природного биосферного заповедника (Рисунок 2.1). Крупные населённые пункты – пгт. Усть-Баргузин, п. Баргузин.

Государственный природный биосферный заповедник «Баргузинский» - старейший в России. Он организован в 1916 году для спасения от уничтожения баргузинского соболя. Заповедник расположен на северо-восточном побережье Байкала, занимая западные склоны Баргузинского хребта (Северобайкальский район Республики Бурятия). Его северная граница проходит в двух километрах южнее устья р. Шегнанда. На юге заповедник непосредственно граничит с Забайкальским национальным парком в районе водораздела с р. Громотухой, Восточная граница проходит по главному гребню Баргузинского хребта. Западной границей служит берег Байкала с прилегающей трехкилометровой акваторией озера.

В настоящее время общая территория заповедника (374 322 га) состоит из строго охраняемого «ядра» (263 176 га) и буферного «биосферного полигона» (111 146 га), где допускается регламентированная добыча животных в научных целях.

В 1986 году Баргузинскому заповеднику присвоен статус биосферного, а в 1996 году он в составе природного объекта «Озеро Байкал» включен в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Забайкальский национальный природный парк образован постановлением Правительства РСФСР от 12 сентября 1986 года № 401 на территории Республики Бурятия с целью сохранения уникального природного комплекса бассейна озера Байкал. Он является одним из немногих национальных парков России, которые полностью отвечают рекомендациям ЮНЕСКО, предъявляемым к этой категории особо охраняемых природных территорий. Расположен на восточном побережье озера Байкал, в центральной части Республики Бурятия, на территории Баргузинского района. На севере к границе национального парка примыкает территория Баргузинского государственного природного биосферного заповедника.

Площадь Забайкальского национального парка составляет 269,1 тыс. га, из которых 37 тыс. га (13,8%) - акватория озера Байкал.

Территория парка охватывает западный макросклон Баргузинского хребта, горный массив полуострова Святой Нос, Ушканьи и Чивыркуйские острова, акваторию Баргузинского



и Чивыркуйского заливов. Территория национального парка поделена на зоны с различным режимом охраны и использования территории: зона заповедного режима; зона регулируемого рекреационного и хозяйственного использования; зона обслуживания посетителей и зона с режимом птичьего заказника.

Зона заповедного режима разбита на несколько участков и включает в себя территорию к северу от реки Большой Чивыркуй до границы с Баргузинским заповедником, северную часть п-ва Святой Нос от мыса Змеевого и южную часть от мыса Осиновый, а также Ушканьи острова и острова Чивыркуйского залива. Зона заповедного режима в акватории занимает участки Чивыркуйского залива у острова Бакланий и бухты Онгокон, Фертик, Молодость на п-ове Святой Нос к северу от мыса Змеевый. Всякая рекреационная деятельность здесь запрещена.

Зона с режимом птичьего заказника расположена на Чивыркуйском перешейке. Создана с целью охраны водоплавающих и водно-болотных птиц. Здесь допускается ограниченная рыбохозяйственная деятельность, регулирование численности ондатры, ограниченный орнитологический туризм.

Зона регулируемого рекреационного и хозяйственного использования занимает южную часть Баргузинского хребта от реки Большой Чивыркуй, среднюю часть п-ова Святой Нос, Чивыркуйский и Баргузинский заливы. Здесь разрешена туристическая и ограниченная хозяйственная деятельность, строительство объектов рекреационного назначения.

В зоне обслуживания посетителей, на таких издавна используемых человеком участках территории как Глинка, Большой Чивыркуй, Монахово предусматривается строительство небольших точек туристического сервиса.



Рисунок 2.1 – Карта-схема расположения района исследований\*

\* 1 – Баргузинский заповедник, 2 – Забайкальский национальный парк, 3 – окрестности пос. Усть-Баргузин и Максимиха

### 2.1 Климат

Северо-восточное побережье Байкала отличается суровым континентальным климатом с некоторыми специфическими особенностями. Резко выраженные черты восточно-сибирского климата здесь сочетаются с элементами морского, возникающими вследствие близости гигантского пресного водоема. Влияние Байкала особенно ощутимо летом и осенью.

Условия формирования метеоусловий озерных котловин, подобных байкальской, настолько своеобразны, что их климат ученые рассматривают как особый озерный или лимноклимат. Колоссальный объем байкальской воды смягчает континентальность и способствует возникновению на побережье своеобразных микроклиматических условий. По сравнению с соседней сушей зимой на побережье Байкала температура воздуха выше на 5-8 °С, а летом ниже на 4-6 °С. Заметно сглажены суточные и годовые амплитуды температур. Баргузинский заповедник - самый холодный район на всем байкальском побережье. Среднегодовая температура воздуха в п. Давша - 3,7 °С. По основным климатическим показателям этот район близок к северному охотскому побережью.

Зима начинается в конце октября, а регулярные оттепели отмечаются лишь в первой декаде апреля. Из приблизительно 134 мм зимних осадков около 80% выпадает до января, в основном до ледостава на Байкале. Высота снегового покрова на прибрежных равнинах колеблется от 39 до 72 см, составляя в среднем 52 см. В горно-лесном поясе она изменяется от 62 до 103 см. В среднем здесь выпадает около 84 см. В субальпийском поясе высота снегового покрова 121-189 см (в среднем около 162 см). В альпийском поясе выпадает от 158 до 246 см снега, но лежит он здесь очень неровно. Периодически шквалистые ветры сдувают снег с вершин хребтов и откладывают в ветровой тени. К весне колоссальные массы спрессованного снега мощными лавинами срываются с крутых склонов, сметая все на своем пути, перекрывая горные речки.

В некоторых местах, например, в истоках Большой речки, снежные мосты сохраняются до конца лета. В холодный период года северо-восточное побережье Байкала находится под влиянием восточно-сибирского антициклона, благодаря которому в середине зимы в заповеднике преобладает ясная солнечная погода с очень малым количеством осадков и сильными морозами. Переход от снегопадов к холодам обычно совпадает с ледоставом на Байкале, средняя дата которого обычно приходится на первые числа января.

Весна в Северо-Восточном Прибайкалье, как правило, вялая и холодная. Весенние заморозки возможны в течение всего июня. Лед на Байкале у берегов заповедника исчезает в первой декаде июня. С низкой температурой воды в Байкале связаны частые туманы, которые появляются после каждого дождя в начале лета. В течение короткого лета иногда возможны заморозки. Ни один летний месяц не гарантирован от заморозков, тем более что удаленные от Байкала районы заповедника отличаются значительно большей континентальностью и более резким перепадом суточных температур, чем побережье.

Среднегодовое количество осадков на побережье колеблется от 304 до 625 мм и составляет в среднем 414,9 мм. Минимальные осадки характерны для февраля и марта. В апреле, с середины до конца месяца, с периодичностью 5-6 лет повторяются обильные снегопады. В мае и июне обычно осадков мало, хотя в отдельные годы их отмечалось до 100 мм. Наибольшее количество дождей приходится на июль и август. Осенью их значительно меньше. Максимум осадков в виде снега выпадает в декабре и конце ноября. Причем в этот период до 10-15 % годовой суммы осадков дает Байкал в виде снега, в который трансформируется пелена тумана, возникающая при «парении моря». В январе, после ледостава, поступление влаги с озера практически прекращается.

Северо-восточное побережье Байкала имеет самую высокую среднюю относительную влажность воздуха в регионе (77,1%). На территории заповедника средняя относительная влажность имеет наибольшие значения в июле-августе (82,7-82,5 %) и декабре-январе (78,9

%). Минимальная относительная влажность отмечается в апреле и октябре (70,3-71,9 %). Среднегодовая максимальная скорость ветра в районе заповедника - 4,9 м/сек.

Ветровой режим на Северо-Восточном побережье Байкала формируется в результате сложного взаимодействия общей и местной циркуляции воздушных потоков. В течение всего года преобладают северо-восточные и юго-западные направления ветра. В холодный сезон чаще регистрируются северо-восточные, а в теплый — юго-западные ветры. Штилевая погода наиболее характерна для января и июля. Особенно сильные ветры отмечаются осенью и в начале зимы (ноябрь-декабрь), а также весной, в апреле. Дни без ветра вблизи Байкала составляют около 19 % в году. Около 57 % штормовых ветров приходится на период с октября по декабрь. Это сезон самой ненастной и неустойчивой погоды на Северо-Восточном побережье.

Весной и летом колоссальная масса байкальской воды действует как гигантский холодильник. Фенофазы развития растений на побережье на 10-15 дней запаздывают по сравнению с местностью, удаленной от озера на один или несколько километров. В те дни, когда над холодной поверхностью Байкала клубится туман от недавно прошедшего дождя, всего лишь в нескольких километрах от побережья светит яркое солнце. В жаркие летние дни середины лета температура воздуха вблизи Байкала обычно на 8-10° ниже, чем в глубинных районах заповедника. Осенью, напротив, километрах в десяти от озера уже начинаются относительно регулярные заморозки и может выпасть достаточно обильный снег. В это же время у побережья нередко отцветают последние осенние цветы. Амплитуда суточных колебаний температуры на побережье значительно меньше, чем вдали от него. Это примеры термического влияния Байкала на окружающую сушу.

На побережье значительно больше ветреных дней. Скорость ветра обычно падает по мере удаления от Байкала. Увлажняющий эффект озера не столь велик, как можно было бы ожидать от столь огромного водоема. Наиболее масштабно он проявляется в увеличении количества зимних осадков за счет парения моря [30,31].

Территория Забайкальского национального парка относится к среднебайкальскому восточному климатическому району и характеризуется континентальным климатом с холодной продолжительной зимой и теплым, иногда засушливым летом. На климат прибрежной части смягчающее воздействие оказывает Байкал.

Средняя температура января  $-18^{\circ}$ - $-19^{\circ}$ С, июля  $+12^{\circ}$   $+14^{\circ}$  С. В горах среднеянварская температура понижается до  $-23^{\circ}$ - $-25^{\circ}$ С, а местами, в межгорных понижениях, до  $-27^{\circ}$  С. В межгорных понижениях максимальные среднеиюльские температуры до  $+18,5^{\circ}$  С. Абсолютный максимум  $+36^{\circ}$  С, абсолютный минимум  $-50^{\circ}$  С.

Вода в Байкале даже в самое жаркое время редко прогревается выше +14 °С. Среднегодовое количество осадков колеблется от 350 мм на побережье до 450 мм в горах. Преобладают западные и юго-западные ветры [31,32].

## *2.2 Геологическое и геоморфологическое строение*

В геологическом отношении территория вокруг Байкала – часть огромного контакта Сибирской платформы с Саяно-Байкальской горной областью. Здесь распространены метаморфические, осадочные и магматические породы от самых древних (архейских) до современных (кайнозойских). Сложные тектонические движения и метаморфизм существенно изменили первичную природу древнейших образований, поэтому процесс их познания сопровождается постоянной дискуссией.

Изучением байкальских обнажений занимались известные ученые П.С. Паллас, И.Г. Георги, Э.Г. Лаксман, А.Л. Чекановский, И.Д. Черский, А.Е. Ферсман, В.А. Обручев, М.М. Тетяев, Л.И. Салоп, Е.В. Павловский, Н.А. Флоренсов, М.М. Одинцов, Н.А. Логачев и многие другие. И ныне продолжается интенсивное накопление фактического материала практически во всех отраслях геологических знаний. В этом заслуга большого числа геологов-практиков и ученых Иркутска, Улан-Удэ, Новосибирска, Москвы и Санкт-Петербурга [33].

Активность геологических процессов и рифтовая система территории стали первым критерием ЮНЕСКО для отнесения в 1996 году озера Байкал к объектам всемирного природного наследия. Байкальская рифтовая зона (БРЗ) - крупнейшая на территории России и вторая по размерам на суше Земли (Рисунок 2). Ее общие черты [18] - морфологическая выразительность рифтовых структур, интенсивный неоген-четвертичный вулканизм (ныне угасший), значительные геофизические аномалии, высокая сейсмичность и другие признаки новейшей тектоники. БРЗ имеет сложную дорифтовую историю и структуру - высокую раздробленность позднеархейского фундамента, сложность плана байкалид, примыкание с юга раннекаледонской складчатой системы, наличие древних ультрабазитовых поясов, щелочных интрузий и т. д. Линейная система байкальских рифтовых структур протягивается на 2500 км, из Северо-Западной Монголии через горные сооружения Восточной Сибири до Южной Якутии. Система включает неравновеликие озерные и сухопутные межгорные

впадины (грабены), расположенные по линии простираения одна за другой или кулисообразно.

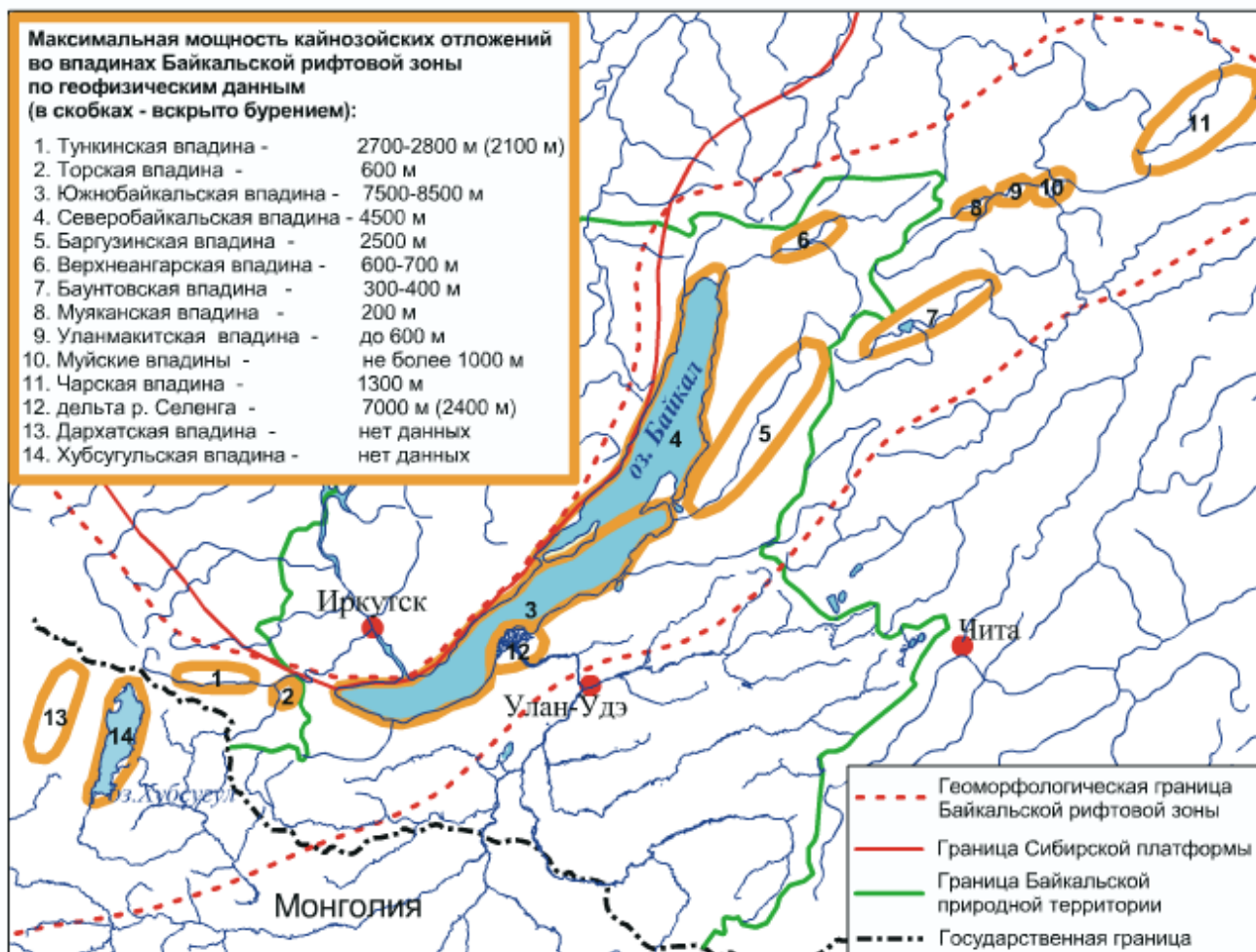


Рисунок 2.2 – Байкальская рифтовая зона [34]

Толща пресной, насыщенной кислородом байкальской воды, по сути является компонентом этой уникальной геологической системы. Состояние водного тела существенно обусловлено окружающей геологической средой и оказывает влияние на эту среду.

На территории Баргузинского заповедника распространены породы преимущественно гранитоидного состава. Также встречаются габбро, нориты, габбронориты. Во время Радиевой экспедиции в 1914 году П. Эсколем на территории п-ова Святой Нос (ныне принадлежащей к территории Забайкальского национального парка) впервые обнаружены святоноситы (андрадитовые сиениты). Их распространение крайне ограничено и Байкальский регион является крупнейшей и пока единственной в мире провинцией их широкого развития. Общим для массивов святоноситов является присутствие ранних меланократовых андрадитсодержащих апоалюмосиликатных метасоматитов или известковых скарнов с переходами от них через мезолитовые разности в единых телах к лейкократовым и мезократовым автохтонным и аллохтонным разновидностям. Только разности, имеющие явно интрузивные взаимоотношения и структурно-текстурный облик магматических пород,

сложенные калиевым полевым шпатом, гранатом гроссуляр-андрадитового ряда, плагиоклазом, пироксеном, иногда нефелином следует относить к святоноситам [35].

Заповедник относится к Прибайкальской горно-таежной провинции и Байкальской озерной котловине в составе Байкало-Джугджурской горно-таежной области. Основные формы современного рельефа Северо-Восточного Прибайкалья сложились в конце плиоцена и начале четвертичного периода, когда под влиянием тектонических движений земной коры произошло поднятие Баргузинского хребта и углубление впадины Байкала.

В четвертичном периоде Баргузинский хребет подвергался мощному оледенению, следы которого видны от побережья и даже дна Байкала до склонов на высоте около 1000 м над его уровнем. Ледники периодически наступали и отступали, сглаживая и трансформируя уже сложившийся рельеф. Особенно четко прослеживаются результаты деятельности первой, наиболее мощной фазы оледенения, когда ледники спускались до берегов Байкала. Три пояса конечных морен тянутся от берега озера до начала речных долин. Заключительная фаза оледенения оставила свои следы в виде каров на высоте не менее 850-1000 м над уровнем Байкала.

Баргузинский хребет - одна из самых мощных горных цепей, окаймляющих Байкал. Его протяженность около 300 км. Наибольшей высоты (2840 м над ур. м.) хребет достигает вблизи северной границы заповедника. Здесь же, в верховьях р. Большая, находится и максимальная высотная отметка для территории заповедника (2652 м над ур. м.).

На поперечном разрезе хребет резко асимметричен. Западный склон, на котором располагается Баргузинский заповедник, более (до 40 км) вытянут, чем восточный. На востоке к Баргузинской долине массив спускается круто и расстояние от главного водораздела не превышает 10-15 км. Центральная часть хребта имеет резко выраженные альпийские формы. Цепь острых зубчатых вершин, скалистые гребни и пирамидальные пики, большую часть года покрытые снегом, нередко обрываются отвесными стенами и уступами. Настоящих ледников на Баргузинском хребте нет, но местами на северных склонах толщи зернистого снега не успевают растаять за лето до наступления очередной зимы.

В заповеднике отчетливо выражена вертикальная поясность. Более 50% территории расположено выше 1250 м над ур. м. и относится к альпийскому (гольцовому) и субальпийскому (подгольцовому) поясам, 30% площади со средними высотами от 600 до 1200 м над ур. м. занимает горно-таежный пояс. Пояс прибрежных равнин (460-600 м над ур. м.) прослеживается не везде.

Возвышенности среднегорий представляют довольно сложную систему отрогов главного хребта, постепенно снижающихся к западу. На юге заповедника, где главный водораздельный гребень близко подходит к Байкалу, его отроги круто спускаются к озеру. В

центре и на севере заповедника орография значительно сложнее. Некоторые отроги подступают к озеру в форме байкальских мысов, круто или уступами падающих к воде. Есть платообразные возвышенности с ровной или волнистой поверхностью. Встречаются и изолированные от главного хребта горные массивы. На месте расколотых тектоническими движениями и опущенных участков плато простираются предгорные равнины с невысокими холмами и грядами моренного происхождения.

Главный хребет рассечен сложной системой глубоких долин с узкими скалистыми водоразделами. На крутых склонах - обломки скал, каменистые россыпи, эрозионные желоба.

Мощное четвертичное оледенение не сгладило зубчатые вершины Центральной части главного хребта, но тщательно отшлифовало склоны и предгорья вплоть до самого Байкала. Здесь представлены все характерные элементы ледникового ландшафта. Истоки рек начинаются в ледниковых цирках или карах, в которых часто встречаются озера. Местное название цирка - «двор». Практически все реки, бегущие со склонов главного хребта, текут в корытообразных, троговых долинах со скалистыми уступами (ригелями). Встречаются множество висячих Долин, обломочный материал, отложенный в моренах, отполированные льдом каменные глыбы и т.д. Все это сочетается с результатами современной деятельности талых и дождевых вод, селей, снежных лавин, обвалов и тому подобных процессов эрозии.

Центральная часть Баргузинского хребта сложена осадочно-кристаллическими и изверженными интрузивными породами, среди которых преобладают граниты. Лишь небольшие участки, приуроченные в основном к прибрежной полосе Байкала и долинам рек, заполнены рыхлыми четвертичными отложениями [30, 31].

Забайкальский национальный парк расположен в пределах типичной горно-таежной области. Рельеф горный. В границах парка выделяются крупные орографические единицы: Святоносский хребет, Баргузинский хребет, Чивыркуйский перешеек и Ушканьи острова.

По территории парка в направлении с северо-востока на юго-запад простираются два горных хребта: Баргузинский хребет — постепенно понижающийся от Баргузинского заповедника к оз. Бармашовое (наивысшая отметка хребта в границах парка — 2376 м над ур.м.) и Срединный хребет полуострова Святой Нос (наивысшая отметка примерно в средней части 1877 м), постепенно понижающийся к северу и югу. Чивыркуйский перешеек соединяет полуостров Святой Нос с восточным берегом Байкала. Ушканьи острова (о. Большой Ушканий и Малые Ушканьи острова) являются вершинами Академического хребта, который разделяет Байкальскую впадину на две котловины — северную и южную.

Территория национального парка распределяется по крутизне склонов следующим образом: 26° и выше (крутосклоны) — 55 %, от 16° до 25° — 28 %, от 0 до 15° — 17 % [32].



### *2.3 Гидрологические и гидрогеологические условия*

Баргузинский хребет представляет собой водосборную площадь, на которой берут начало одиннадцать рек и речек заповедника, создающие вместе с притоками густую гидрографическую сеть.

Цирки и впадины ледникового происхождения, заполненные водой, превратились во множество горных озер в истоках рек и лесные озера в предгорьях, в поясе конечных морен. Почти все реки в верховьях имеют типично горный характер, с быстрым шумным течением и ледяной, кристально чистой водой. Эта особенность резче проявляется на юге заповедника, где склоны хребта круче и речки срываются в Байкал белым кипящим потоком.

В местах выхода твердых коренных пород встречаются водопады и бурные пороги. В центре и особенно на севере заповедника некоторые реки, стремительно вырываясь из горных теснин на предгорные равнины, быстро успокаиваются и начинают петлять, образуя меандры и старицы. Кроме обычного паводка в июне в период интенсивного таяния снега в горах часто наблюдаются подъемы воды и в начале зимы. Как говорят в Прибайкалье, «речки кипят». Иногда эти подъемы воды бывают довольно значительными. Для ровных и пониженных участков речных долин и ключей весьма характерны наледи, периодически повторяющиеся в течение всей зимы. Там, где подтопление берегов случается особенно часто, таежные леса сменяются обширными зарослями кустарников и пойменными лугами наледного происхождения.

В долинах рек Езовка, Большая, Таламуш и Давша, в местах тектонических разломов встречаются выходы термальных источников с температурой воды в некоторых из них выше + 70°. В долинах рек Давша и Южный Бирикан встречаются карстовые явления. На отдельных участках эти речки неожиданно исчезают под землей и вновь выходят на поверхность в нескольких десятках или сотен метров ниже по течению.

Несмотря на очень продолжительную зиму, в Северо-Восточном Прибайкалье нет сплошной вечной мерзлоты, однако в отдельных местах, особенно на торфяных болотах, на глубине около одного метра, попадаются линзы очаговой мерзлоты. В поясе прибайкальских равнин обширные площади заняты сфагновыми болотами. В климатических условиях Северо-Восточного Прибайкалья процессы заболачивания развиты довольно широко. Небольшие болота встречаются во всех вертикальных поясах от берегов Байкала до альпийских лугов и каров.

Высота водной поверхности Байкала в районе п. Давша 456 м над ур. м. Берега Байкала очень разнообразны. Иногда крутые склоны обрываются в озеро. Обычно они покрыты лесом из хвойных пород и березы или массивами кедрового стланика. Реже встречаются крупноглыбовые россыпи, а иногда - выходы скал. Равнинные и слабовсхолмленные участки

междуречья Кудалд — Сосновка-Таркулик спускаются к Байкалу террасами моренного происхождения и обычно обрываются к воде суглинистыми, песчаными и галечными откосами, иногда до 20 м высотой.

На пониженных участках вблизи устьев рек под влиянием мощного байкальского приобья образуются галечные валы, способствующие заболачиванию прибрежных участков суши. Тайга часто вплотную подходит к прибрежной полосе или как бы отгораживается от нее зарослями кедрового стланца. Открытых мест на берегах Байкала немного. Островов мало, и все они невелики. В двух местах есть мелководные заливчики - «кошели». На байкальском побережье особым своеобразием выделяются приустьевые участки - места непрерывной борьбы приобья и речных потоков. В зависимости от силы ветра и полноводности рек очертания берегов постоянно меняются, образуя дельты, старицы, подтопленные низины. Вслед за этим изменяется и характер растительности. В районе заповедника у Байкала преобладают открытые, незащищенные от волнобоя и подвижки льда участки с очень скудной водной растительностью.

Сухопутная граница национального парка проходит по водоразделу бассейна реки Баргузин, которая находится за пределами парка. На территории национального парка протекает множество небольших рек. Все они имеют замкнутые бассейны и несут свои воды в Байкал. Наиболее значительные из них - Б.Черемшана, М.Черемшана, Б.Чивыркуй.

Самые крупные озера - Арангатуй и Малый Арангатуй - расположены на Чивыркуйском перешейке и соединены с Чивыркуйским заливом. Следующее по величине озеро Бармашовое известно своими лечебными грязями - слабосульфидными сапропелями. Кроме того, здесь насчитывается более двух десятков карстовых озер.

В границы национального парка вошло 37 тыс. га акватории озера Байкал (27,0 тыс. га в Чивыркуйском и 10,0 тыс. га в Баргузинском заливах). Заливы разделены Чивыркуйским перешейком - перемычкой, образованной в результате озерного переноса песка в «тень» бывшего острова Святой нос и превратившей остров в полуостров.

Чивыркуйский залив - самый далеко вдающийся в сушу байкальский залив (его длина 25 км) и самый живописный из них. Восточный и западный берега очень изрезаны и образуют ряд мелких и хорошо защищенных от ветра бухт (Змеевая, Крохалиная, Крутая, Онгоконская). Глубина бухт не более 5 метров, дно берегов и пляжи песчаные. Вода многочисленных бухт хорошо прогревается. С запада он изолирован от озера Байкал горными хребтами полуострова Святой Нос, с востока - отрогами Баргузинского хребта, южная граница залива окаймлена Чивыркуйским перешейком и только северо-восточная его часть выходит в открытое озеро.

В акватории Чивыркуйского залива расположено семь островов: Бакланий (самый крупный), Голый, Лохматый, Окуневый, Елены, Камешек-Безымянный и Коврижка (самый

маленький). Из них четыре острова являются памятниками природы. Это Бакланий, Голый, Лохматый и Камешек-Безымянный, или Белый камень.

В залив с восточной стороны впадает река Большой Чивыркуй, по ее названию и залив назвали Чивыркуйским. Гидроним Чивыркуй произошел от эвенкийского «чивир» - «извиваться».

С сентября по декабрь наблюдаются разнообразные, характерные только для ледового Байкала явления: под воздействием ветров и волнений поля молодого льда многократно выламываются, и до конца ноября наблюдается осенний ледоход. Разрушение ледяного покрова начинается в середине мая. Полное очищение ото льда происходит в первой декаде июня.

На территории национального парка расположен крупнейший в Прибайкалье болотный комплекс - Арангатуйские болота. Это своеобразный и очень интересный мир, как его еще называют «мир безмолвия», где все протекает не так ярко и заметно, поскольку почти все скрыто от человеческого взгляда. Только здесь можно увидеть «лунные» пейзажи - среди зеленой равнины стоят сухие деревья до самого горизонта.

Здесь имеются выходы термальных вод - источники Змеевый, Нечаевский, Кулиное. Самый знаменитый и известный из них - Змеевый источник. Он находится на полуострове Святой Нос на западном берегу Чивыркуйского залива, в одноименной бухте. Температура воды в нем составляет 45-59°C. Около источника существует популяция ужа обыкновенного (совершенно безвредной змеи). От них произошло и название источника. Вода с привкусом и запахом сероводорода используется местным населением для лечения опорно-двигательного аппарата.

Нечаевский термальный источник расположен в устье речки Маркушкина, правого притока реки Большой Чивыркуй, в 12 км от берега Байкала. Источник впервые был обнаружен в 1965 году. Он имеет две воронки, отстоящие на 5 м одна от другой.

Источники Кулиных болот находятся в 32 км от поселка Усть-Баргузин, в северной части Чивыркуйского перешейка, среди обширных болот. Они представляют собой озерки и ямки, заполненные водой. Температура воды на поверхности составляет 5°C, на глубине увеличивается до 22°C [30].

#### *2.4 Характеристика почвенного покрова*

На территории заповедника, в альпийском поясе распространены горно-луговые и горно-тундровые, а в субальпийском - горно-лесные и дерново-перегнойные почвы. В верхней части лесного пояса (до 1400 м над ур. м.) широко встречаются горно-лесные подзолистые и горно-лесные дерново-подзолистые почвы. В нижней части лесного пояса под пологом лиственнично-сосновых лесов представлены перегнойно-подзолистые, а в зеленомошных

кедрачах и в лиственных лесах - перегнойно-подзолистые глееватые почвы. На прибайкальской равнине большие площади занимают торфяно-болотные почвы.

Почвообразующие породы Забайкальского национального парка отличаются многообразием и представлены эллювием коренных пород. Почвы на территории парка в большинстве своем мелкопрофильные, щебнистые, легкосмываемые осадками и развеваемые ветром при отсутствии растительности. Распределение почв происходит по высотно-поясному принципу.

Основной фон почв тундрово-гольцового лесного комплекса (1400-2600 м н.ур.м.) представлен горно-тундровыми фрагментарными, горно-тундровыми торфянистыми и перегнойными и горно-тундровыми глеевыми мерзлотными почвами.

В почвенном покрове субальпийско-подгольцового лесного комплекса (1300-2000 м н.ур.м.) основной фон образуют горно-тундровые перегнойные, горно-тундровые дерново-перегнойные, горно-таежные торфянисто-подзолистые и горно-таежные перегнойно-торфянистые почвы.

В кедрово-таежном (1000-1800 м н.ур.м.) и кедрово-пихтовом таежном комплексах основной фон образуют горно-таежные перегнойно-торфянисто-подзолистые, торфянисто-подзолистые, перегнойно-торфянистые почвы. В комплексе с ними развиты горно-таежные торфянисто-подзолисто-глеевые и дерново-перегнойные почвы.

Основной фон светлохвойного лиственнично-таежного лесного комплекса (600-1500 м н.ур.м.) образуют дерновые лесные и дерново-карбоиатные почвы. В отрицательных элементах рельефа распространены луговые мерзлотные почвы.

В почвенном покрове лугово-степного (455-950 м н.ур.м.) и подтаежно-лесостепного (500-1200 м н.ур.м.) лесных комплексов преобладают горные дерново-мерзлотные и дерново-подзолистые почвы. Часть площади занимают боровые пески. Почвенный покров под осоково-вейниковыми зарослями представлен болотными мерзлотными почвами. Большую пестроту почвенного покрова в пределах лесных комплексов создают особенности микро- и мезорельефа и разнообразие почвообразующих пород [30].

## *2.5 Флора и фауна*

Заповедник расположен в нескольких высотных поясах, образующих "влажный прибайкальский" тип поясности.

Побережье Байкала окаймляется нешироким поясом байкальских террас (460-600 м. н.у.м.), в котором преобладают лиственничные леса, встречаются участки кедрачей, сосняков, березняков, а местами – моховые болота и луга. Нижнюю и среднюю часть склонов хребта

(600-1250 м н.у.м.) занимают горно-таежные леса. Верхнюю границу леса образуют парковые березняки, пихтачи и ельники подгольцового пояса с мощно развитым высокотравьем и кустарниковыми зарослями.

Около 60 % территории заповедника занимает высокогорный гольцовый пояс. Большая часть гольцового пояса покрыта высокогорными альпийскими лугами, почти непроходимыми зарослями кедрового стланика и ерниками (кустарниковыми березняками и ивняками). Значительные площади занимают почти безжизненные скалы и голые каменистые россыпи. Легенду геоботанической карты заповедника составляют 6 крупных растительных комплексов и 86 группировок растительности. Преобладающая порода в лесах Баргузинского заповедника – кедр (35,2 тыс. га, 23,6 %). На втором месте – кедровый стланик (23,2 %). 29,9 тыс. га занимают сосновые леса (20,1 %). Достаточно обычны лиственница (8,3 %), пихта (7,5 %), береза (6,0 %) и ель (3,0%). В Баргузинском заповеднике на сегодняшний день выявлено 878 видов сосудистых растений, 212 видов лишайников, 173 вида грибов, 242 вида мхов, 1241 вид водорослей. 31 вид сосудистых растений и 9 видов лишайников внесены в Красные книги.

Фауна Баргузинского заповедника типично таежная, но с некоторыми особенностями, вызванными горным рельефом и непосредственной близостью Байкала. Фауна наземных позвоночных включает 41 вид млекопитающих, 281 вид птиц, 6 видов рептилий, 3 вида амфибий, 46 видов рыб и свыше 800 выявленных видов насекомых.

Из 41 вида млекопитающих более 80% составляют типичные лесные обитатели. В большинстве своем это палеарктические, европейско-сибирские и транспалеарктические виды. Есть среди них такие таежные животные, как белка, летяга, средняя и крошечная бурозубки, широко распространенные на севере Европы и в Азии. Встречаются и восточно-палеарктические виды: кабарга, соболь, колонок, азиатская лесная мышь, бурундук, лесной лемминг. Из палеарктических видов - благородный олень (изюбрь), из центрально-азиатских горно-тундровых - альпийская пищуха и большеухая полевка. Весьма значительна доля голарктических видов: волк, лисица, ласка, горностаи, росомаха, заяц-беляк, рысь, бурый медведь, лось, красная полевка и полевка-экономка. Имеются и представители берингийской фауны: черношапочный сурок и северный олень. Среди гнездящихся птиц преобладают виды сибирского типа фауны: каменный глухарь, рябчик, глухая кукушка, длиннохвостая и бородатая неясыти, мохноногий и воробьиный сычи, желна, кукушка, кедровка, серый снегирь, щур, обыкновенный и бело-крылый клесты, соловей-красношейка, синехвостка, сибирская завирушка и др.

Одна из особенностей северо-восточного побережья Байкала - бедность фауны земноводных и пресмыкающихся. Из амфибий здесь встречаются сибирский углозуб,

остромордая и сибирская лягушки. Из рептилий - обыкновенный щитомордник, узорчатый полоз, обыкновенный уж, прыткая и живородящая ящерицы.

В заповедной акватории оз. Байкал обитает эндемичная байкальская нерпа. Из ценных промысловых видов рыб в водах заповедника водятся хариус, омуль, ленок, таймень, сиг. Обычны здесь налим, щука, встречаются окунь, сорога. Велико значение заповедника в сохранении биоразнообразия региона: 2 вида птиц - орлан-белохвост и черный аист, гнездящиеся на охраняемой территории, включены в Международную Красную книгу (МСОП).

Территория национального парка входит в зону подтаежных лесов южной тайги Сибири. В структуре растительного покрова хорошо прослеживается вертикальная поясность, характерная для гор Забайкалья. В составе лесных насаждений господствуют хвойные породы: сосна (*Pinus sylvestris*)- 33,6%, кедровый стланик (*Pinus pumila*) - 29,2%, кедр (*Pinus sibirica*) - 13,5%, лиственница Гмелина (*Larix gmelinii*) - 9,1%, пихта сибирская (*Abies sibirica*) - 5,4%. Лиственные насаждения занимают незначительные площади: береза каменная и широколистная (*Betula ermanii*, *B. pla-typhylla*) - 4,3%, осина (*Populus tremula*) - 3,9%.

В распределении горно-таежных лесов парка существует ряд особенностей. В отличие от континентальных гор Сибири, где преимущественное развитие получили лиственничные (*Larix gmelinii*) и кедрово-лиственничные (*Pinus sibirica* - *Larix gmelinii*) леса в лесных поясах, в национальном парке площади их невелики (около 14 тыс. га). Распространены они островами по речным террасам на моренах. На северо-западе полуострова Святой Нос насаждения лиственницы (*Larix gmelinii*) заходят языками до верхней границы леса. Всю остальную территорию полуострова в пределах лесного пояса занимают сосновые (*Pinus sylvestris*) леса. Они преобладают и на западном склоне Баргузинского хребта (от ручья Большой Сухой до устья р. Баргузин).

Темнохвойные леса парка (из пихты сибирской - *Abies sibirica*) занимают отдельные участки и в большинстве своем тяготеют к наиболее увлажненному побережью Байкала, а также встречаются на северо-востоке полуострова Святой Нос. По восточному берегу Байкала в подлеске появляется кедровый стланик (*Pinus pumila*). На отдельных участках побережья он вместе с другими хвойными породами формирует особый тип сообществ, соответствующий поясу влажных прибайкальских лесов. На полуострове Святой Нос он представлен лишь фрагментарно.

В составе флоры много эндемичных, редких и реликтовых растений. Реликтовое происхождение имеют различные типы степных фитоценозов, ценными являются растительные сообщества высокогорных комплексов с альпийскими кустарничками на Ушканьих островах и полуострове Святой Нос. На территории национального парка выявлено

более 10 тыс. га природных насаждений особой ценности, в т.ч. леса из сосны (*Pinus sylvestris*), лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii*), кедра (*Pinus sibirica*) и пихты сибирской (*Abies sibirica*) в возрасте 200 лет и старше. В особо ценные выделены сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila*) и ерника (*Betula divaricata*). Особый интерес, как редкий вид на западной границе своего ареала, представляет чозения (*Chosenia arbutifolia*).

По предварительным оценкам флора парка составляет 779 видов сосудистых растений, 147 видов мхов и 95 видов лишайников. Здесь отмечены местообитания многих видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, 19 эндемичных видов, 9 видов редких на Байкале, в т.ч. бородиния Тилинга (*Borodinia tilingii*). В Красную книгу Бурятии включено 23 вида.

На территории национального парка зарегистрировано 303 вида наземных позвоночных животных.

Млекопитающих насчитывается 48 видов из семи отрядов. Наиболее типичные виды - заяц-беляк, белка, ондатра, соболь, горностай, бурый медведь, благородный олень, лось. Ушканьи острова являются важнейшим на Байкале местом лежбища байкальского эндемика - нерпы. 53 вида наземных позвоночных животных, встречающихся в парке, занесены в Красную книгу Республики Бурятия.

Земноводных и пресмыкающихся насчитывается по три вида (пресмыкающиеся - обыкновенный щитомордник, живородящая ящерица, обыкновенный уж; земноводные - обыкновенная и сибирская лягушки, сибирский углозуб).

Птицы представлены 250 видами из 17 отрядов. Наиболее яркими и характерными представителями таежного комплекса являются обыкновенный и каменный глухарь, тетерев, рябчик, куропатки, различные виды дятлов, несколько видов сов. Редкие птицы, гнездящиеся на территории национального парка, - орлан-белохвост, скопа, черный аист, выпь, японский перепел, большой кроншнеп и другие. Водно-болотные экосистемы Чивыркуйского перешейка - одно из крупнейших мест гнездования птиц на Байкале.

Ушканьи острова занимают первое место в России по количеству и величине муравейников.

Ихтиофауна Баргузинского и Чивыркуйского заливов, озер и рек парка представлена такими видами рыб, как омуль, сиг, сибирский хариус, байкальский осетр, налим, щука, окунь, елец, язь, обыкновенная плотва и др. Чивыркуйский залив является одним из основных мест, где нерестится озерная форма сига [30, 32].

## *2.6 Геоэкологическая характеристика*

В целом Байкальский регион по степени освоенности характеризуется как аграрно-промышленный. Среди отраслей промышленности, развитых на территории –

горнодобывающая, целлюлозно-бумажная, металлургическая, лесная, деревообрабатывающая, машиностроительная, нефтехимическая и другие. В сельском хозяйстве преобладает животноводство и выращивание зерновых и кормовых культур. Наличие оз. Байкал – объекта всемирного наследия ЮНЕСКО – накладывает правовые ограничения на освоение земель и развитие промышленности в пределах водосборного бассейна озера. Поэтому промышленная деятельность в пределах региона носит очаговый характер. Большая часть промышленных предприятий сосредоточена вокруг двух крупных городов: Иркутска и Улан-Удэ. Особо стоит выделить промышленную агломерацию, сформировавшуюся на юге Иркутской области и включающую гг. Иркутск, Черемхово, Ангарск, Шелехово, Усолье-Сибирское и другие. Наши исследования данный район не охватывали. К тому же, исследования проводились в границах ООПТ, где запрещена производственная деятельность.

### *2.7 Радиационная обстановка*

Территория Бурятии входит в состав крупнейшей в России Забайкальской ураноносной провинции, в которой в настоящее время выявлено 20 месторождений и более 130 рудопроявлений урана, а также 5200 радиоактивных аномалий. Мощность экспозиционной дозы на этих природных радиоактивных объектах варьирует в широких пределах (от 100 до 1000 мкр/час). На отдельных (урановые месторождения Витимского рудного района, редкоземельные с ториевой минерализацией в Северобайкальске) достигает 20 000 мкр/час. Значительные площади в Бурятии сложены формациями изверженных горных пород с повышенными концентрациями естественных радионуклидов (U-238, Th-232, K-40). Это дает и повышенную концентрацию газообразных продуктов его распада – радона, который, мигрируя по многочисленным тектоническим нарушениям, накапливается в почвенном и атмосферном воздухе, подземных водах, достигая опасных концентраций.

Исследованиями установлено, что более 50% дозы ионизирующего излучения приходится на радон. В организм человека радон поступает во время дыхания, поэтому человек всегда подвергается воздействию излучения альфа-частиц, испускаемых этим радиационным газом. Канцерогенное воздействие радона установлено во многих странах. Впервые это явление было замечено еще в средние века среди горняков «Рудных гор» в Чехии и Германии, которые добывали серебряную руду из месторождений «пятиэлементной» формации. Там наряду с серебром, свинцом, кобальтом присутствовал и уран с продуктом его распада – радоном. Горняки, проработав в шахтах 5-10 лет, умирали от загадочной «болезни горных духов» (рак лёгких).

Республика Бурятия (наряду с Забайкальским краем, частично Иркутской областью) располагается в пределах самой крупной в России радоноопасной провинции. В 90-е годы



ГФУП «Бурятгеоцентр» провел региональные работы по выявлению радоноопасных площадей и населенных пунктов в республике. В результате установлено, что более 70% территории Бурятии попадает в зону повышенной радоноопасности, где концентрация радона в почвенном воздухе местами достигает 20 000 Бк/м<sup>3</sup>, в питьевой воде – более 100 Бк/литр, а в некоторых минеральных источниках – 8000 Бк/литр. Наиболее контрастные аномалии радона, превышающие ПДК в 2-100 раз, установлены в поселках Иволгинск, Красноярово, Гурульба, Тулунжа, Барыкино, Бичура, Ганзурино, Кика, Макарино, Поперечное, Сосновоозерск, а также в городе Улан-Удэ.

Огромный вклад в дозу облучения биосферы земли, в том числе человека, внесли глобальные выпадения искусственных (техногенных) радионуклидов. Начало этому было положено взрывами двух атомных бомб США над Японией в 1945 году. Основными реальными источниками техногенного радионуклидного воздействия на территорию Бурятии является испытания ядерных устройств на Семипалатинском, Новоземельском (РФ) и Лобнорском (КНР) полигонах.

На Семипалатинском полигоне с 1949 по 1963 годы было проведено 470 ядерных испытаний, в том числе 124 наземных и атмосферных, что в 800 раз превышает мощность бомбы, сброшенной на Хиросиму. При наземных испытаниях взрывом с поверхности земли поднимается и активизируется огромное количество частиц грунта. Их перенос с воздушными потоками на высоте более 10 км сопровождается постепенным осаждением радиоактивных частиц с формированием «ближнего» и «дальнего» следов.

Там, где проходило облако, выпадали радиоактивные осадки – на людей, на посевы, на траву, которую потом поедал скот, на грибы и ягоды, которые собирали люди. Особенно опасным стало молоко, концентрировавшее радиоактивные элементы. Перенос радиоактивных продуктов ядерных взрывов от Семипалатинского полигона происходил в восточном направлении (по розе ветров), через все регионы Южной Сибири, вплоть до Забайкалья. Максимальная плотность радиоактивных выпадений была на территории Алтайского края и Байкальского региона, на участке встречи атмосферных потоков с горными системами Алтая и Саяно-Байкальской области.

Иллюстрация разноса радиоактивных осадков атмосферными воздушными потоками (в тропо- и стратосфере) служат испытания на Семипалатинском полигоне 12.08.1953 г. первой водородной бомбы (самый мощный взрыв в истории человечества) мощностью в 400 кТ ТЭ. По данным Центрального физико-химического института МО РФ и в/ч 51105, радиоактивное облако от этого термоядерного взрыва на вторые сутки после испытания прошло по направлению Кызыл – Иркутск – юг Байкала – Сосновоозёрск. Его движение сопровождалось локальными выпадениями с величиной МЭД на почве 3000-3500 мкР/час.

С середины 50-х годов Гидрометеослужбой СССР на 10 наблюдательных пунктах на территории Байкальского региона были зафиксированы интенсивные бета-активные выпадения, проходившие на 2-4 сутки после испытаний на Семипалатинском и Новоземельском полигонах, в том числе для 7 ядерных взрывов интенсивность выпадений достигала 100-1500 мКи/м.кв сутки.

Представление о том, какая огромная доза радиоактивного облучения обрушилась на жителей Бурятии за годы испытаний, можно получить, если сравнить количество осадков, выпадавших в момент взрывов в 1949-63 гг. (9-533 мКи/км<sup>2</sup>/сут.) со среднегодовыми глобальными выпадениями (0,05-0,09 мКи/км<sup>2</sup>/сут.), измеренные через много лет после испытаний, в относительно «чистые» 1992-1995 годы. Разница составляет тысячи раз.

Долгие годы сведения о радиоактивном загрязнении были закрыты, и население Сибири даже и не догадывалось о том, на какой загрязненной территории оно живёт. Первая публикация Л.И. Болтневой и Ю.А. Израэля под названием «Глобальные загрязнения цезием-137 и стронцием-90 и дозой внешнего облучения на территории СССР» появилась в журнале «Атомная энергия» в 1977 г. А в 1996 г. в Новосибирске вышла книга В.И. Булатова «Радиоактивная Россия».

На территории Бурятии радиоэкологические исследования мелкого масштаба (1:1 000 000) выполнены ГФУП «Бурятгеоцентр» и ГП «Сосновгеолсервис». В результате установлено, что вся территория Бурятии загрязнена техногенными радионуклидами, в концентрациях, превышающих значение глобального фона. Цезий-137, обладая высокой миграционной способностью, накапливается в верхнем гумусированном слое почвы (10-40 см), в донном иле, в растительности, через трофические цепи попадает в организм людей и животных.

Локальные участки с более высокой плотностью загрязнения закартированы по всей территории Бурятии – по побережью Байкала, Витимскому плоскогорью, на горных хребтах – Баргузинском, Хамар-Дабане, Восточном Саяне, в лугово-пойменных сенокосных угодьях и пахотных землях межгорных котловин. Здесь концентрации цезия-137 в почве достигают 100-577 Бк/кг, мхах – 200-400 Бк/кг, грибах разного вида – 400-1688 Бк/кг.

Высокий уровень радиационного загрязнения территории Бурятии подтверждается независимыми исследованиями Висконсинского университета США, которые выявили в иле южной акватории озера Байкал концентрации цезия-137, на два порядка превышающие региональный фон. А Институтом геохимии СО РАН установлено наличие плутония в донных осадках озера Байкал в концентрациях от 0,5 до 5 Бк/кг.

В зону радиационного загрязнения техногенными радионуклидами с накопленной ретродозой свыше 5 сЗВ попадают многие населённые пункты Бурятии (Нижнеангарск, Байкальск, Кичера, Верхняя Заимка, Рассошино, Орлик, Агой, Янчукан, Ангаракан, Усть-

Джилинда, Карафтит, Хужир, Сорок, Зун-Холба, Ботогол, Аршан, Выдрино, Танхой, Мишиха, Ключевка, Боярский, Заречье, Максимиха, Золотой Ключ, Исток, Катково, Покровка, Бичура).

Наблюдения за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭД) на апрель 2016 года проводились в 24 населенных пунктах республики Бурятия. Средняя за месяц величина МЭД изменялась от 13 мкР/ч (с. Цакир) до 23 мкР/ч (с. Новая Курба) и находилась в большинстве населенных пунктах в пределах колебаний естественного радиационного фона на территории России (6-20 мкР/ч). Кроме того, повышенный радиационный фон 21 мкР/ч отмечен в с. Мухоршибирь; 22 мкР/ч – в с. Баргузин и с. Романовка [36].

### **3 Материалы и методы исследований**

Объектом исследования являются образцы природных вод, почв, донных отложений. Предметом исследования является их элементный состав, а также данные по радиоэкологическому опробованию почв территории Бурятии (1991 – 2003гг.).

Работы проводились в период с 2013 по 2015гг. на территории Баргузинского заповедника, Забайкальского национального парка, а также в окрестностях с. Гремячинск.

Опробование производилось на период 2014 – 2015 гг. Пробы отбирались из поверхностного слоя воды (20-50 см) в стерильные полипропиленовые пробирки с закручивающейся крышкой. Объем пробы – 50 мл. При отборе проб консервирование не проводилось. Воды из рек отбирались в устьевой части на равном удалении от берегов. Пробы из заливов отобраны в прибрежной части на расстоянии 3 - 5 м от берега. Пробоотбор из Большереченского горячего источника осуществлялся на месте выхода вод на дневную поверхность (Рисунок 3.1). Перед анализом пробы фильтровались через мембранные фильтры с размеров 0,45 микрон.

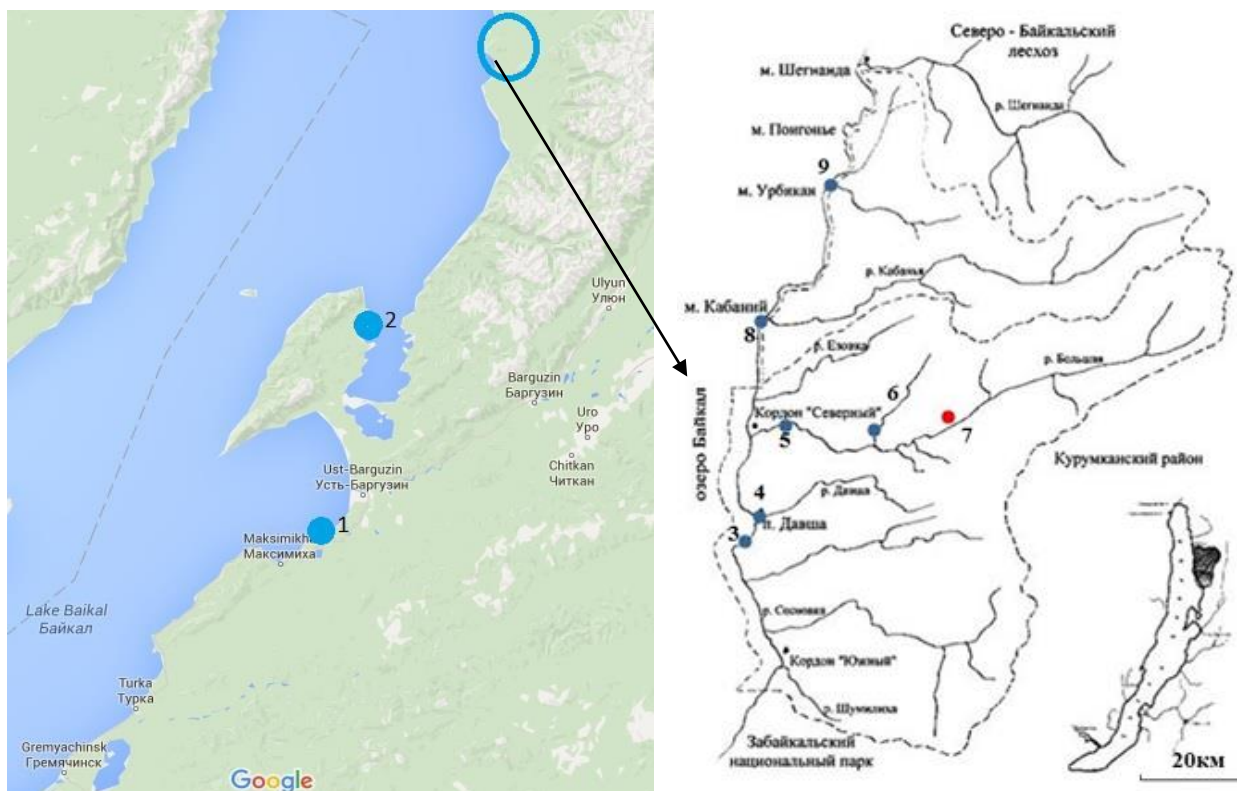


Рисунок 3.1 – Карта-схема отбора проб воды\*

\* 1 – Окрестности пос. Максимиха, 2 – Кордон Монахово, 3 – р. Бирикан, 4 – р. Давше, 5 – р. Большая, 6 – р. Керма, 7 – Большереченский Горочий источник, 8 – р. Кабанья, 9 – р. Урбикан

Определение элементного состава воды выполнено по аттестованной методике методом ICP-MS на масс-спектрометре NexION 300 в аккредитованной лаборатории Научно-образовательного центра «Вода» кафедры Гидрогеологии и гидрогеоэкологии Томского политехнического университета (№РОСС RU.001.511901 от 9.09.2014).

Отбор проб донных отложений производился в пунктах отбора водных образцов (р. Давше, р. Керма, горячий источник). Пробы отбирались вручную в местах скопления илистых наносов на участках замедленного водотока. Вес пробы – 1 кг, пробы упакованы в полиэтиленовые пакеты. После пробы высушивались, просеивались через сито с размером ячейки 0,04мм. Для измерения в пробах активности  $^{239+240}\text{Pu}$ , донные отложения озолялись в

муфельной печи при температуре 600°C в течение 6 часов.

Элементный состав проб донных отложений определялся на Атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой iCAP6300 Duo Центра коллективного пользования НИ ТПУ.

Почвенные пробы отобраны по маршрутам вдоль рек Большая и Давше. Масса пробы – 1,5 – 2 кг. Общее количество почвенных проб – 9. Количество проб для альфа-спектрометрии – 9 (7 проб из заповедника и 2 пробы в с. Гремячинск). Пробы отобраны пластиковым совком и упакованы в полиэтиленовые пакеты. Почвы отбирались точечно, опробованию подлежал верхний слой (0-15см). После пробы высушивались, просеивались через сито с размером ячейки 0,04мм. Затем озолялись в муфельной печи при температуре 600°C в течение 6 часов. Для определения удельной активности радионуклидов плутония пробы предварительно подвергались радиохимическому анализу, который включает операции кислотного разложения пробы массой 10 г, хроматографического выделения плутония на колонках с анионитом, экстракционной доочистки и последующего электрохимического осаждения плутония на подложке из нержавеющей стали. Для контроля за химическим выходом плутония в исходную пробу добавлялась изотопная метка, обычно изотоп плутония с массовым числом 242, то есть  $^{242}\text{Pu}$ . Альфа-активность препарата измерялась на альфа-спектрометре фирмы “ORTEC”. В спектрометре используется ионно-имплантированный полупроводниковый кремниевый детектор. Специальное программное обеспечение “Maestro-32” осуществляет обработку полученных спектров и рассчитывает удельную активность изотопов плутония в анализируемых пробах. Предел определения активности изотопов  $^{239+240}\text{Pu}$  составляет 0,05 Бк. Измерения проводились в аккредитованной лаборатории Изотопной спектрометрии кафедры ГЭГХ ИПР ТПУ.

Обработка данных по радиоэкологическому опробованию почв производилась с помощью пакетов Microsoft Office Excel, Statistica. Построение схематических карт распределения радионуклидов осуществлялось с использованием программных обеспечений Surfer, Cascad 3D с последующей обработкой в графических редакторах.

#### **4 Геохимические особенности природных вод Баргузинского заповедника и заливов озера Байкал**

Определение содержаний химических элементов в природных водах остается актуальной задачей исследований в области экологической геохимии. Микроэлементный состав природных вод является важнейшим показателем состояния окружающей среды. Озеро

Байкал вместе с прилегающей территорией до настоящего времени относится к незагрязненным участкам Земли и является фоновым районом биосферы. Внутриконтинентальное расположение озера, холодный климат, трудноразрушаемые породы в основном гранитоидного состава (более 70 %), слагающие водосборный бассейн озера, а также биохимические процессы, происходящие в самом озере, сделали его хранилищем чистой воды. В байкальской воде содержания большинства микроэлементов настолько низки, что, несмотря на длительную историю гидрохимического изучения озера (первый химический анализ образца байкальской воды выполнен в 1878 г.), их определение до сих пор представляет трудную аналитическую задачу. К самым ранним трудам по определению состава байкальских вод были представлены в работах К.К. Вотинцева, А.А. Матвеева, А.М. Аниканова. С 1970 года для изучения химического состава вод Байкала были задействованы несколько организаций Академии наук СССР (РАН) и Госкомгидромета СССР во главе с В.А. Ветровым. По итогам экспедиций 1990-х годов, совершенных американскими исследователями, были получены данные о содержания Na, Mg, Si, K, Ca, Li, Be, Al, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Ge, Rb, Sr, Ag, Cd, Cs, Ba, W, Hg, U в водах озера. В Лимнологическом институте и в Институте геохимии СО РАН (Иркутск) с 1999 по 2002г. изучался элементный состав воды Байкала с целью разработки и хранения стандартного образца состава байкальской воды [37]. Результатом исследований стали ориентировочные оценки содержания около 40 микроэлементов в воде Байкала. Микроэлементный состав байкальской воды, отобранной с различных глубин по всей акватории озера, изучался О.А. Складовой в Институте геохимии СО РАН, г. Иркутск. При сопоставлении данных О.А. Складовой и В.А. Ветрова с содержаниями химических элементов в речных водах Мира [38] и нормативами качества питьевых вод и вод рыбохозяйственного назначения можно сделать вывод о том, что концентрации Li, Cd, Zn, As, V, Rb и Se в байкальской воде близки к средним мировым значениям, а содержание остальных элементов либо существенно ниже, либо находится на уровне минимальных показателей и не превышают нормативных значений (Рисунок 4.1). Это ещё раз подчёркивает тот факт, что озеро Байкал является естественным эталоном чистой воды.

Химический состав воды озера Байкал близок к среднему составу его притоков. В настоящей работе рассматриваются результаты исследования элементного состава малых притоков озера, протекающих на территории Баргузинского государственного природного биосферного заповедника, а также результаты исследования химического состава вод Большереченского горячего источника, Баргузинского и Чивыркуйского заливов.

На первом этапе исследований были проанализированы воды Баргузинского и Чивыркуйского заливов, отобранные в 2014 году. До настоящего времени гидрохимические

исследования традиционно проводились или на акватории открытого Байкала или на его притоках. Вопрос же о процессах, происходящих в зоне смешения речных и озерных вод, остается недостаточно изученным. Тогда как именно эти зоны характеризуются наиболее высокой интенсивностью физических, химических и биологических процессов, что отражается на элементном составе этих вод. На рисунке 4.2 представлена диаграмма содержаний микрокомпонентов в водах исследуемых заливов в сравнении с литературными данными [39]. Наиболее интенсивно в водах обоих заливов концентрируются Al, Sc, Ti, Cr, Fe, Mg, Ga, Se и редкоземельные элементы.

- - среднее содержание элементов в водах Среднего Байкала
- - ПДК для водоемов р/х назначения (Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 N 20)
- - ПДК для питьевых вод (ГН 2.1.5.689-98)

Рисунок 4.1 - Графическое представление порядков величин концентраций растворённых микроэлементов в реках Мира и Среднего Байкала в сравнении с ПДК [12, 40]

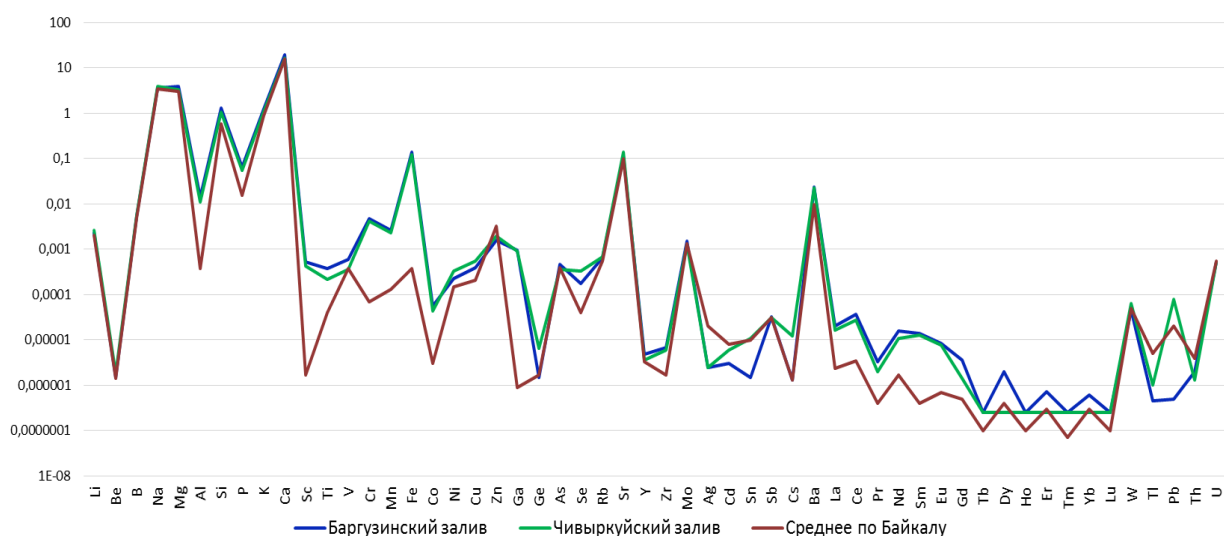


Рисунок 4.2 - Микрокомпонентный состав вод Баргузинского и Чивыркуйского заливов, мг/л

В 2015 году были отобраны воды малых рек Баргузинского заповедника – р. Кабанья, р. Бирикан, р. Урбикан, р. Большая, р. Керма, р. Давше. Формирование химического состава воды и гидрохимического режима рек бассейна озера происходит в основном среди слабо выщелачиваемых изверженных или метаморфических пород архея и протерозоя. Это определяет общность их гидрохимического облика: все они принадлежат к группе гидрокарбонатно-кальциевых вод. Значения элементного состава малых рек заповедника сравнивались со средними значениями содержания химических элементов в байкальских водах (Рисунок 4.3).

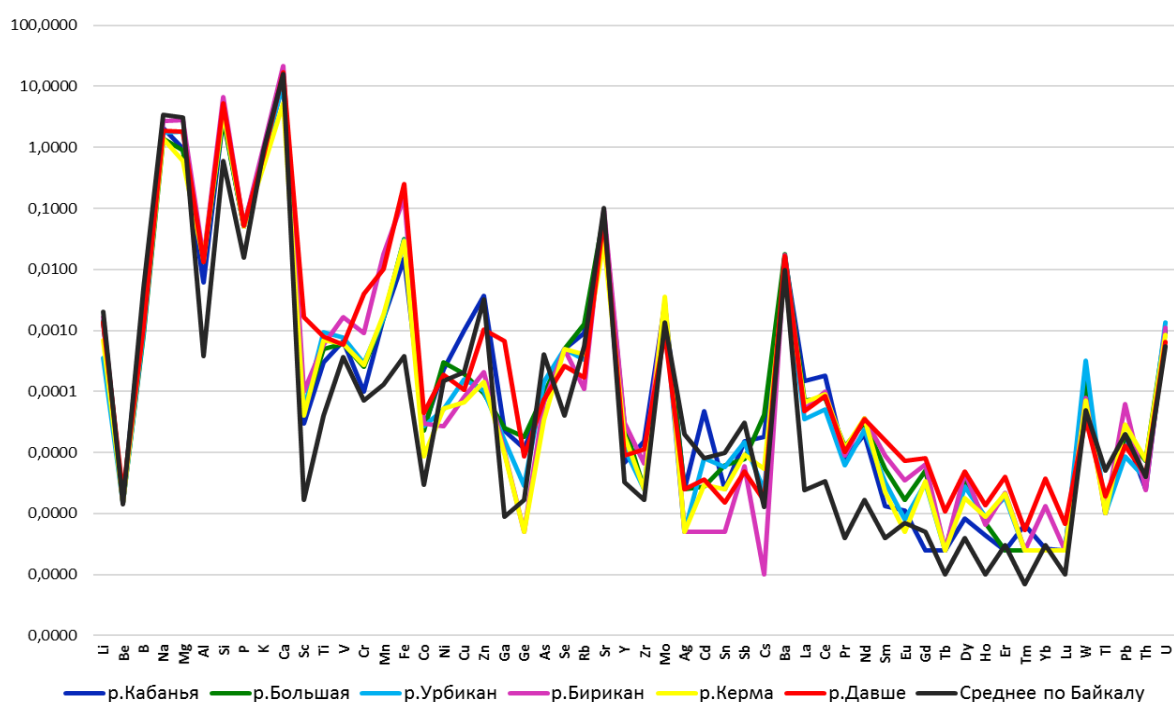


Рисунок 4.3 – Микрокомпонентный состав речных вод Баргузинского заповедника, мг/л

Для рек заповедника и байкальской воды следует отметить сходство в макрокомпонентном составе и существенное различие в содержаниях Si, Ti, Sc, Mn, Cr, Ga, Ge и редкоземельных элементов. Эти элементы выщелачиваются из коренных пород и с речным стоком выносятся в Байкал. По своему химическому составу все реки заповедника можно рассматривать как реки-аналоги. Территория заповедника удалена от промышленных и селитебных районов, поэтому антропогенный привнос элементов в воды рек исключён.

Река Бирикан на протяжении нескольких километров протекает по карбонатным породам, что объясняет более высокое содержание в водах реки Ca и Mg по сравнению с другими реками. Также отмечены наиболее низкие концентрации Cs. Воды р. Кабанья больше других обогащены Zn, Cd, Se. Для вод р. Давше характерны сравнительно высокие концентрации Fe и Mn, а также РЗЭ. Река Керма является крупным притоком р. Большая,



поэтому состав этих рек аналогичен. Однако, содержания Ge, Re, Ag и средних редкоземельные элементы (РЗЭ) наиболее высоки в водах притока.

Такое различие в химическом составе исследуемых рек обусловлено неоднородным геологическим строением территории. На территории Баргузинского заповедника имеются выходы пород основного состава (габбро, нориты). Основные породы более подвержены выщелачиванию, чем кислые. Они характеризуются повышенными содержаниями щелочных металлов Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Li, Be, Rb, Sr, Cs, Ba, которые активно выщелачиваются из горных пород и поступают в водные объекты.

Элементный состав Большереченского горячего источника определяется степенью взаимодействия воды с горными породами. Большая часть химических элементов заимствована из горных пород, но значительная доля таких элементов связывается вторичными минералами, что приводит к их глубокой дифференциации, накоплению одних и выпадению в осадок других. Тем самым в термах появляются так называемые избыточные элементы, источники которых ранее считали мантийными. Химический состав Большереченского в сравнении с составом байкальской воды приведен на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Элементный состав вод Большереченского горячего источника, мг/л

При изучении азотных терм, в том числе гидротерм байкальской рифтовой зоны выделяются 3 группы элементов на основании значений потенциалов ионизации и электроотрицательности. 1 группа - Li, Rb, Sr, Ba, Cs. Их содержание в Большереченском горячем источнике значительно выше, чем в поверхностных водах.

Первая группа элементов в природных водах встречаются в виде простых или гидратированных катионов. Растворимость соединений значительна, поэтому подземные воды всегда далеки от насыщения щелочными и щелочноземельными элементами. Значительная растворимость природных соединений этих элементов приводит к способности концентрироваться в водах при увеличении их минерализации. Азотные термальные воды характеризуются повышенными содержаниями элементов первой группы и их концентрация в термах связано с их нахождением в горных породах. Содержание элементов в минеральных

источниках определяется в первую очередь степенью взаимодействия воды с горной породой – интенсивностью водообмена и влиянием температуры. При повышении температуры растут не только абсолютные содержания элементов, но и меняется их соотношение в водах. Возможно, это связано также с тем, что цезий и рубидий интенсивно выводятся из раствора за счет сорбции по ионообменному механизму. Распределение в источниках в зависимости от температуры имеет однотипный характер. Высокотемпературные воды имеют относительно высокие содержания щелочных и щелочноземельных элементов. Особенно это заметно для концентрации рубидия, но не ясна природа относительно высоких содержаний в низкотемпературных источниках. Возможно, обогащение этих вод связано с относительно замедленными условиями фильтрации вод или более интенсивным охлаждением в приповерхностных условиях.

Во вторую группу входят элементы, гидролизующиеся в водных растворах при pH менее 7 с образованием малорастворимых гидроокисей и в определенных гидрогеохимических условиях могут быть элементами комплексообразователями. Для большинства элементов комплексообразование увеличивает pH гидролиза. Растворимость комплексных соединений обычно значительна, что существенно расширяет диапазон водной миграции элементов. Из определенных нами микроэлементов входят Al, Sc, Ti, PЗЭ, Ni, Cu, Pb, Co, Cd. Эти элементы характеризуются пониженными концентрациями в водах источника. Содержание скандия в водах источников изменяются в довольно узком интервале значений – от 4 до 11 мкг/дм<sup>3</sup>. Скандий подвержен гидролизу и, если бы не комплексообразование, его содержание было бы ещё меньше. Соли скандия подвержены гидратации, причем гидратация сульфатов скандия происходит быстрее, чем хлоридов. Гидролиз может начаться даже в кислой среде при pH - 4. В результате гидратации образуются его гидроокислы, которые выпадают в осадок. Как правило, с ростом минерализации возрастает и pH, поэтому в минерализованных водах концентрация скандия падает. Алюминий и титан, так же, как и скандий являются типичными элементами-гидролизатами, их pH гидролиза меньше 2. Эти элемент устойчивы в кислых растворах и, если бы не комплексообразование, то, практически, не должны были бы мигрировать в азотных гидротермах. Цинк, свинец и кадмий имеют одну геохимическую природу поступления в термальные растворы, которая, предположительно тесно связана, с разложением сульфидных минералов. Редкоземельные элементы по химическим свойствам соответствуют щелочноземельным элементам – кальцию и магнию, гидроксиды плохо растворимы в воде.

В третью группу входят анионогенные элементы. Из рассматриваемых нами элементов в эту группу входят W, Mo, Cr, Mn, U. Третья группа элементов устойчивы в широком диапазоне pH и окислительно-восстановительного потенциала. Комплексных соединений эти

элементы, практически, не образуют. Несмотря на большое сходство в химических свойствах вольфрам и молибден различаются по миграционным способностям и по роли в геохимических процессах. Вольфрам присутствует в кислородосодержащих минералах, а молибден проявляет сродство с серой. Повышение минерализации не оказывает влияния на формы нахождения вольфрама и молибдена в природных водах. Благоприятными для миграции вольфрама являются щелочные натриевые воды, из раствора он может выводиться при взаимодействии с солями кальция и путем сорбции на гидроокислах железа, марганца [41].

Вот уже более четверти века геохимия и распространенность редкоземельных элементов (РЗЭ) в поверхностных природных водах являются объектом детального исследования, поскольку РЗЭ могут быть использованы в качестве трассеров геохимических процессов, протекающих при взаимодействии природных вод с водовмещающими породами. Возможность использования РЗЭ в качестве маркеров определяется тремя их главными качествами, а именно: абсолютными концентрациями, способностью к фракционированию и аномальным поведением отдельных РЗЭ.

Воды заповедника обогащены редкоземельными элементами, что объясняется взаимодействием воды с основными породами и гранитоидами. Общее содержание растворенных РЗЭ в исследуемых пробах невелико и колеблется от 0,01 до 0,7 мкг/л. Соотношение редкоземельных элементов во всех исследуемых водах смещено в пользу лёгких (Рисунок 4.5). Байкальские воды также характеризуются накоплением средней группы РЗЭ. В ряде публикаций отмечено обеднение в растворенном стоке легких РЗЭ [42], которое объясняется их более высокой сорбируемостью твердыми фазами в речных водах при высоких значениях рН.

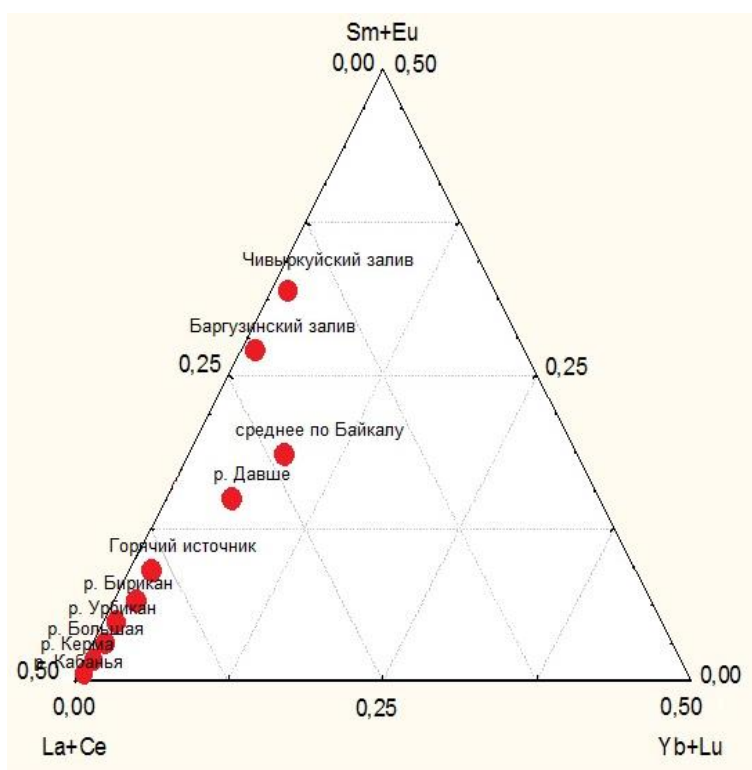


Рисунок 4.5 - Соотношение РЗЭ в водах Баргузинского заповедника и заливов оз. Байкал

Воды р. Давше и заливов Байкала наиболее обогащены лёгкими РЗЭ. Равновесие редкоземельных элементов в водах р. Кабанья смещено в пользу средних редких земель, также в этих водах отмечено содержание более тяжёлых РЗЭ. Воды Большереченского горячего источника по содержаниям РЗЭ близки к байкальским водам. Прослеживается корреляция в содержаниях Ce и Nd (Рисунок 4.6).

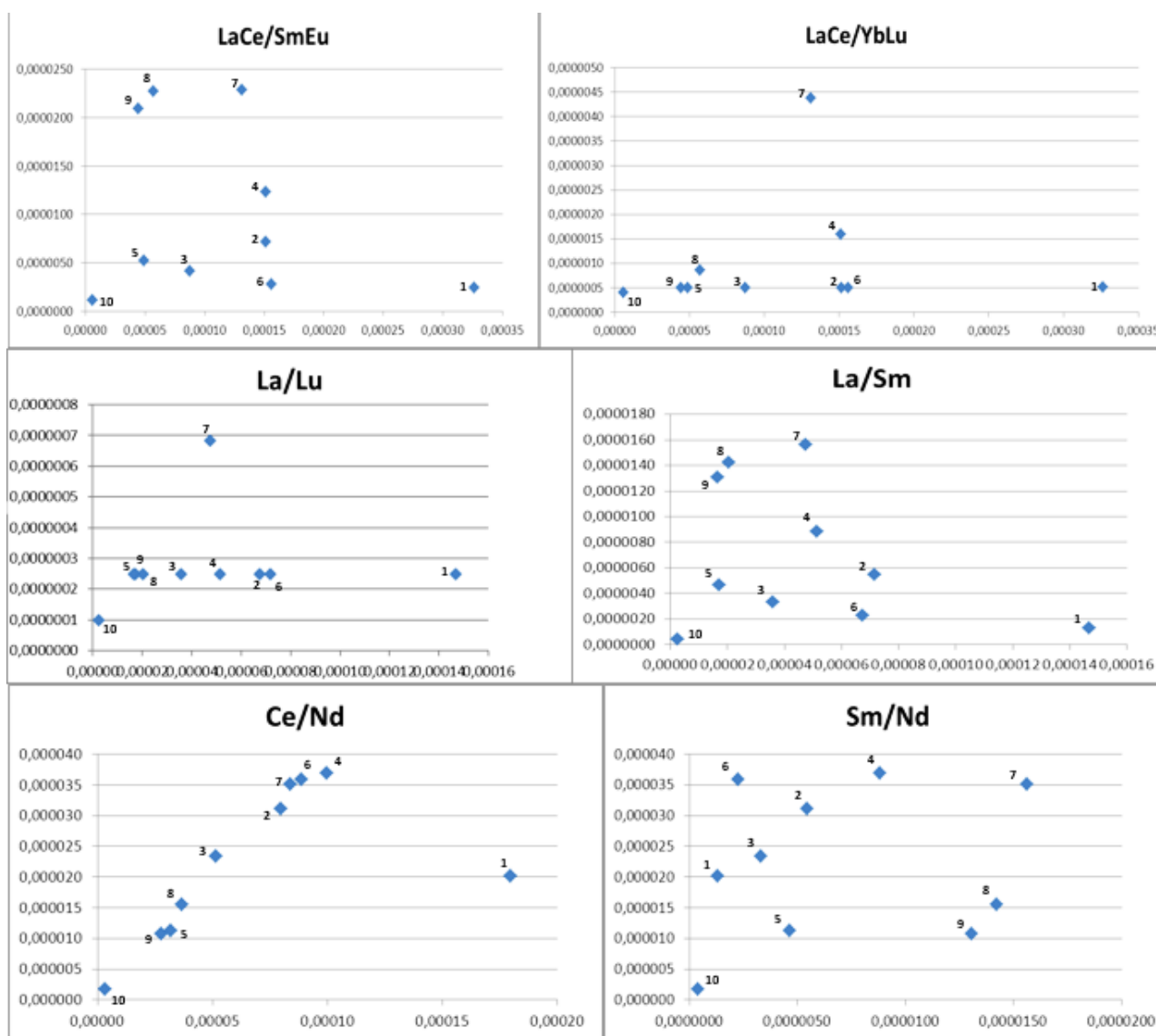


Рисунок 4.6 - Соотношения некоторых редкоземельных элементов в водах Баргузинского заповедника и заливов оз. Байкал\*

\* 1 – р. Кабанья, 2 – р. Большая, 3 – р. Урбикан, 4 – р. Бирикан, 5 – Горячий источник, 6 – р. Керма, 7 – р. Давше, 8 – Баргузинский залив, 9 – Чивыркуйский залив, 10 – среднее по Байкалу

В.И. Вернадский [43], отмечая общие и отличительные особенности геохимии урана и тория в магматическом, гидротермальном и эндогенном процессах («всюдность» их присутствия, постоянство величин Th/U в продуктах магматических процессов), подчеркивает высокую степень подвижности урана в водных растворах и инертность тория, который не переходит в раствор и его концентрации в земных условиях должны быть ничтожными. Это позволяет считать, что разделение урана и тория геохимическими процессами связано не с их генетическими соотношениями, а с геохимией природных вод, с растворимостью их соединений в условиях земной коры. В.И. Вернадский замечает, что во вторичных, перекристаллизованных из водных растворов, соединениях, ториевые рассеяния значительно слабее урановых и далее продолжает: «наблюдаем в земной коре по мере приближения к биосфере ясный процесс разделения урана от тория» [37]. обзор сведений о соотношениях урана и тория, приводимых различными авторами [43], позволяет предположить, что в зоне гипергенеза происходит концентрирование урана в водах, а тория – в донных осадках. Так, если урана в морской воде почти на порядок больше, чем в речной воде, то тория в растворенной форме в морской воде в тысячу раз меньше, чем в речной воде. Торий-урановое отношение, рассчитанное по кларкам гидросферы [3], в морских водах составляет 0,00003, а в речных водах – 0,2. Принимая во внимание соотношение концентраций урана и тория в горных породах с явным преобладанием тория над ураном, считаем, что обратное поведение этих элементов в водах может быть объяснено их разной миграционной способностью в зоне гипергенеза, определяемой внутренними свойствами этих элементов. Торий как элемент – гидролизат не может накапливаться в водах под воздействием экзогенных процессов разрушения алюмосиликатных пород, а стремится к образованию гидроокислов и осаждению со вторичной фазой в условиях окислительной среды. Широкое обсуждение проблем распространенности этих элементов в горных породах, в почвах и донных осадках, к сожалению, мало затрагивало проблему поведения этих элементов в водах. Это определило ограниченность сведений о характере взаимоотношений этих элементов в природных водах [44].

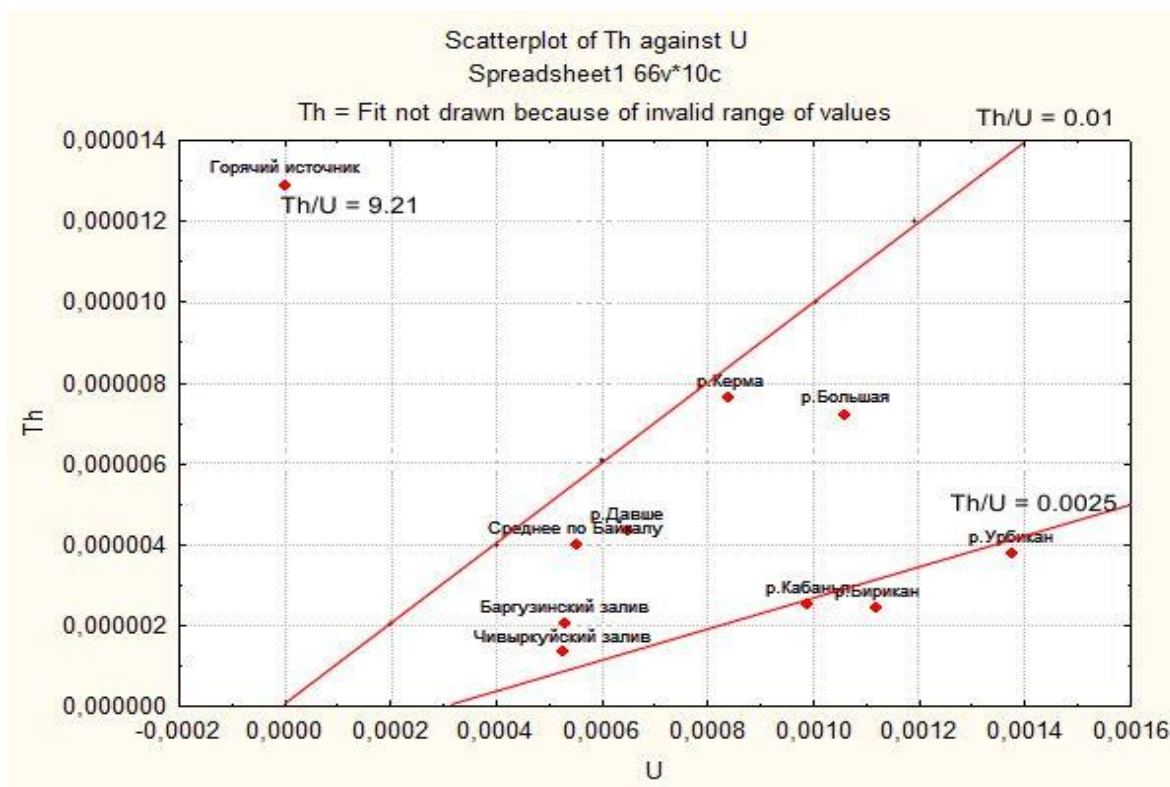


Рисунок 4.7 – Отношение Th к U в водах Баргузинского заповедника и оз. Байкал

Наименьшие содержания урана и тория наблюдаются в водах Большереченского горячего источника, однако соотношение этих элементов смещено в пользу тория. Такое отношение урана и тория является аномальными и связано, предположительно, с формами нахождения данных элементов в условиях высокой температуры и величины pH в водах Большереченского горячего источника.

Содержание U в водах Баргузинского и Чивыркуйского заливов различается несущественно и превышает содержание в среднем по Байкалу. Содержание Th в водах Баргузинского залива незначительно больше, чем в водах Чивыркуйского залива и также существенно превышает среднее содержание Th в Байкале в целом.

Знание о содержании микроэлементов в природных водных объектах важно для оценки и интерпретации явлений, происходящих в водных системах, как в региональном, так и в глобальном масштабе. Элементный состав природных вод Баргузинского заповедника характеризует неоднородное геологическое строение территории. Это отражается на составе как поверхностных вод, так и термальных источников. В водах Большереченского горячего источника выявлено аномальное значение Th/U-отношения, несмотря на нижефоновые содержания Th и U. Наибольшие концентрации радиоактивных элементов отмечены в водах р. Большая с притоком Керма. Привнос урана и тория в реки заповедника связан с разрушением пород гранитоидного состава, слагающих исследуемую территорию. В целом все исследуемые воды имеют схожий макро- и микрокомпонентный состав. При сравнении

полученных данных с нормативами предельно-допустимой концентраций в водах хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначений превышений не обнаружено. Поэтому озеро Байкал и его речная система по праву являются эталоном чистой воды одной из наиболее интересных зон развития эколого-геохимических исследований.

## **5 Химические элементы в донных отложениях малых рек и термальных источников заповедника**

С помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа определен химический состав донных отложений двух рек и Большереченского горячего источника.

Донные отложения р. Керма (крупного притока р. Большая) и р. Давше характеризуются схожим химическим составом. В донных наносах р. Керма относительно р. Давше в большей степени концентрируются Li, Mn, Co, Cu, Y. Все остальные элементы концентрируются в донных отложениях рек на одинаковом уровне.

Такие элементы, как Li, Si, P, K, Ca, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Sr, Cd в отложениях термальных источников накапливаются интенсивнее, чем в донных отложениях рек. Источником стронция в водах источника являются горные породы и, прежде всего, граниты и селениты, где основные минералы стронция целестин ( $\text{SrSO}_4$ ) и стронцианит  $\text{SrCO}_3$ .

Основным источником поступления цинка, как в поверхностные, так и подземные пресные воды, являются процессы выщелачивания и растворения горных пород и минералов, сульфидных комплексных и железных руд. Подвижность кобальта растет с падением Eh. В природных водах кобальт встречается реже, чем родственный ему никель, чему способствует его меньшая миграционная способность, которая вследствие того, что кобальт меняет валентность ( $Co^{2+}$  и  $Co^{3+}$ ), зависит от окислительно-восстановительных условий среды.

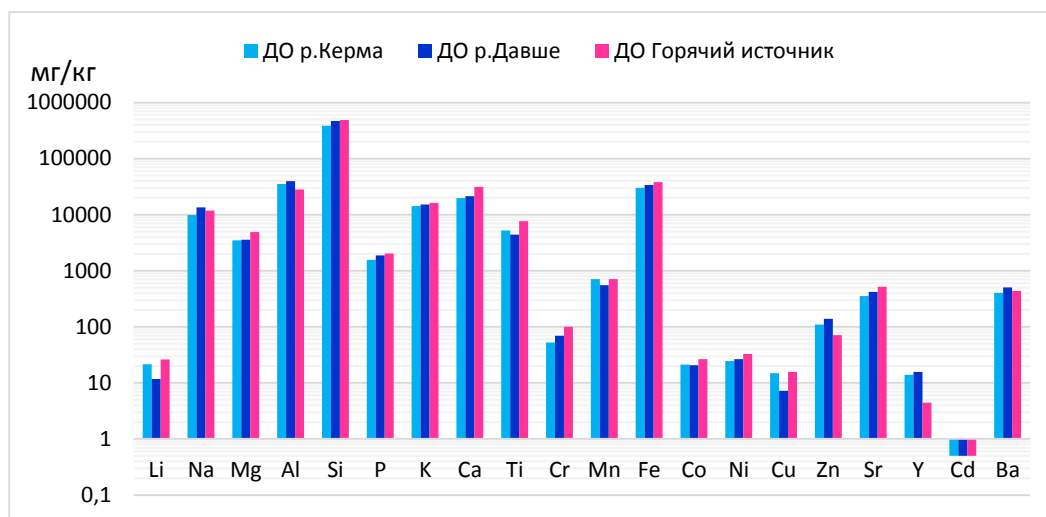


Рисунок 5.1 - Элементный состав донных отложений по данным АЭС ИСП

По данным элементного состава водных образцов и донных отложений рассчитаны коэффициенты донной аккумуляции:  $K_{до} = C_{до} / C_{в}$ , где  $C_{до}$  – содержание элемента в донных отложениях (мг/кг),  $C_{в}$  – содержание элемента в воде (мг/л) (Рисунок 5.2).

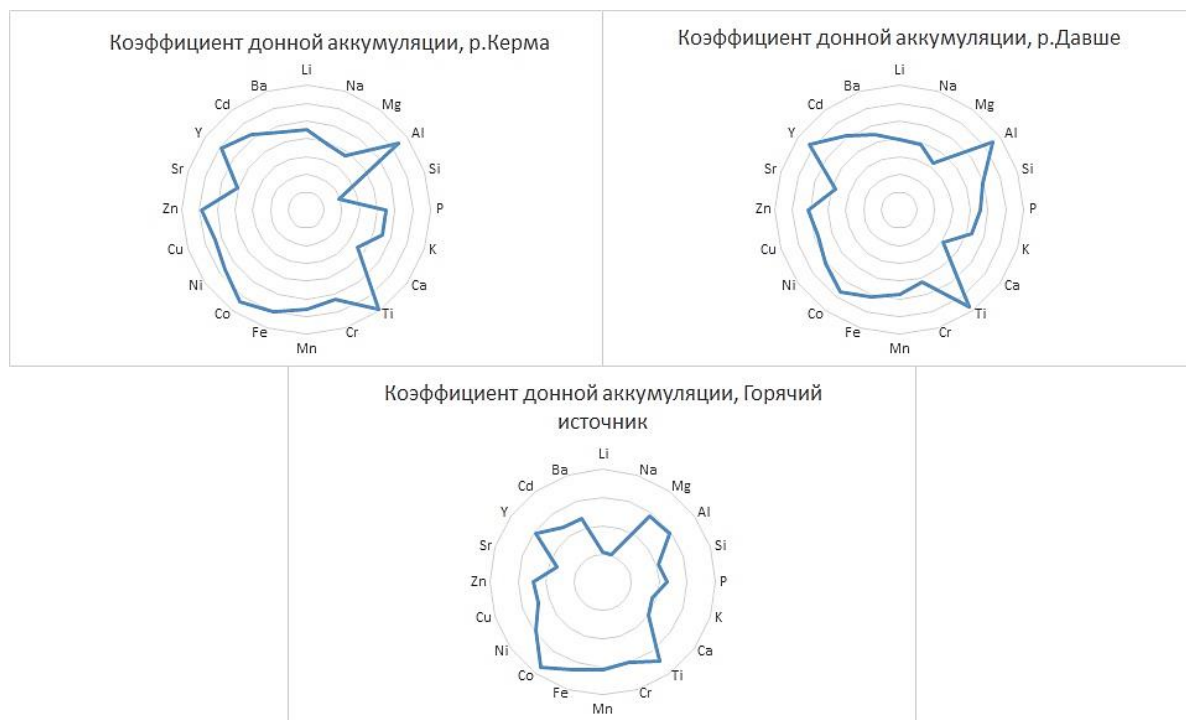


Рисунок 5.2 - Коэффициент донной аккумуляции



Ряд элементов, таких как Li, K, Ca, Sr в термальных водах находятся в растворённой форме. Co, Ti, Y, Mg, Al находятся в горячем источнике во взвешенном состоянии.

Al, Zn, Ti, Y, остаются переходят в донных отложения поверхностных вод. Na, Ca и Si остаются в растворенном виде.

## **6 Радиоэкологические особенности почв и донных отложений**

В данной работе производилась обработка и интерпретация неопубликованных данных радиозэкологического опробования почв на территории центральной части восточного побережья озера Байкал. Целевые радиозэкологические исследования проводились в период с 1991 по 2003 год следующими лабораториями: Бурятского испытательного радиологического центра, БНЦ СО РАН, г. Улан-Удэ; Аналитического центра Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, СО РАН, г. Новосибирск; Центральной аналитической лаборатории "Сосновгеологии", г. Иркутск; Висконсинского университета США (1991 г). База данных состоит из 2302 проб, проанализированных методом гамма-спектрометрии на содержание естественных радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  и техногенного  $^{137}\text{Cs}$ . По этим данным сотрудниками Бурятгеоцентра были построены карты распределения радионуклидов по территории Бурятии (Рисунки 6.1 – 6.5)

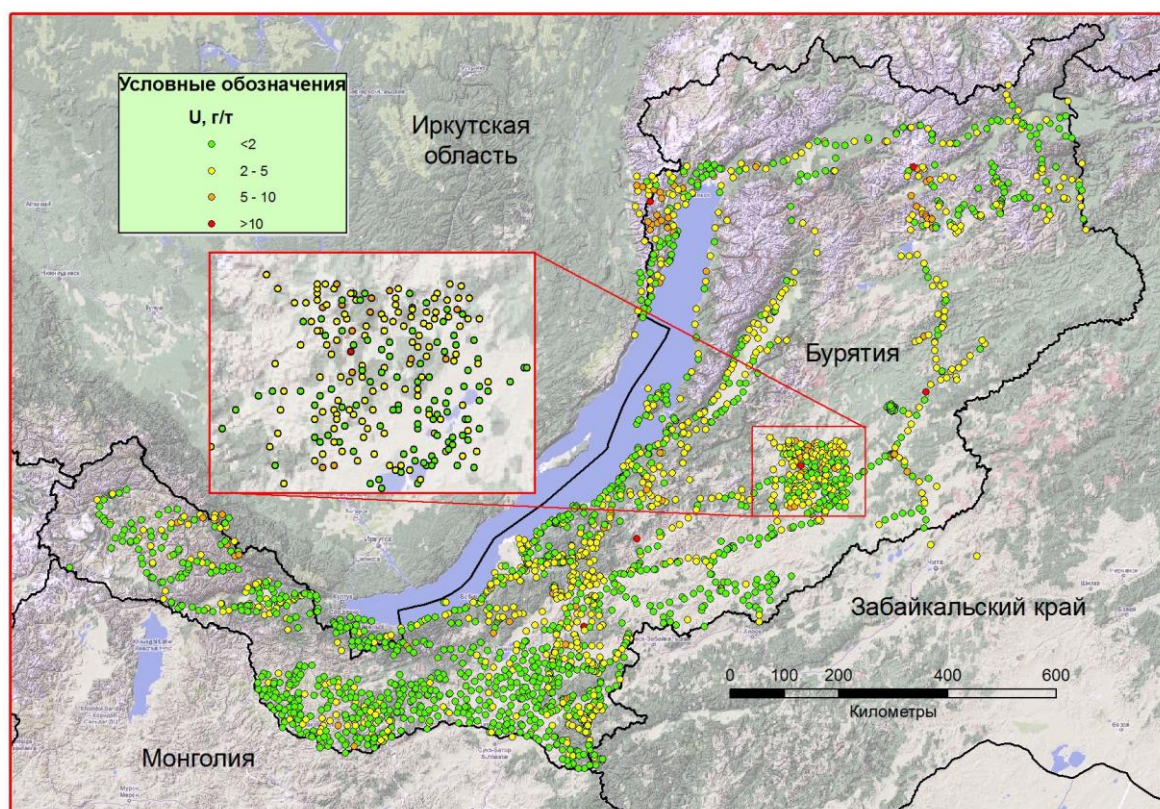


Рисунок 6.1 – Карта-схема распределения  $^{238}\text{U}$  в почвах Бурятии, г/т (по данным БИРЦ, г. Улан-Удэ; Аналитического центра Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, СО РАН, г. Новосибирск; Центральной аналитической лаборатории "Сосновгеологии", г. Иркутск; Висконсинского университета США)

Геохимия урана связана с кислыми породами, которыми преимущественно сложена территория Бурятии. Приблизительно половина проб характеризуется закларковыми концентрациями (кларк литосферы по Виноградову – 2,7 г/т). Максимальные значения

отмечены в районе пос. Кика, г. Улан-Удэ, с. Сосновоозёрское, пос. Северомуйск, г. Северобайкальск.

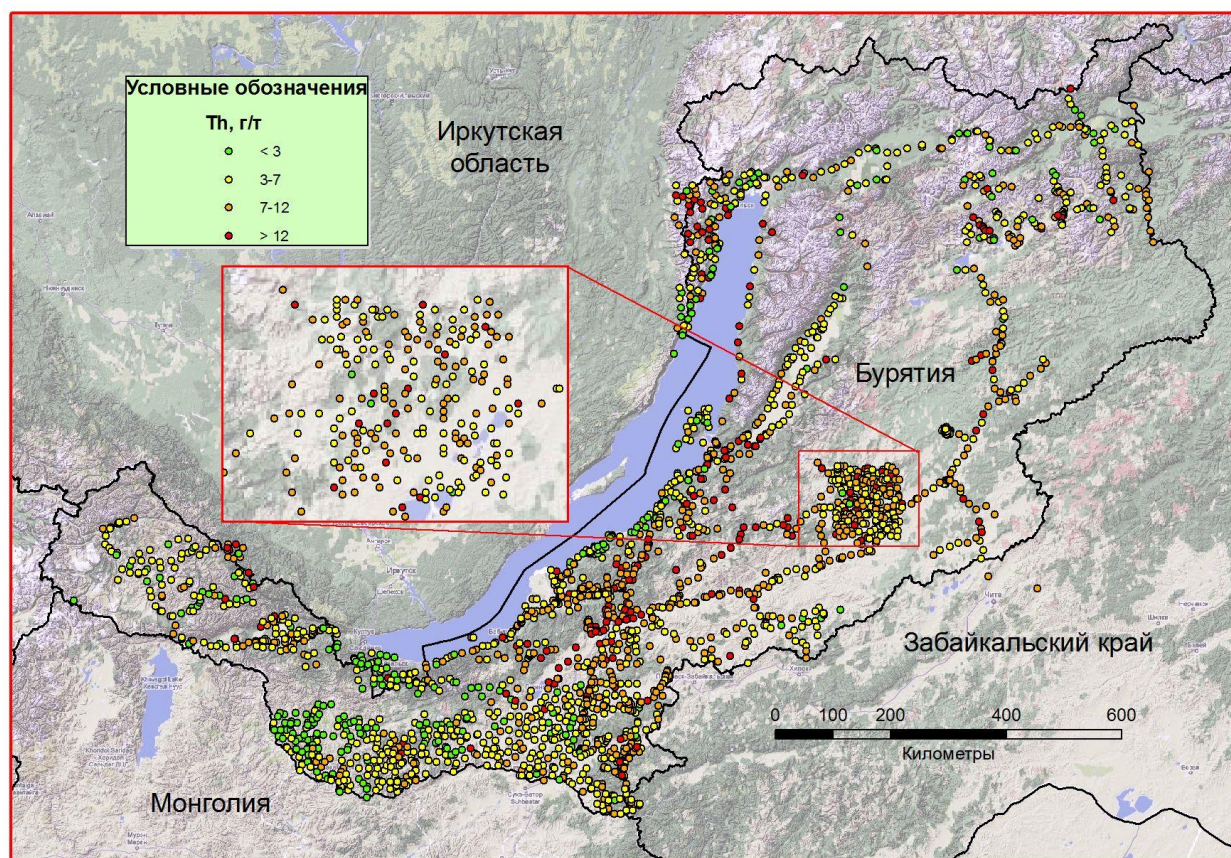


Рисунок 6.2 – Карта-схема распределения  $^{232}\text{Th}$  в почвах Бурятии, г/т (по данным БИРЦ, г. Улан-Удэ; Аналитического центра Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, СО РАН, г. Новосибирск; Центральной аналитической лаборатории "Сосновгеологии", г. Иркутск; Висконсинского университета США)

Содержания  $^{232}\text{Th}$  в почвах Бурятии характеризуется как высокое. Исключение составляет юго-запад республики и юго-восток побережья. Геохимия тория, как и урана, связана с породами кислого состава.

Торий-урановое отношение — геохимический параметр горных пород и руд, величина которого зависит от физико-химических условий среды породо- и рудообразования. Величина Th/U отношения в известковых, осадочных и метаморфических породах колеблется в среднем от 2 до 5. Минимальные значения Th/U отношения в известковых породах установлены в вулканогенных образованиях океанских впадин (<2), максимальные — в редкометальных гранитах и некоторых типах щелочных п. (от 5 до 10 и выше). Осадочные отложения прибрежно-морских фаций и грубозернистые окисленные п. обладают высоким Th/U отношением (>7), глинистые и карбонатные отложения - низким (<1—3). Отношение тория к урану в метаморфических породах зависит от степени метаморфизма пород (в породах

экологитовой и гранулитовой фаций оно равно 1—3, в породах эпидот-амфиболитовой фации — 3—5). Также отношение тория к урану может характеризовать техногенный привнос урана в окружающую среду.

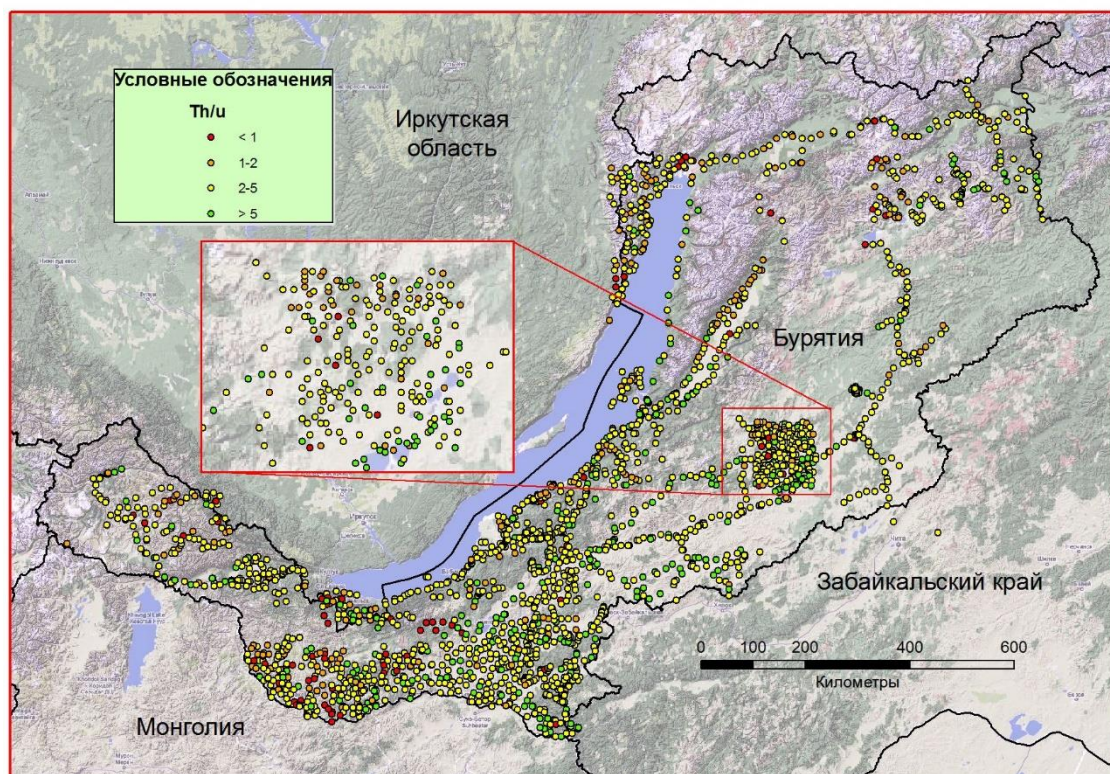


Рисунок 6.3 – Карта-схема торий-уранового отношения в почвах Бурятии (по данным БИРЦ, г. Улан-Удэ; Аналитического центра Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, СО РАН, г. Новосибирск; Центральной аналитической лаборатории "Сосновгеологии", г. Иркутск; Висконсинского университета США)

Низкие значения торий-уранового отношения в почвах Бурятии связано, вероятно, с урановой минерализацией пород. Рисунок - Карта-схема распределения  $^{40}\text{K}$  в почвах Бурятии, г/т.

Содержание  $^{40}\text{K}$  в горных породах варьируется в широких пределах. Наибольшими содержаниями  $^{40}\text{K}$  характеризуются граниты.  $^{40}\text{K}$  – преобладающий радиоактивный компонент в пище и тканях человеческого тела. Наименьшим содержанием  $^{40}\text{K}$  на территории Бурятии характеризуется район южного побережья оз. Байкал.

Проведенными многолетними (1991-2003 гг.) радиэкологическими исследованиями установлено, что наибольшими уровнями (аномальными значениями) радиоактивного загрязнения  $\text{Cs-137}$  характеризуются Южное, Западное и Северо-Западное, Северо-Восточное и Восточное побережья озера Байкал; включая особо охраняемые природные территории: Прибайкальский и Забайкальский национальные парки; Баргузинский, Байкало-Ленский и Байкальский государственные биосферные заповедники; Фролихинский, Верхнеангарский,

Прибайкальский, Степновдворецкий, Кабанский и Энхэлукский заказники (Рисунок ).  
Наиболее густо загрязнены окрестности с. Сосновоозёрское [36].

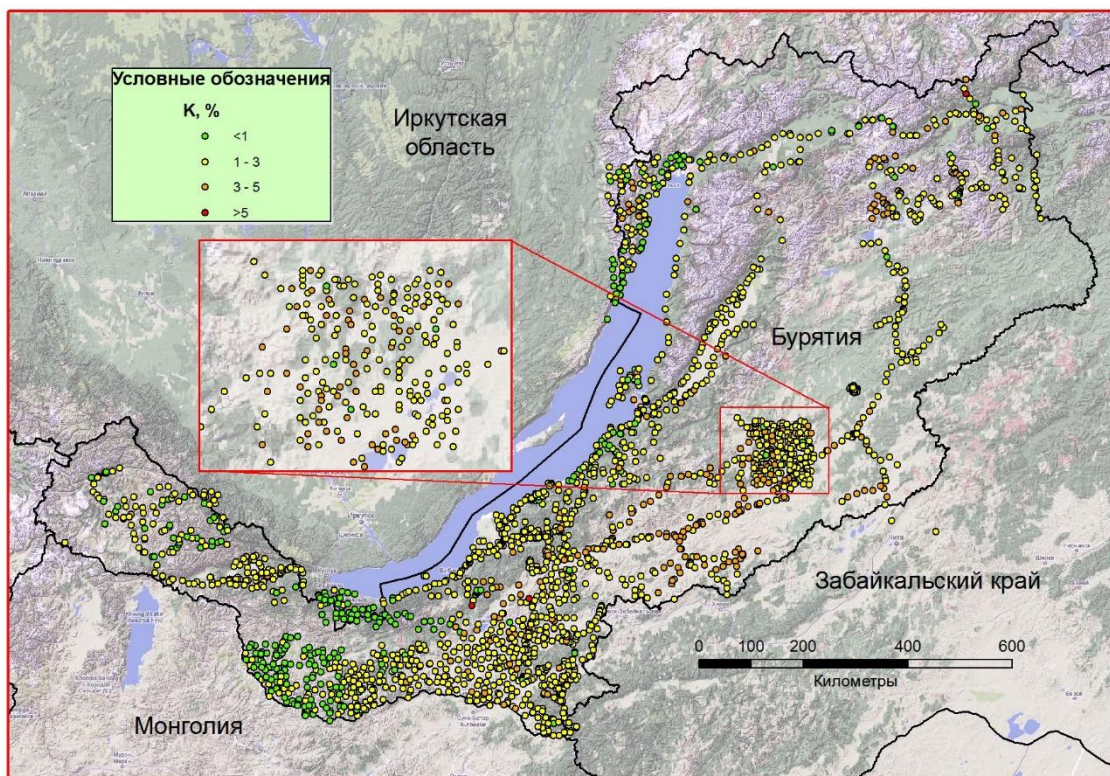


Рисунок 6.4 - Карта-схема распределения  $^{40}\text{K}$  в почвах Бурятии, г/т (по данным БИРЦ, г. Улан-Удэ; Аналитического центра Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, СО РАН, г. Новосибирск; Центральной аналитической лаборатории "Сосновгеологии", г. Иркутск; Висконсинского университета США)

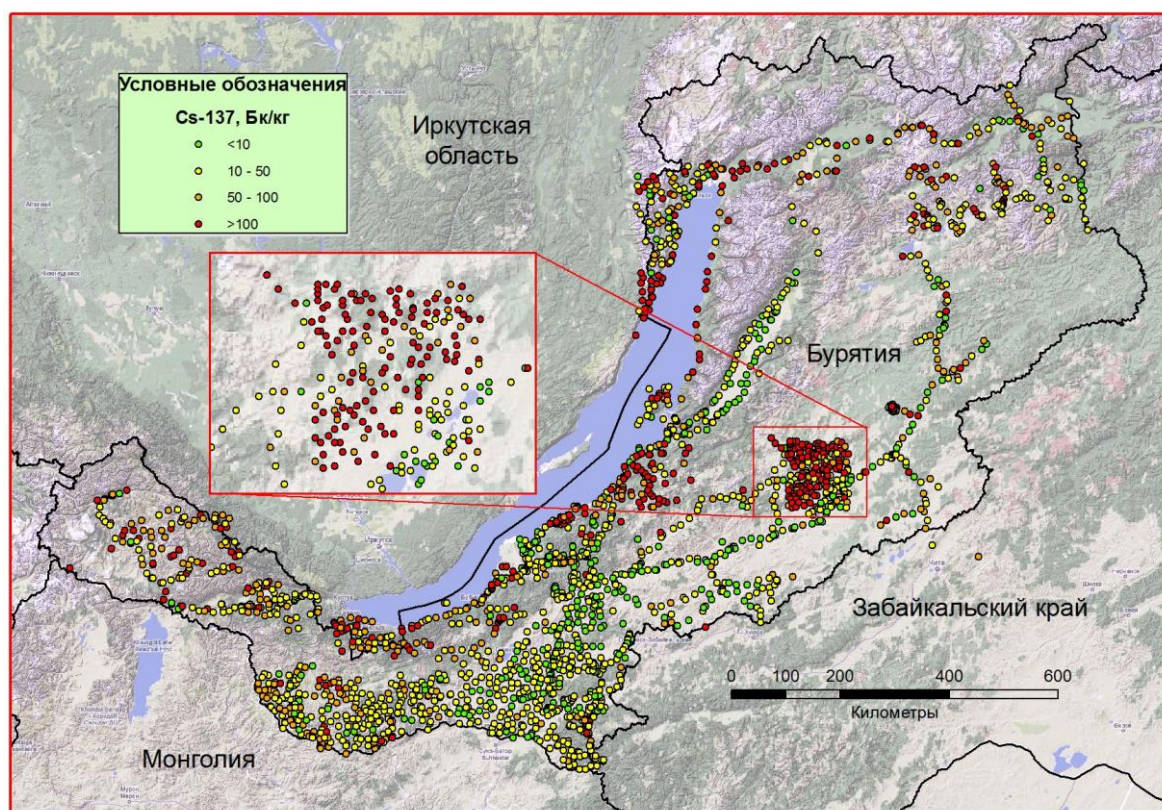


Рисунок 6.5 - Карта-схема удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Бурятии, Бк/кг (по данным БИРЦ, г. Улан-Удэ; Аналитического центра Объединенного института геологии, геофизики и минералогии, СО РАН, г. Новосибирск; Центральной аналитической лаборатории "Сосновгеологии", г. Иркутск; Висконсинского университета США)

Для более подробного изучения выбранного нами региона из общей базы данных выделялись точки пробоотбора, принадлежащие территории Забайкальского национального парка и Баргузинского заповедника. С помощью программного обеспечения Statistica 6.0, Microsoft Office Excel и Surfer 8.0 были рассчитаны некоторые статистические параметры, выполнены корреляционный и кластерный анализы данных, выполнен факторный анализ и рассчитана факторная нагрузка на распределение радионуклидов в почвах.

*Уран.* Среднее содержание урана в почвах центральной части восточного побережья составляет 2,2 г/т, что соответствует среднему значению по Бурятии в целом и ниже среднего по Сибири [45]. Среднее содержание не превышает кларка литосферы [46]. (Рисунок).

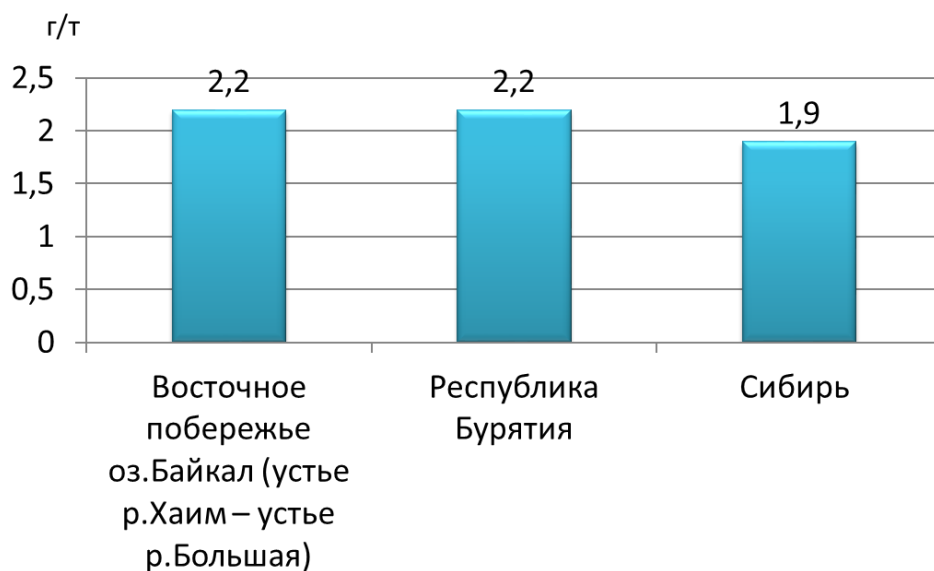


Рисунок 6.6 – Среднее содержание урана в исследуемых почвах

При анализе содержания урана по почвенным горизонтам существует тенденция к накоплению урана на глубине 15-20 см, что объясняется влиянием подстилающих пород (Рисунок 6.7)

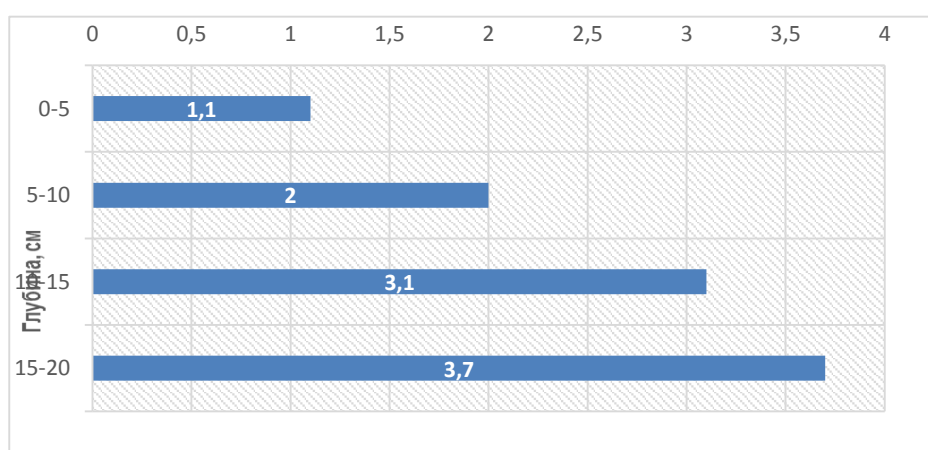


Рисунок 6.7 – Распределение среднего содержания урана по почвенным горизонтам

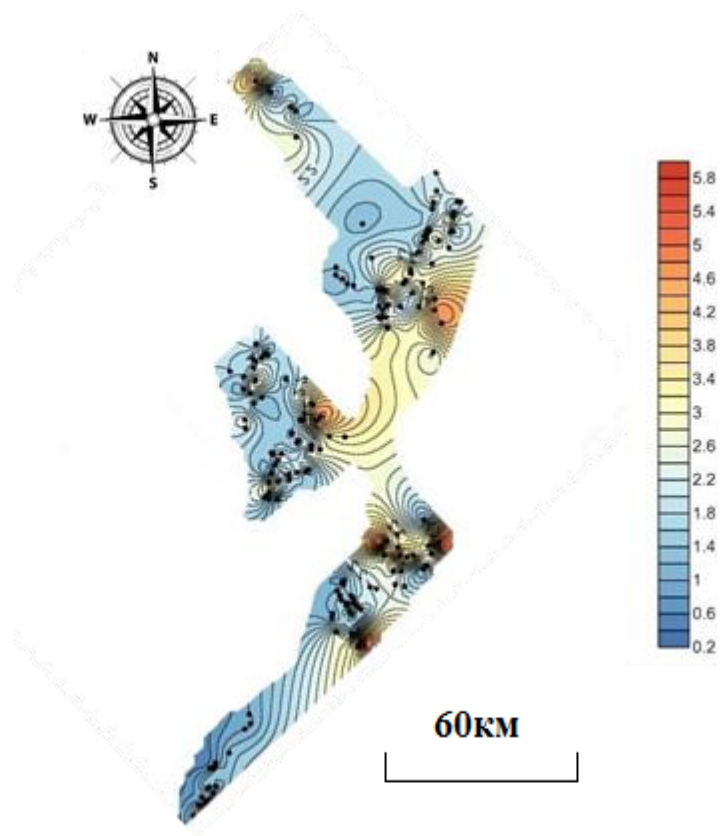


Рисунок 6.8 – Карта-схема распределения урана на исследуемой территории

Максимальные концентрации урана приходятся на южную территорию заповедника, район бухты Змеевая (п-ов Святой Нос), окрестности поселка Максимиха и Читкан (Рисунок).



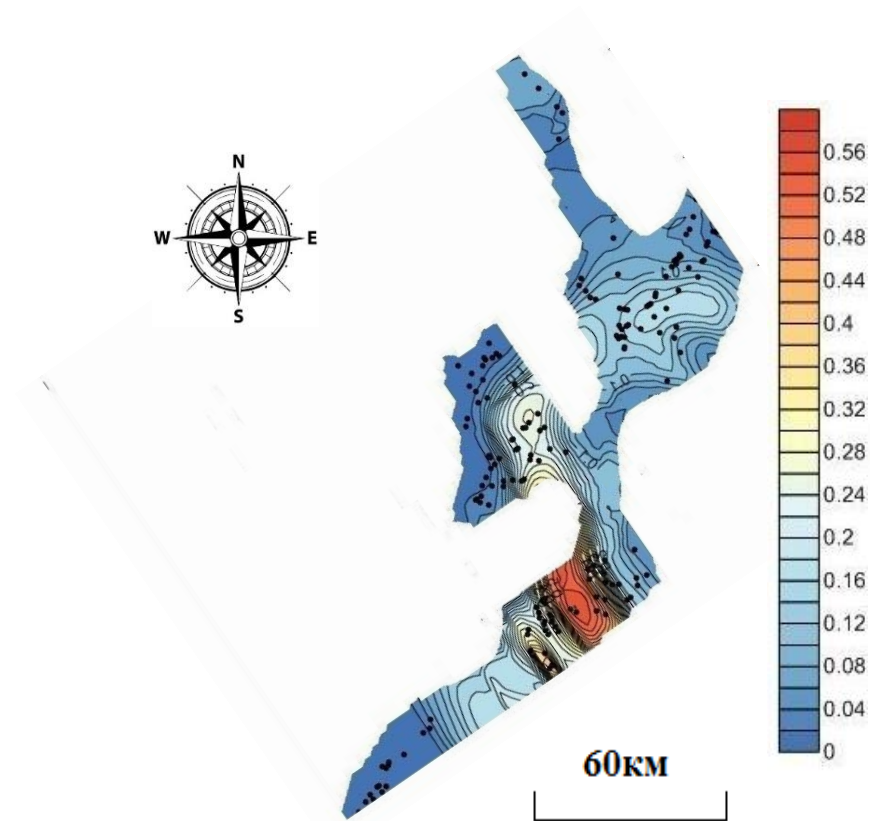


Рисунок 6.9 – Карта-схема распределения значений дисперсии содержаний урана

Максимальной неоднородностью выборки характеризуется побережье Баргузинского залива и простирается в направлении русла р. Турка.

*Торий.* Среднее значение содержания тория в почвах исследуемой территории сопоставимо со средним значением по республике Бурятия (Рисунок 6.10).



Рисунок 6.10 – Среднее содержание тория в исследуемых почвах

Распределение средних содержаний тория по профилю аналогично распределению урана и увеличивается с глубиной отбора (Рисунок 6.11).

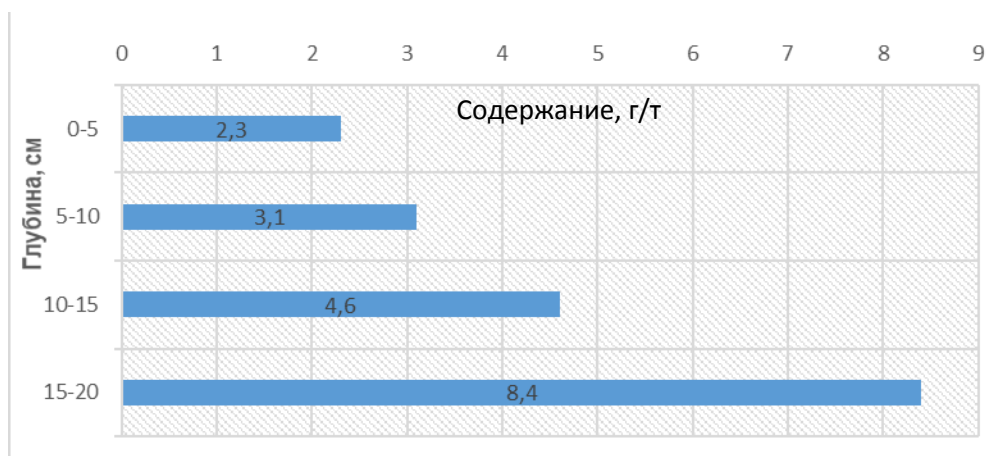


Рисунок 6.11 - Распределение среднего содержания тория по почвенным горизонтам

Пространственной распределение тория в почвах также можно рассматривать как аналогичное относительно урана (Рисунок 6.12).

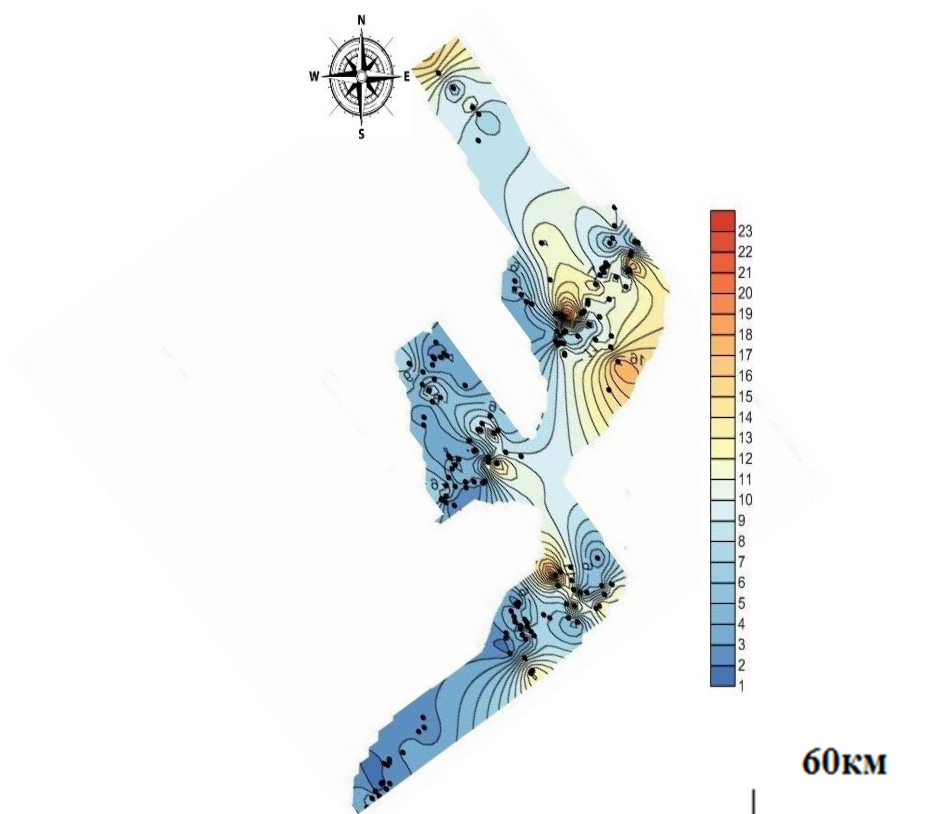
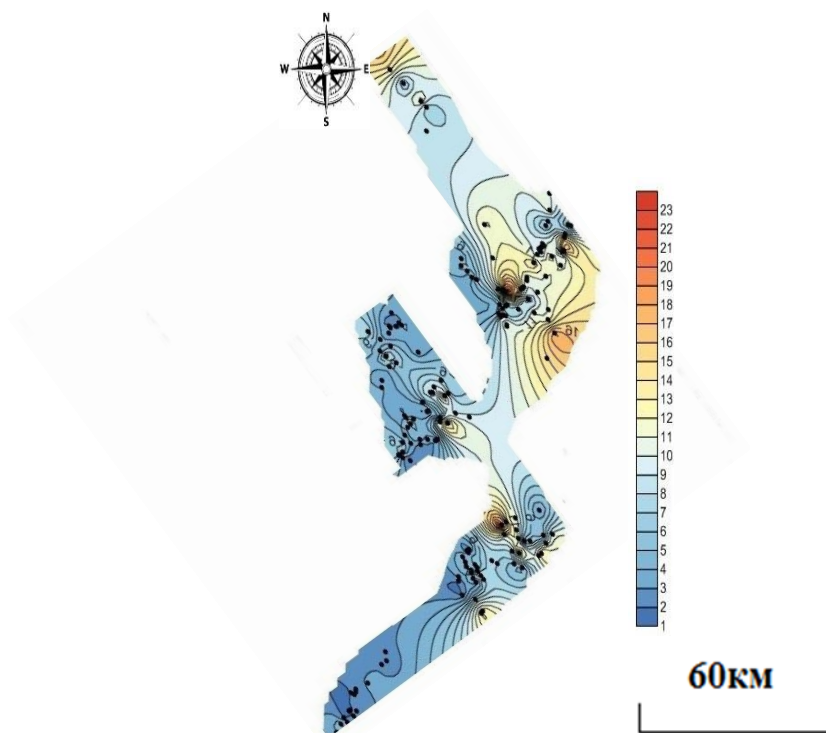


Рисунок 6.12 - Карта – схема распределения тория в почвах исследуемой территории

Неоднородность значений содержания тория в почвах проявляется в тех же местах, что и для урана, однако разброс дисперсии также выявлен на п-ове Святой Нос и на побережье Чивыркуйского залива (Рисунок 6.13).

Рисунок 6.13 – Карта-схема распределения значений дисперсии содержаний тория

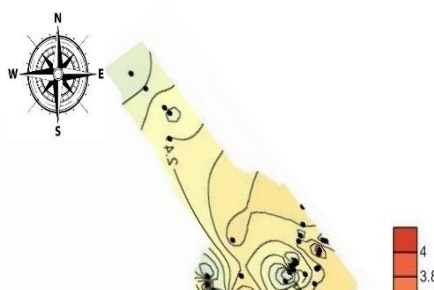


*Калий – 40.* Для территории восточного побережья и Бурятии в целом характерны наиболее высокие концентрации  $^{40}\text{K}$  относительно среднемировых значений и средних значений по Сибири (Рисунок 6.14).



Рисунок 6.14 - Средние значения  $^{40}\text{K}$  в исследуемых почвах

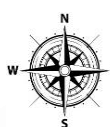
Накопление  $^{40}\text{K}$  происходит преимущественно на глубине 5-15 см. Вероятно, такое накопление связано с механическим составом почвы.



60км

Рисунок 6.15 – Карта-схема распределения  $^{40}\text{K}$  в исследуемых почвах

Наибольшими концентрациями  $^{40}\text{K}$  характеризуется северная часть национального парка и территория заповедника (Рисунок 6.15). Схема распределения содержаний  $^{40}\text{K}$ , как и схема распределения значений дисперсий, свидетельствует о том, что в северной части исследуемой территории распределение  $^{40}\text{K}$  достаточно однородное. В южной части территории наблюдается проявленность геологических структур разного возраста и состава, что может сказаться на содержании  $^{40}\text{K}$  в почвах. Тем не менее,  $^{40}\text{K}$  относительно других радионуклидов имеет более однородное распределение, близкое к нормальному, что свойственно для макроэлементов.



60км

Рисунок 6.16 – Карта-схема распределения значений дисперсии содержаний  $^{40}\text{K}$

*Цезий.* По среднему значению удельной активности техногенного  $^{137}\text{Cs}$  почвы восточного побережья превосходят средние величины по Бурятии, а также в десятки раз превышают значения глобального и регионального фона [27] (Рисунок 6.17).

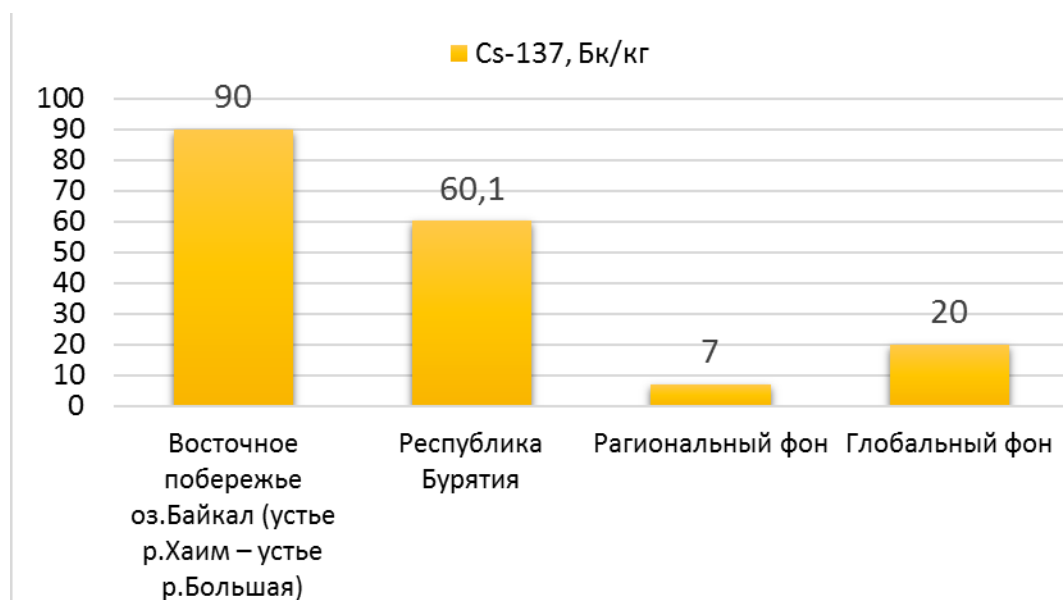


Рисунок 6.17 – Средние значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых почвах

Распределение  $^{137}\text{Cs}$  по профилю говорит о том, что этот радионуклид сорбирован почвой в результате атмосферных выпадений (Рисунок 6.18).

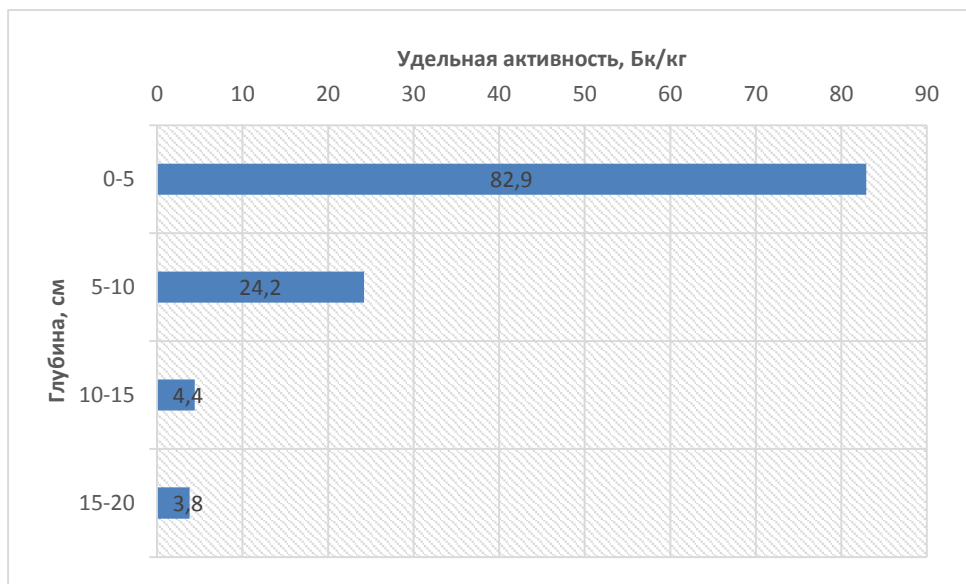


Рисунок 6.18 – Распределение  $^{137}\text{Cs}$  по почвенным горизонтам

Распределение в почвах радионуклидов, поступивших в результате глобальных выпадений, имеет «пятнистый» характер. Это отчётливо проявляется на карте распределения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почвах восточного побережья оз. Байкал (Рисунок 6.19).

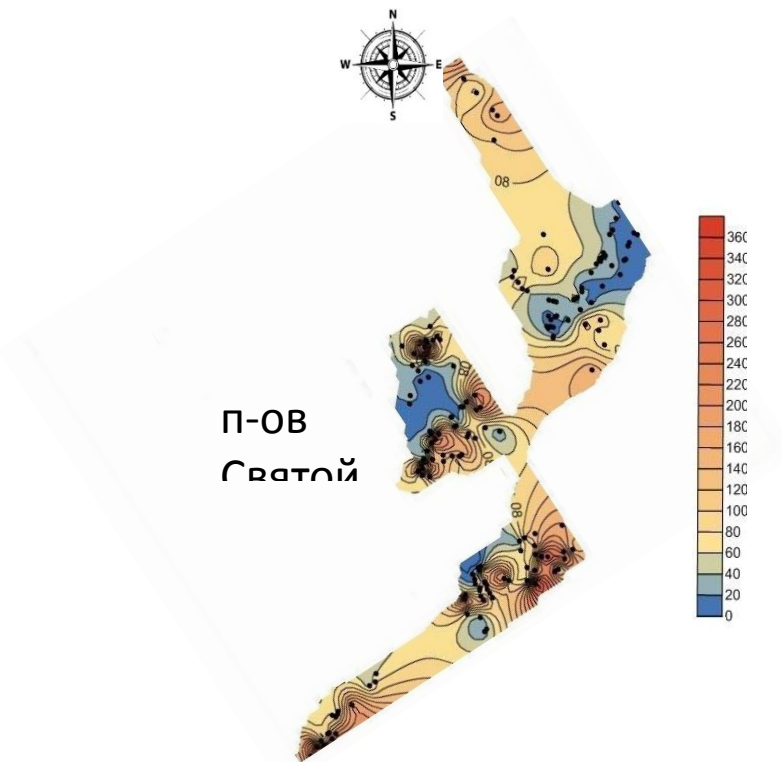


Рисунок 6.19 – Карта-схема распределения значений удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых почвах

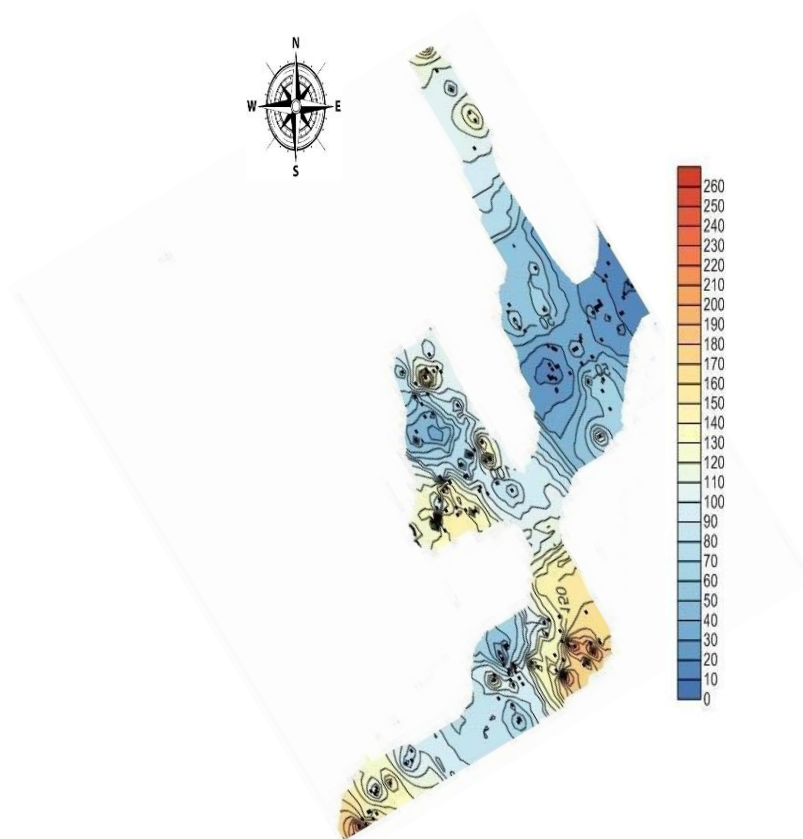


Рисунок 6.20 – Карта-схема распределения значений дисперсии содержаний  $^{137}\text{Cs}$

Неоднородность выборки  $^{137}\text{Cs}$  наиболее проявлена в южной части территории (п-ов Святой Нос, окрестности пос. Турка).

Таблица 6.1 – Средние, минимальные и максимальные содержания радионуклидов в почвах

	U, мг/кг	Th, мг/кг	Th/U	K-40, %	Cs-137, Бк/кг
Восточное побережье оз.Байкал	<u>2,2</u>	<u>7,3</u>	<u>3,3</u>	<u>1,9</u>	<u>90,0</u>
(устье р.Хаим – устье р.Большая)	0,5-6,42	1,1-24	0,67-13	0,28-4,1	2- <b>411,5</b>
Республика Бурятия	2,2	7,0	3,2	1,9	60,1
Среднее по Сибири	1,9	6,0	3,2	1,7	-

Следует отметить, что максимальная удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в почвах восточного побережья более чем 4 раза превышает среднее значение удельной активности в выборке.

Корреляция - связь между двумя переменными. Расчёты подобных двумерных критериев взаимосвязи основываются на формировании парных значений, которые образуются из рассматриваемых зависимых выборок.

Коэффициент корреляции Пирсона (r-Пирсона) применяется для исследования взаимосвязи двух переменных, измеренных в метрических шкалах на одной и той же выборке (таблица). Он позволяет определить, насколько пропорциональна изменчивость двух переменных. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена - это непараметрический метод, который используется с целью статистического изучения связи между явлениями (таблица). Для того, чтобы убедиться в «чужеродном» происхождении <sup>137</sup>Cs в почвах были рассчитаны парные коэффициенты корреляции.

Таблица 6.2 - Параметрическая корреляционная матрица - корреляция Пирсона

Correlations (курсовик база.sta) Marked correlations are significant at p < ,05000 N=180 (Casewise deletion of missing data)						
Variable	Means	Std.Dev.	U	Th	K-40	Cs-137
U	2.20033	1.13962	1.000000	<b>0.625779</b>	<b>0.185320</b>	0.066180
Th	7.25889	4.50724	<b>0.625779</b>	1.000000	<b>0.474441</b>	<b>-0.189411</b>
K-40	1.93383	0.83567	<b>0.185320</b>	<b>0.474441</b>	1.000000	<b>-0.458647</b>
Cs-137	89.13056	85.83835	0.066180	<b>-0.189411</b>	<b>-0.458647</b>	1.000000

Таблица 6.3 - Непараметрическая корреляционная матрица - корреляция Спирмена

Spearman Rank Order Correlations (курсовик база.sta) MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p <,05000				
Variable	U	Th	K-40	Cs-137
U	1.000000	<b>0.659361</b>	<b>0.247499</b>	0.004499
Th	<b>0.659361</b>	1.000000	<b>0.527487</b>	<b>-0.174974</b>
K-40	<b>0.247499</b>	<b>0.527487</b>	1.000000	<b>-0.483494</b>
Cs-137	0.004499	<b>-0.174974</b>	<b>-0.483494</b>	1.000000

По значениям коэффициентов парной корреляции построены графф-ассоциации. Минимальный порог значимых связей – 0,5 (Рисунок 6.21).

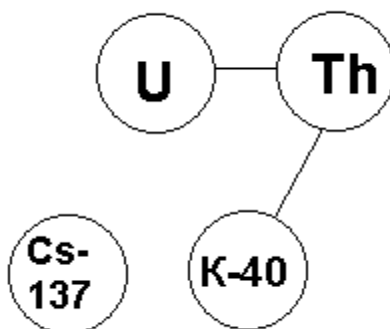


Рисунок 6.21- Графф-ассоциации радиоактивных элементов в почвах

Програмное обеспечение Cascad 3D даёт возможность увидеть пространственное распределение коэффициента корреляции химических элементов (Рисунки 6.22-6.27).



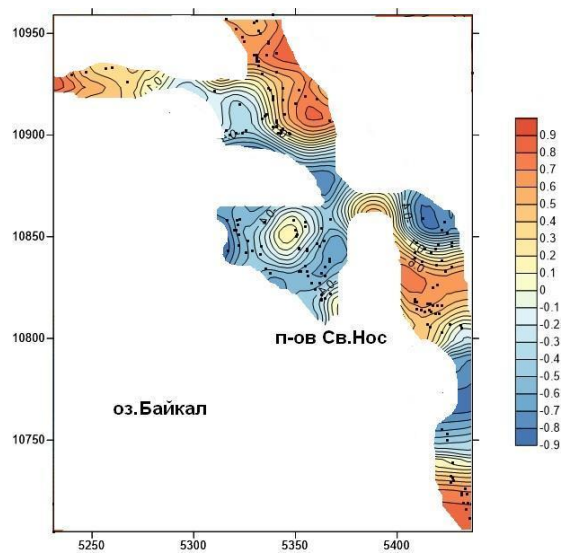


Рисунок 6.22 – Схема распределения коэффициента ранговой корреляции Th и  $^{137}\text{Cs}$

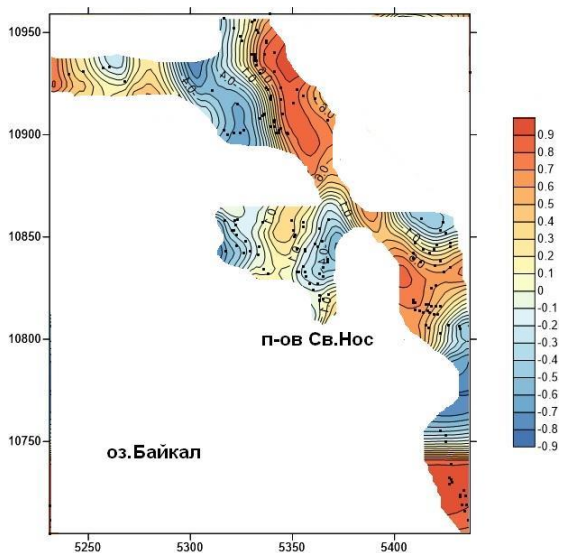


Рисунок 6.23 – Схема распределения коэффициента ранговой корреляции U и  $^{137}\text{Cs}$

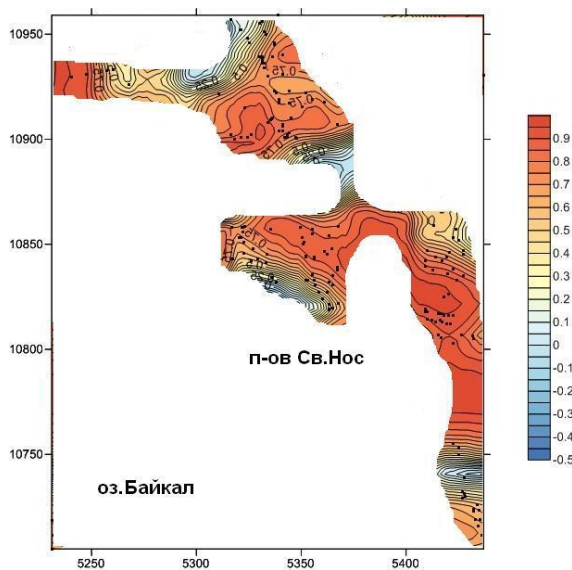


Рисунок 6.24 – Схема распределения коэффициента ранговой корреляции Th и U

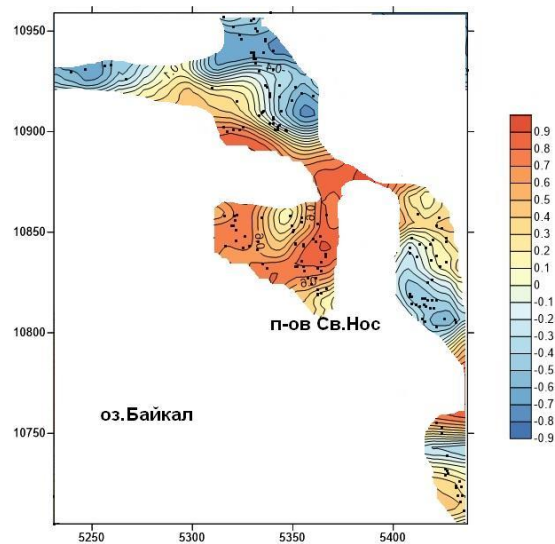


Рисунок 6.25 – Схема распределения коэффициента ранговой корреляции Th и  $^{40}\text{K}$

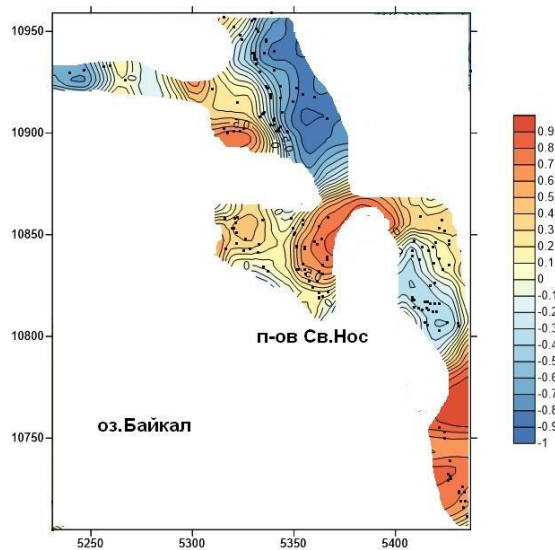


Рисунок 6.26 – Схема распределения коэффициента ранговой корреляции  $^{40}\text{K}$  и U

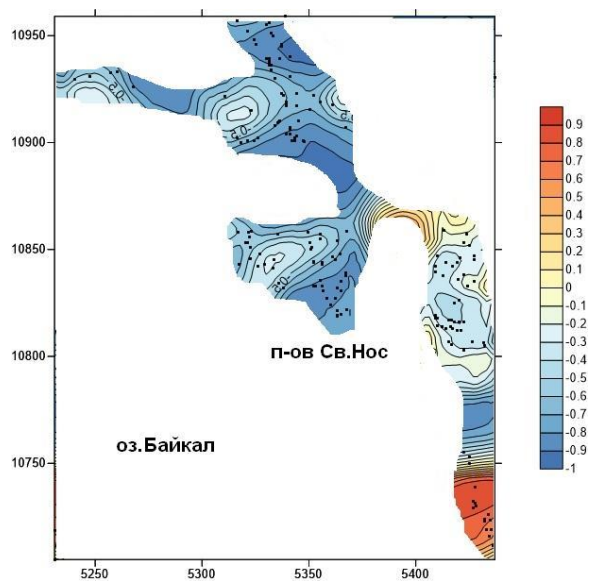


Рисунок 6.27 – Схема распределения коэффициента ранговой корреляции  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$

На картах видна сильная корреляционная связь между U и Th, а также высокая корреляция U и Th с  $^{137}\text{Cs}$  в горных областях. Этот феномен связан, предположительно, задержкой радиоактивного облака в горных массивах, которые характеризуются высоким содержанием урана.

Кластерный анализ решает задачу построения классификации, то есть разделения исходного множества объектов на группы (классы, кластеры). На дендрограмме видна сильная связь U и Th, а также связь этих элементов с  $^{40}\text{K}$  (Рисунок 6.28).

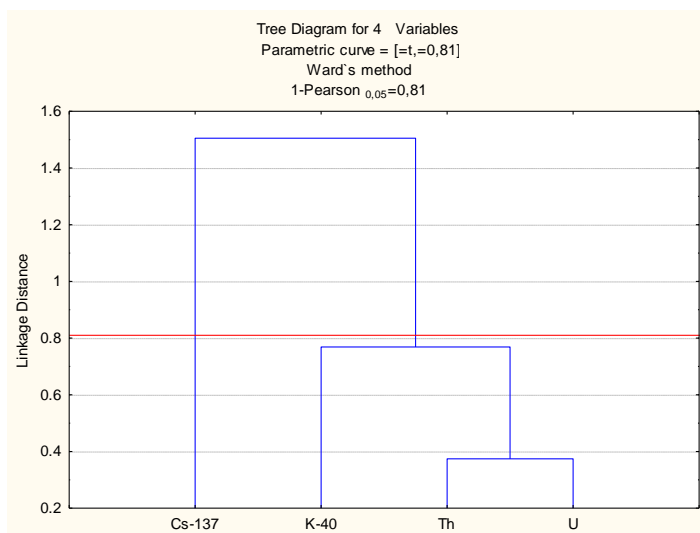


Рисунок 6.28 – Дендрограмма корреляционной матрицы радиоактивных элементов в почвах

Факторный анализ — многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных (рисунок 6.29). Предполагается, что известные переменные зависят от меньшего количества неизвестных переменных и случайной ошибки.

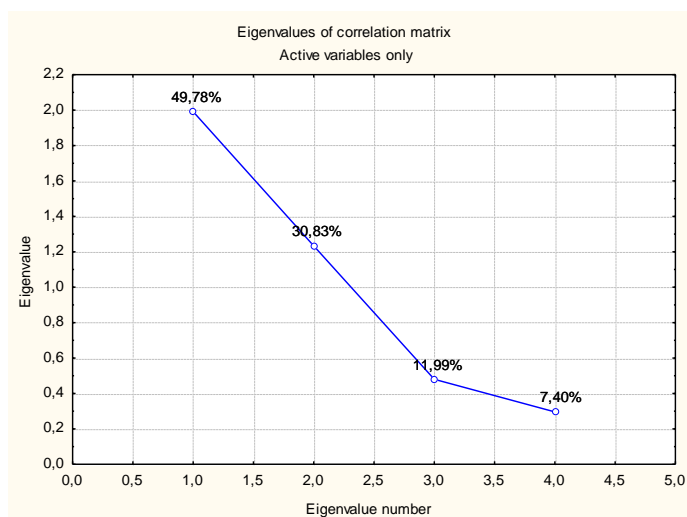


Рисунок 6.29 – Кривая вклада факторов в общую дисперсию распределения радиоактивных элементов в почвах изучаемой территории

Круговые диаграммы векторных факторных нагрузок показывают, какой фактор и каким образом связан с распределением элементов в почвах исследуемой территории (Рисунок 6.30).

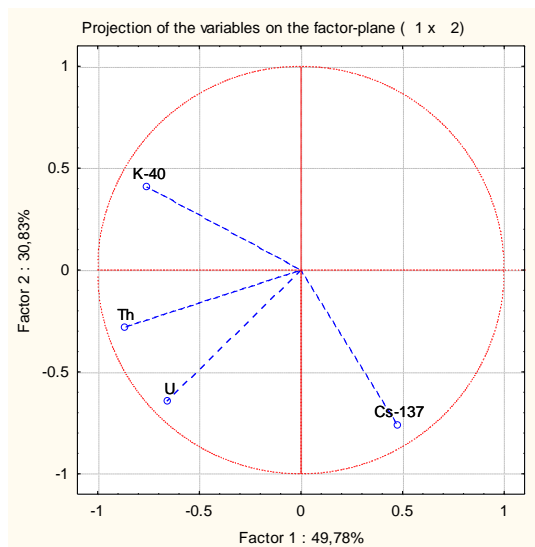


Рисунок 6.30 - Круговая диаграмма векторных факторных нагрузок 1 и 2 фактора

В роли первого фактора выступает происхождение радионуклидов. Он оказывает наибольший вклад в распределение значений в выборке.

Пространственное распределение факторных нагрузок было изучено с применением программы CASCAD (Рисунок 6.31). Факторная нагрузка изучалась для 1 и 2 фактора.

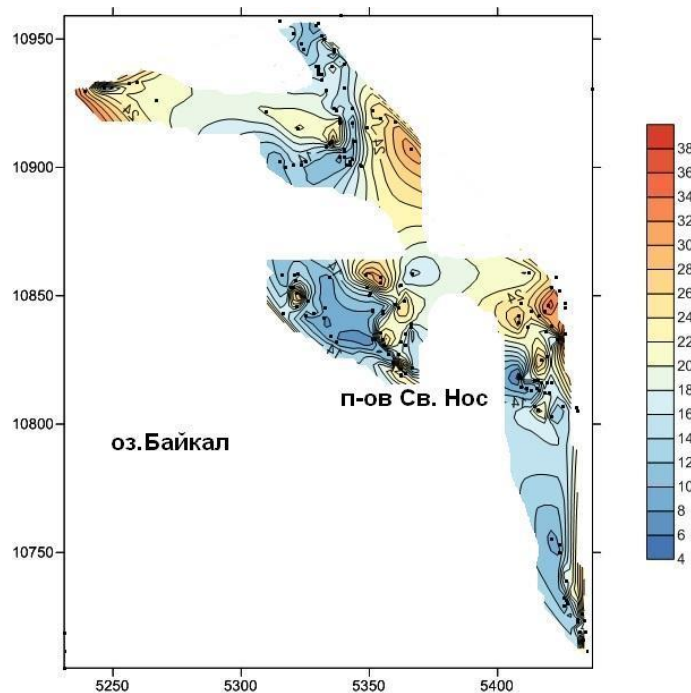


Рисунок 6.31 – Карта-схема распределения факторной нагрузки, рассчитанной для 1 фактора.

Таким образом, построение схематических карт и использование инструментов программы Statistica показало, что генезис  $^{137}\text{Cs}$  не связан с происхождением естественных радионуклидов.

На сегодняшний день, в Мире накоплен значительный материал по активности радиоцезия  $^{137}\text{Cs}$  в почвах. Значительно меньше, особенно в России, есть информации по альфа-излучающим радионуклидам (Pu, Am) в почвах, которые, в силу своих ядерно-физических свойств, будут представлять основную радиоэкологическую опасность в будущем. (Рихванов Страховенко)

Изотоп  $^{137}\text{Cs}$  образовывается при делении ядер в ядерных реакторах и использовании ядерного оружия. Факт загрязнения почв Бурятии  $^{137}\text{Cs}$  даёт основания полагать, что в результате ядерных испытаний в почвы могли поступать изотопы Pu. В почвах заповедника методом альфа-спектрометрии была определена удельная активность  $^{239+240}\text{Pu}$  (Рисунок 6.32). Максимальная активность отмечена на расстоянии 43 км от берега оз. Байкал, вблизи Хариусовых озёр. Этот пункт пробоотбора характеризуется максимальной высотой – 628м н.у.м. Такое пространственное распределение активности изотопов плутония обусловлено спецификой выпадения атмосферных осадков в высокогорном хребте, находящемся на пути движения радиоактивных облаков, движущихся с Семипалатинского полигона. Также высокие значения удельной активности отмечаются в 10-15-километровой зоне, которая представлена средней частью горно-лесного пояса. Средний глобальный уровень активности плутония в почвах Сибири мы оцениваем на уровне 0,2-0,4 Бк/кг (Атурова,2001, Рихванов,2009). Близкими к фону значениями характеризуются донные отложения рек, а также значения активности  $^{239+240}\text{Pu}$  в почвах села Гремячинск (1 Бк/кг, <0,14 Бк/кг), расположенного на расстоянии 125 км от посёлка Усть-Баргузин.

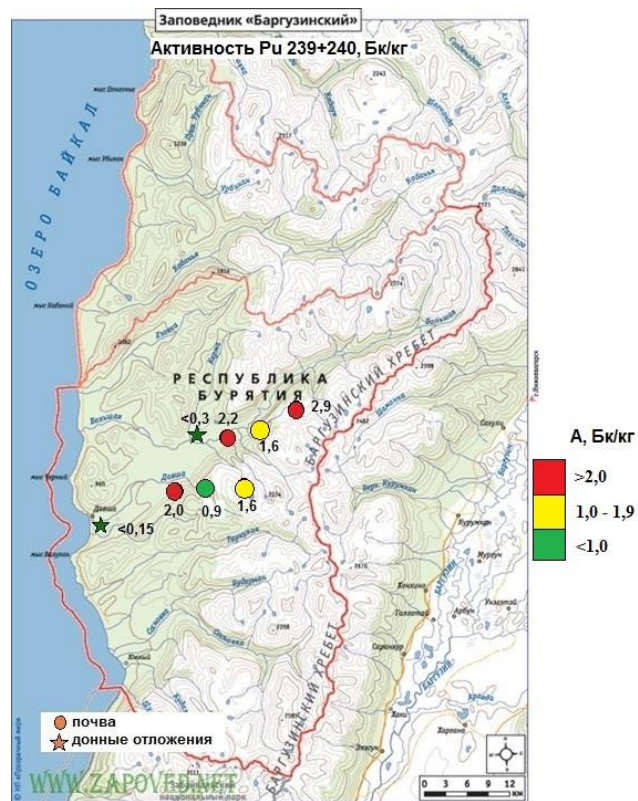


Рисунок 6.32– Удельная активность  $^{239+240}\text{Pu}$  в почвах Баргузинского заповедника

Характер распределения активности искусственных радионуклидов как на исследуемой территории, так и в Бурятии в целом, имеет мозаичный характер и различные масштабы. Главным образом, это зависит от характера местности и выпадения осадков. Большинство полученных значений по удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  превышают уровень глобального фона.

## **7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### *7.1 Технико-экономическое обоснование работ*

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности [47]. Для выполнения этого нужно произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: полевые гидрогеохимические исследования, лабораторные работы (осуществляются подрядной организацией) и камеральные. Исследования проводились на территории Баргузинского государственного природного биосферного заповедника и Забайкальского национального парка, расположенных на территории республики Бурятия. Основные площадки опробования располагались на территории заповедника. Опробование производилось по двум пешему маршрутам длиной 37 км. Всего было отобрано 9 проб воды. Расстояние между пунктами отбора поверхностных вод – 10 - 15 км. Исследования проводились в 2014 и 2015 году. Опробование производилось в летние месяцы с начала июня до конца августа.

Лабораторные исследования включали в себя подготовку проб к анализу. Исследования проб производились на базе лаборатории НОЦ «Вода» кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ.

### *7.2 Планирование работ*

С целью выявления денежных затрат, связанных с выполнением технического задания, необходимо определить прежде всего время на выполнение отдельных видов работ по проекту, спланировать их последовательное выполнение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ по проекту.

1.организационный период. На стадии организационной подготовки ставится задача на проведение работы, подбирается инженерно – технический персонал, подбирается необходимое оборудование.

2.полевой период. Во время полевого периода выполняется опробование почв, поверхностных вод и донных отложений.

3.Камеральный период. Камеральные работы заключаются в подготовке проб к анализам, интерпретации результатов и обработке полученных материалов.

На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда. С целью выявления денежных затрат, связанных с выполнением технического задания, необходимо определить прежде всего время на выполнение отдельных видов работ по проекту,

спланировать их последовательное выполнение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ по проекту.

Исследования проводились на территории Баргузинского государственного природного биосферного заповедника и Забайкальского национального парка, расположенных на территории республики Бурятия. Основные площадки опробования располагались на территории заповедника. Опробование производилось по двум пешему маршрутам длиной 37 км. Всего было отобрано 9 проб воды. Расстояние между пунктами отбора поверхностных вод – 10 - 15 км. Исследования проводились в 2014 и 2015 году. Опробование производилось в летние месяцы с начала июня до конца августа.

Лабораторные исследования включали в себя подготовку проб к анализу. Исследования проб производились на базе лаборатории НОЦ «Вода» кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ.

Виды работ, которые необходимо провести для геоэкологических исследований указаны в геоэкологическом задании. Виды, условия и объёмы работ представлены в таблице 7.1 (технический план). На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Таблица 7.1 - Виды и объёмы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Эколого-геохимические работы гидрогеохимическим методом	проба	9	Привязка пунктов – устье рек, впадающих в оз.Байкал, а также горячих источников. Пробы отбираются на глубину 30-50см. Обозначение проб, и их регистрация - на бланках этикеток и журналов установленной формы.	Пробирки полипропиленовые с закручивающейся крышкой; Журналы регистрационные разные;
2	Проведения маршрутов при эколого-геохимических работах гидрогеохимическим методом	км	37	Выбор площадок отбора проб. Привязка пунктов наблюдения. Отбор проб водных объектов. Изучение и описание материалов проб. Эtiquетирование и	Сумка полевая кирзовая; Карандаш простой



				упаковка проб. Корректировка записей в полевой книжке. Регистрация проб в журнале.	
3	Полевая камеральная обработка материалов	проба	9	Систематизация проб. Составление сопроводительных ведомостей и оформление заказов на сторонние лабораторные работы. Написание соответствующего раздела в полевой отчет.	Блокнот малого размера Книга конторская Папка для бумаг Ручка шариковая (без стержня).
4	Камеральная работа обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	проба	9	Выявление источников загрязнения и путей транспортировки веществ-загрязнителей в окружающую среду. Разработка рекомендаций проведения природоохранных мероприятий. Дополнение новыми данными полевых книжек, журналов, каталогов.	Блокнот малого размера Книга конторская Папка для бумаг Ручка шариковая (без стержня) Бумага копировальная.
5	Камеральные работы, обработка материалов эколого-геохимических работ (с использованием ЭВМ),	проба	9	Аналитические и расчетные работы (табл. 60, строки 29-32): изучение результатов анализов проб и их систематизация; анализ характера распределения элементов-индикаторов с построением графиков распределения содержаний элементов; формирование геохимических выборок;	Электронно-вычислительная машина

				собственно расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.	
--	--	--	--	--	--

### 7.3 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Расчет затрат времени на геоэкологические работы определен порядком «Инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и ССН-93 выпуск 2 «Геоэкологические работы» [48, 49]. Из этого справочника взяты следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$t=Q*H_g*K, \text{ где}$$

Q- объем работ; H<sub>г</sub> - норма времени; K - соответствующий коэффициент к норме.

Используя технический план, в котором указаны все виды работ необходимо определить затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах и месяцах. Для этого заполняется таблица 7.2.

Таблица 7.2 - Расчет затрат времени на геоэкологические исследования

№	Виды работ	Объем		Норма длительности, Н	Коэффициент, К	Нормативный документ	Итого чел./смена, N
		Ед. изм.	Кол-во				
1	Эколого-геохимические работы гидрогеохимическим методом	Штук	9	0,0594	1	ССН, вып. 2, стр. 47, п. 73	0,53
2	Проведения маршрутов при эколого-геохимических работах гидрогеохимическим методом	Км	37	0,119	1	ССН, вып. 2, табл. 39, стр. 5	4,403
3	Полевая камеральная обработка материалов	Штук	9	0,004	1	ССН, вып. 2, табл. 54, стр. 1, ст.3	0,0369

Таким образом, геохимические исследования будет выполнять отряд, состоящий из 2

4	Камеральная работа обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	штук	9	0,0275	1	ССН, вып. 2. Табл. 59, стр. 3, ст. 5	0,248
5	Камеральные работы, обработка материалов эколого-геохимических работ (с использованием ЭВМ)	Штук	9	0,04	1	ССН. Вып 2. Табл 61, стр.3, ст.5	0,360
6	Камеральная обработка материалов эколого-геохимических работ, необходимость выполнения которого зависит от геохимического метода (без использования ЭВМ)	Штук	9	0,0001	1	ССН. Вып 2. Табл 60, 28 стр, 29 стр.	0,0009
Итого:							5,5788

человек (геоэколог, рабочий 2 категории). То есть то количество исполнителей, которое необходимо для исполнения всех проектируемых работ.

#### 7.4 Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения всего объема проектируемых работ

Основным показателем для планируемых работ во времени считается производительность труда за месяц.

Основным показателем для планирования, организации и управления проектируемыми работами является производительность труда. Эти технико-экономические показатели необходимы для планирования проектируемых работ. Производительность труда за месяц ( $P_{мес}$ ), определяется по формуле:

$$P_{мес} = Q / T_{усл} * n$$

$$n = Q / P_{мес} * T_{усл}$$

где Q- объем работ;  $T_{усл}$  - время проектное в расчетных единицах (месяц) для каждого вида работ; n- коэффициент загрузки.

Произведя расчеты по данным выше формулам получаем требуемое количество бригад.

Полевые работы начинаются 1 июня и завершаются в августе. Полевые работы будут осуществляться в течение 3 месяцев. Транспортировка персонала будет осуществляться: на место работ и после окончания.

### 7.5 Расчёт затрат труда

Таблица 7.3 - Расчет затрат труда

№	Виды работ	Т	Геозколог	Рабочий 2
			Н, чел/смена	Н, чел/смена
1.	Эколого-геохимические работы гидрогеохимическим методом	1,06	0,53	0,53
2.	Проведения маршрутов при эколого-геохимических работах гидрогеохимическим методом	8,806	4,403	4,403
3.	Полевая камеральная обработка материалов	0,0369	0,0369	-
4.	Камеральная работа обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	0,248	0,248	-
5.	Камеральные работы, обработка материалов эколого-геохимических работ (с использования ЭВМ)	0,360	0,360	-
6.	Камеральная обработка материалов эколого-геохимических работ, необходимость выполнения которого зависит от геохимического метода (без использования ЭВМ)	0,0009	0,0009	-
Итого:		10,5118	5,5788	4,933

### 7.6 Нормы расходов материалов

В соответствии со справочником сметных норм на геологоразведочные работы в таблице 7.4 представлено наименование материалов необходимых для проведения геохимических работ.

Таблица 7.4 Нормы расхода материалов на проведение геохимических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
<b>Эколого- геохимические работы биогеохимическим методом</b>				
Журналы регистрационные разные;	шт.	70	1	70
Карандаш простой;	шт.	20	2	60
Книжка этикетная;	шт.	50	0,126	6,3
Ручка шариковая (без стержня).	шт.	20	0,25	5
Блокнот малого размера	шт.	20	2	40
Книга конторская	шт.	200	0,2	40
Папка для бумаг	шт.	15	2	30
<b>Проведения маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом</b>				
Сумка полевая кирзовая	шт.	100	8,33	264
Карандаш простой	шт.	20	2	40
<b>Камеральные работы</b>				
Блокнот малого размера	шт.	20	2	40
Книга конторская	шт.	200	0,2	40
Папка для бумаг	шт.	15	2	30
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	20	0,25	5
Бумага копировальная.	пачка (100 л)	150	0,3	45
<b>Лабораторные работы</b>				
Пробирки полипропиленовые	шт.	40	9	360
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	20	0,25	5
Итого:				1035,3

В таблице 7.5 представлены затраты на дорогу.

Таблица 7.5 - Расчет затрат на проезд

№	Транспортное средство	Количество человек	Стоимость (руб.)
1	Ж/д поезд (Томск-Улан-Удэ)	2	7000
2	Автобус (Улан-Удэ- Баргузин)	2	1200
3	Теплоход (Усть-Баргузин- п.Давша)	2	10000
4	Автобус (Баргузин- Улан - Удэ)	2	1200
5	Ж/д поезд (Улан-Удэ – Томск)	2	7000
	<b>Итого:</b>		<b>26400</b>

#### 7.7 Обиций расчет сметной стоимости проектируемых работ (СМ 1)

Обиций расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме.

Базой для всех расчетов в этом документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на:

- ЭГР;
- сопутствующие работы и затраты.

На эту базу начисляются проценты, обеспечивающие организацию и управление работ по проекту, так называемые расходы, за счет которых осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расходы на транспортировку грузов и персонала - 5% полевых работ.

Накладные расходы составляют 15% основных расходов.

Сметно-финансовые и прочие сметные расчеты производятся на работы, для которых нет ССН. Основные расходы для них рассчитываются в зависимости от планируемых расходов: труда (количество человек, их загрузка, оклад), материалов, техники. Следует помнить, что затраты труда определяются по трем статьям основных расходов:

1. Основная заработная плата (оклад с учетом трудозагрузки);
2. Дополнительная заработная плата (7,9% от основной заработной платы); отчисления на социальное страхование (26% от суммы основной и дополнительной заработной платы).

Общий расчет сметной стоимости проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на А (собственно геоэкологические работы) и Б (сопутствующие работы).

Расчет стоимости на проектно-сметные работы выполняется на основании данных организации, составляющей проектно-сметную документацию. Оклад берется условно [50].

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * Т * К,$$

где ЗП – заработная плата (условно), Окл – оклад по тарифу (р), Т – отработано дней (дни, часы), К – коэффициент районный.

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП},$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%, \text{ где СВ – страховые взносы.}$$

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ},$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + \text{М} + \text{А} + \text{R},$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ [51].

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 7.6, а расчет затрат на подрядные работы – в таблице 7.7.

Таблица 7.6 - Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ (данные окладов ППС и НС согласно приложению 1 к приказу ректора ТПУ от 1.10.2013 г.)

Таким образом, сметно-финансовый расчет на выполнение полевых работ составляет 12063,32 рублей.

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:						
геоэколог	1	чел-см	5,5788	576	1,022	3284
специалист 2 кат.	1	чел-см	4,933	544	1,022	2743
<b>И Т О Г О:</b>	2		30,05			6027
Дополнительная зарплата	7,9%					476
<b>И Т О Г О:</b>						6503
<b>И Т О Г О: с р.к.=</b>	1,3					8454
Страховые взносы	30,0%					2536
<b>И Т О Г О:</b>						10990
Материалы, К <sub>тзр</sub> =1,0	12,0%					1040
Амортизация	1%					60,27
<b>И Т О Г О основных расходов:</b>						12090,27

Таблица 7.7 – Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого
1	Масс-спектрометрия ч индуктивно-связанной плазмой	9	1200	10800
2	Итого			10800

#### 7.8 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Общий расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в этом документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на эколого-геохимические работы и сопутствующие работы и затраты.

Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ отображен в таблице 7.8

Таблица 7.8 - Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ (СМ 1)

№	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм.	Количество	
I	Основные расходы на геоэкологические работы			
1	Проектно-сметные работы	% пр.	100	12090,27
2	Полевые работы			12090,27
3	Камеральные работы	% пр.	100	12090,27
4	Транспортные расходы			<b>26400</b>
<b>Итого основных расходов (ОР):</b>				<b>62670,81</b>
II	Накладные расходы	% от ОР	15	9400,62
<b>Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)</b>				<b>72071,43</b>
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	14414,29
V	Подрядные работы			
Лабораторные работы				10800
V	Резерв	% от ОР	3	1880,12
<b>Итого сметная стоимость</b>				<b>99165,12</b>
VI	НДС	%	18	17849,72
<b>Итого с учётом НДС:</b>				<b>117014,84</b>

Таким образом, затраты на реализацию научно-исследовательского геоэкологического проекта на установленный период составляет 117014,84 рублей с учетом НДС.



## 8 Социальная ответственность

Данная магистерская диссертация представлена научно-исследовательской работой на тему: Эколого-геохимические особенности природных сред центральной части восточного побережья озера Байкал.

Исследование проводилось с целью изучения распределения химических элементов в природных водах, почве, донных отложениях.

В процессе исследования осуществлялся отбор проб вышеперечисленных природных компонентов, обработка результатов анализов проб, их систематизация; расчет геохимических показателей химических элементов; построение карт, оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков и набор текста на персональном компьютере. Работы проводились как в полевых условиях (в летнее время на открытом воздухе), так и помещении с электронно-вычислительными машинами. (таблица 8.1). Пробоотбор производился в летний период. Пробы отбирались на территории Баргузинского государственного природного биосферного заповедника и Забайкальского национального парка. Данные природоохранные структуры расположены на территории республики Бурятия, в центральной части восточного побережья оз. Байкал. Для отбора проб осуществлялись пешие маршруты на расстояние 30 - 45 км от побережья. Расстояние между пунктами отбора – 10 – 15 км. Пробоподготовка проводилась подрядными организациями.

Таблица 8.1 - Основные элементы производственного процесса при геоэкологических работах по изучению элементного состава природных сред

Этапы работ	Наименование запроюктированных видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-99) [52]		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Полевой	Отбор проб почв, воды, донных отложений (точечный отбор)	1. Механические травмы при пересечении местности.	1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе 2. Тяжесть физического труда	ГОСТ 12.0.003-99 [52] ГОСТ 12.1.005-88[53] ГОСТ 12.1.004-91[54] Р 2.2.2006-05 [55] ГОСТ 12.1.003-83 [56]

Лабораторный и камеральный	Обработка результатов анализов и составление отчетов на ЭВМ с жидкокристаллическим дисплеем	1. Поражение электрическим током; 2.Пожароопасность.	1.Отклонение параметров микроклимата в помещении. 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны.	СанПиН 2.2.4.548-96 [57] СанПиН 2.2.4.1294-03 [58] ГОСТ 12.1.019-79 [59] ГОСТ 12.1.038-82 [60] ГОСТ 12.1.004-91 [54] СНиП 21-01-97 [61] ГОСТ 12.1.005-88[53] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 [62]
----------------------------	---	---	---	---

### 8.1 Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредный фактор рабочей среды – фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работника может вызывать профессиональное заболевание или другое нарушение состояния здоровья, повреждение здоровья потомства (Р 2.2.2006-05) [55].

Полевой этап. Отклонение параметров климата при полевых работах. Климат представляет собой комплекс физических факторов, таких как влажность, скорость движения воздуха, интенсивность солнечного излучения, величину атмосферного давления.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и определяют самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Северо-восточное побережье Байкала отличается суровым континентальным климатом с некоторыми специфическими особенностями. Резко выраженные черты восточно-сибирского климата здесь сочетаются с элементами морского, возникающими вследствие близости гигантского пресного водоема. Влияние Байкала особенно ощутимо летом и осенью. Максимальная температура воздуха летом – 29,6°С [30].

Высокая температура воздуха – один из факторов, который влияет на снижение работоспособности. Климат исследуемой территории по показателям суточных колебаний температуры и скорости ветра относится к раздражающему. При проведении работ в летнее время рекомендуется устанавливать режимы рабочего времени, по возможности исключая производство работ в жаркое время дня. При проведении работ на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях на каждом участке должны быть устроены укрытия от неблагоприятных погодных условий (ПБ 08-37-2005) [63].

Для защиты работников, занятых на открытой территории, от нагревающего микроклимата должны применяться переносные тенты, навесы и другие сооружения или приспособления для снижения теплового излучения.

Не рекомендуется проведение работ на открытом воздухе, при температуре свыше 37 градусов Цельсия, перенося эти работы на утреннее или вечернее время. Работа при температуре наружного воздуха более 37 градусов Цельсия по показателям микроклимата относится к опасным (экстремальным).

Следует организовать медицинское наблюдение в следующих случаях:

- при возможности повышения температуры тела свыше 38 градусов Цельсия или при ожидаемом быстром ее подъеме;
- при выполнении интенсивной физической работы;
- при использовании работниками изолирующей одежды.

В целях профилактики нарушения водного баланса необходимо обеспечить полное возмещение жидкости, различных солей, микроэлементов (магний, медь, цинк, йод и другие микроэлементы), растворимых в воде витаминов, выделяемых из организма с потом. Для этого работодатель обеспечивает работников питьевой водой в достаточных количествах (из расчета не менее 3 л в смену на человека) [64].

Тяжесть и напряженность физического труда. Труд в полевых условиях всегда связан с физическими нагрузками. Физическая тяжесть труда – нагрузка на организм, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Согласно Р 2.2.2006-05 классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат, с учетом вида нагрузки (статистическая или динамическая) и нагружаемых мышц [55]. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая; 5-10 кг для женщин и 15-30 кг для мужчин – средней тяжести; свыше 10 кг для женщин и 30 кг для мужчин – тяжелая.

В данной работе масса всех исследуемых проб не превышает 5 кг. Масса всех необходимых для маршрута вещей не превышает 20 кг.

Лабораторный и камеральный этапы. Отклонение параметров микроклимата в помещении. Состояние воздушной среды рабочего помещения характеризуется следующими показателями: температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения от нагретой поверхности.

Для подачи в помещение воздуха используются системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественная вентиляция - регулируется температура воздуха с помощью кондиционеров как тепловых, так и охлаждающих.

Компьютерная техника и микроскопы являются источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В таких помещениях должны соблюдаться определенные параметры

микроклимата. Нормы микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 [53] и строительными нормами СанПиН 2.2.4.548-96 [57].

Для подачи в помещения свежего воздуха используются естественная вентиляция (проветривание). В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный или переходный	Температура воздуха в помещении	22-24 <sup>0</sup> С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	До 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	20-25 <sup>0</sup> С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1 м/с

Объем помещений, в которых помещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м<sup>3</sup>/чел, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещении, где установлены компьютеры, приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Нормы подачи свежего воздуха в помещениях, где расположены компьютеры [СанПиН 2.2.4.548-96].

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30

Для поддержания оптимальных микроклиматических условий в помещении в летний период необходимо своевременно, не реже одного раза в сутки, проветривать помещение, проводить влажную уборку. При проведении камеральных работ на компьютере с монитора вытирать пыль, и при работе с микроскопом также вытирать пыль. В зимнее время помещение лаборатории должно отапливаться.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Одним из элементов, влияющих на комфортные условия работы на микроскопе и персональном компьютере, является освещение. Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут

привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

К системам освещения предъявляются следующие требования: соответствие уровня освещенности рабочих мест по характеру выполняемой зрительной работы; достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве; отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей); постоянство освещенности во времени; оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;

В помещениях лаборатории и кабинетах с ПЭВМ освещение является совмещенным (естественное освещение, дополненное искусственным).

Гигиенические требования к освещению данных помещений показаны в таблице 8.4 согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [62].

Естественное освещение осуществляется боковым светом через окна. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. К общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов или предметов. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ.

Таблица 8.4 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПЭВМ [62]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %		Освещенность, лк		
		верхнее или комбинированное	боковое	верхнее или комбинированное	боковое	комбинированное		общее
						все	от общего	
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 *	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран монитора: В-1,2 *	-	-	-	-	-	-	200
Лаборатории	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

## 8.2 Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению

Опасный фактор рабочей среды - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти. В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные факторы рабочей среды могут стать опасными (Р 2.2.2006-05.) [55].

Полевой этап. Механические травмы при пересечении местности. На открытой местности при проведении геоэкологических работ на территории природоохранных территорий существует риск получения повреждений и травм. Повреждения могут быть разной степени тяжести: переломы рук и ног, различные растяжения, вывихи, ушибы, порезы и др. Во избежание различных повреждений необходимо строго соблюдать технику безопасности и индивидуальную безопасность жизнедеятельности, быть очень внимательными при проведении работ.

Согласно ПБ 08-37-2005 [63], работа в маршруте должна проводиться только в светлое время суток и прекращаться с таким расчетом, чтобы все работники успели вернуться в лагерь до наступления темноты.

При появлении признаков горной болезни (апатия, усталость, сонливость, головокружение) - снизить физическую нагрузку, при нарастании заболевания - принять лекарственные средства (анальгин, аэрон, валидол). При тяжелых формах необходима эвакуация. Для ускорения акклиматизации к высокогорью рекомендуется применять адаптогены - женьшень, элеутерококк, лимонник и др.

Работникам необходимо иметь при себе аптечку с медикаментозными средствами (вата, бинт, жгут, медицинский спирт, зеленка, перекись водорода, анальгин, нашатырный спирт, альбуцид, ношпа и др.).

При передвижении по участкам, опасным в отношении камнепада, следует делать перебежки от укрытия к укрытию. Признаками таких участков являются следы от ударов камней на скалах, траве, мху, снегу и льду.

При движении необходимо ставить ногу плавно и легко, избегая резких движений и поворотов.

При проведении маршрутов в лесу между участниками должна по возможности поддерживаться зрительная и голосовая связь. При работе в густом лесу, в зарослях кустарника расстояние между идущими должно быть не менее 3 м. В местах распространения клещей следует плотно застегивать одежду, пользоваться противоэнцефалитными костюмами и 3 - 4 раза в день осматривать одежду и тело. При признаке лесного пожара (запах гари, бег зверей или полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне. В случае невозможности устранения пожара при первой же возможности старший группы должен сообщить о нем местным органам власти.

Лабораторный и камеральный этапы. Поражение электрическим током. Источником электрического тока при проведении анализов на оборудовании, а также при работе на ЭВМ могут явиться перепады напряжения, высокое напряжение и вероятность замыкания человеком электрической цепи.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает: -термическое действие (ожоги, нагрев до высоких температур внутренних органов); электролитическое действие (разложение органических жидкостей тела и нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными судорожными сокращениями мышц).

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТу 12.1.038-82 ССБТ (ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ) [62]. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в таблице 8.5

Таблица 8.5 – Нормирование напряжения прикосновения и тока, [62]

Род тока	U, В	I, мА
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

По опасности поражения электрическим током помещения с ПЭВМ и лаборатория относятся к помещениям без повышенной опасности (согласно ПУЭ), т.к. в данных помещениях преобладают следующие условия: относительная влажность составляет 50-60%; температура воздуха в помещениях не превышает 35 °С; отсутствуют токопроводящие полы (полы деревянные) [65].

Защита от электрического тока подразделяется:

- защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, блокировка, пониженные напряжения, знаки безопасности и плакаты);
- защиты от поражения электрическим током на электроустановке (защитное заземление, защитное отключение, молниезащита).

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

### 8.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

*Чрезвычайной ситуацией (ЧС)* называют внешне неожиданную, внезапно возникшую обстановку, характеризующуюся резким нарушением установившегося процесса или явления

и оказывающую значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность населения, функционирование экономики, социальную сферу, природную среду.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях – это состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Для территории Бурятии характерна пожароопасная обстановка. Пожары возникают в результате сухих гроз и поджогов. Объекты, пожары на которых могут привести к массовому поражению людей, находящихся на этих объектах и окружающей территории, опасными и вредными производственными факторами (по ГОСТ 12.0.003) [52], а также опасными факторами пожара и их вторичными проявлениями, должны иметь системы пожарной безопасности, обеспечивающие минимально возможную вероятность возникновения пожара. Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Предотвращение пожара должно достигаться предотвращением образования горючей среды и (или) предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания. Ограничение распространения пожара за пределы очага должно достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией: устройством противопожарных преград; установлением предельно допустимых по технико-экономическим расчетам площадей противопожарных отсеков и секций, а также этажности зданий и сооружений, но не более определенных нормами; устройством аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций; применением средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре; применением огнепреграждающих устройств в оборудовании [54].

#### *8.4 Законодательное регулирование проектных решений*

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в РФ, не должны противоречить Конституции РФ. Гарантом Конституции РФ является Президент. Президент РФ издает указы и распоряжения, обязательные для исполнения на всей территории РФ. Федеральные законы принимаются Государственной Думой, рассматриваются Советом Федерации, подписываются и обнародуются Президентом. В состав этих основ входит:

1. Экологическая безопасность.



Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии с марта 1992г. федерального закона «Об охране окружающей среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия. Закон содержит свод правил охраны окружающей среды в новых условиях хозяйственного развития и регулирует природоохранные отношения в сфере всей природной среды, не выделяя ее отдельные объекты, охране которых посвящено специальное законодательство. Задачами этого законодательства являются: охрана природной среды, предупреждение вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности, оздоровление окружающей природной среды, улучшение ее качества. Эти задачи реализуются через 3 группы норм:

- нормативы качества окружающей среды
- экологические требования к хозяйственной и другой деятельности, влияющей на окружающую среду
- механизм исполнения этих требований

К нормативам относятся ПДК (химического, физического, биологического происхождения).

Экологические требования предъявляются всем хозяйственным субъектам независимо от форм собственности и подчиненности.

Механизм реализации выражается в сочетании экономических методов хозяйствования с административно-правовыми мерами обеспечения качества окружающей среды.

2. Охрана труда – это система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Законодательство РФ об охране труда состоит из соответствующих норм Конституции РФ, основ законодательства РФ об охране труда и издаваемых в соответствии с ними законодательных и иных нормативных актов.

Основные направления государственной политики в области охраны труда:

- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятий.
- установление единых нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности
- защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве

и другие.

Каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе:

- на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов
- на возмещение вреда, причиненного увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей
- на обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя и др.

### 3. Чрезвычайные ситуации.

Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты населения, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

Основные цели закона: предупреждение возникновения и развития ЧС, снижение размеров ущерба и потерь от ЧС, ликвидация ЧС.

12 февраля 1998г. был подписан закон о ГО. Закон определяет задачи в области ГО и правовые основы их осуществления, полномочия органов государственной власти РФ.

Законом определены следующие основные задачи ГО:

- обучение и оповещение населения
- эвакуация населения и материальных ценностей
- предоставление населению убежищ и СИЗ
- проведение маскировки а аварийно-спасательных работ
- первоочередное обеспечение населения, пострадавшего при ведении военных действий
- проведение мер по обнаружению и обозначению районов заражения и обеззараживание населения, техники и территорий [Конституция Российской Федерации,

2. Федеральные законы РФ: "Об образовании", "О гражданской обороне", "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"[66].

## Заключение

Полученные данные по распределению ряда химических элементов в отдельных компонентах окружающей среды центральной части восточного побережья озера Байкал, наряду с уже известной геоэкологической информацией, позволяют наметить приоритетные эндемические (K, Mg, Ca, U, Th, Mo) и техногенные ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ) элементы, определяющие качество окружающей среды в регионе.

Впервые для исследованного региона приводятся данные по загрязнению почв изотопами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$ , представлено сравнение активности этих радионуклидов относительно фоновых значений. Проведена статистическая обработка уже имеющихся данных по радиоэкологическому опробованию, подготовлен графический материал. Для данных по содержанию естественных радионуклидов построены карты-схемы распределения их концентраций, показаны особенности строения геохимических полей, места нахождения повышенных (аномальных) содержаний радиоактивных элементов по сравнению с региональными фоновыми содержаниями и кларками.

Проведены комплексные гидрогеохимические исследования на территории Баргузинского заповедника и Забайкальского национального парка. Определены низкие содержания макро- и микроэлементов в образцах воды, выявлены источники повышенных концентраций, приведена радиогеохимическая характеристика исследуемых вод. По данным содержаний химических элементов в водных пробах и пробах донных отложений рассчитан коэффициент донной аккумуляции, позволяющий оценить поступление некоторых элементов в осадок.

Особую благодарность автор выражает научному руководителю – д.к.-м.н., профессору кафедры ГЭГХ ТПУ Л.П. Рихванову. За содействие в полевых работах – д.б.н., заместителю директора ФГБУ «Завоедное подлесье» А.А. Ананину и всему коллективу Баргузинского заповедника. За помощь в статистической обработке данных и создании картографического материала – к.г.-м.н., доценту ГЭГХ ТПУ И.С. Соболеву. За ценные советы, консультации и конструктивные замечания автор благодарен Д.В. Юсупову, аспирантам А.С. Торопову и Г.М. Есильканову.

## Список публикаций

1. Галушкина Д. Н. Статистическая обработка данных радиоэкологического опробования почв центральной части восточного побережья озера Байкал // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, Томск, 23-27 Ноября 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - С. 223-225
2. Галушкина Д. Н., Рихванов Л. П. Радиоэкологические особенности природных сред центральной части восточного побережья озера Байкал // Вопросы естествознания. - 2015 - №. 3 (7). - С. 75-78
3. Галушкина Д. Н., Федорова С. Н. Определение вещественного состава и содержание ртути в пробах почв Государственного природного биосферного заповедника "Баргузинский" // Экология России и сопредельных территорий: материалы XIX Международной экологической студенческой конференции, Новосибирск, 24-27 Октября 2014. - Новосибирск: Изд-во НГУ, 2014 - С. 122
4. Галушкина Д. Н., Рихванов Л. П. Радиоактивные элементы в поверхностных водах и почве центральной части восточного побережья озера Байкал // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 70-летию юбилею Победы советского народа над фашистской Германией, Томск, 6-10 Апреля 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - Т. 1 - С. 597-598
5. Галушкина Д.Н., Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в почвах центральной части восточного побережья оз.Байкал // сборник тезисов всероссийской научно-практической молодёжной конференции "Современные исследования в геологии". СПб.: СПбГУ, 2016. С. 98-99.

## Список используемых источников

1. С.А. Кашик, В.Н. Мазиллов Многомерный анализ в литологии. Новосибирск, «Наука», Сибирское отд-ние, 1984. 72 с.
2. Минимизация свободной энергии при расчете гетерогенных равновесий / И. К. Карпов, К. В. Чудненко, В. А. Бычинский, Д. А. Кулик, А. Л. Павлов, Г. А. Третьяков, С. А. Кашик - Геология и геофизика, 1995, т. 36, № 4, с. 3—21
3. Хаустов А.П., Чесалов С.М. Классификация бассейна оз. Байкал по условиям формирования подземного стока с помощью факторного анализа / Хаустов А.П., Чесалов С.М. // Круговорот вещества и энергии в водоемах: Тез.докл. Иркутск. 1981. Вып.4: Морфолитодинамика, гидрология, климат, седиментация. С. 85-86
4. Потоки основных микроэлементов в оз. Байкал с водами рек [Текст] / И. С. Ломоносов, А. Е. Гапон, Г. М. Шпейзер, Н. М. Жигунова // Вторая Верещагинская байкальская конференция, 5-10 октября 1995 г. : тез. докл. и стенд. сообщ. - Иркутск, 1995. - С. 112-113
5. Агафонов Б.П. Режим поступления терригенного материала в оз. Байкал/Агафонов Б.П. // География и природные ресурсы, 1994, N 3.-С.66-75
6. Грачев М. А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал / М. А. Грачев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – 156 с.
7. Яновский, Л. М. Гидрогеохимические особенности ландшафтов Прибайкалья как стоматогенные факторы / Л.М. Яновский // Сибирь-Восток. - 2003. - Июль, Вып. №7. - С. 23-27
8. В. А. Кузьмин. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории (эколого-геохимический подход). —Иркутск: Изд-во ИГСОРАН, 2002.
9. Афолина Т.Е. Потоки органических веществ в оз. Байкал, процессы их накопления и преобразования в донных осадках. Иркутск Изд-во Иркутской гос. с.-х. акад. 2012
10. Вотинцев К. К., Тарасова Е. Н., Мещерякова А. И. Поступление аллохтонного органического вещества в воды Байкала как элемент его баланса Ихтиол., гидробиол., гидрохимия, энтомол. и паразитол. Тез. докл. 11 Всес. симп. Биол. пробл. Севера. Вып. 4. Якутск. 1986, с. 116-117
11. Granina LZ, Karabanov EB, Callender E (1993) Relics of oxidized ferromanganese formations in the bottom sediments of Lake Baikal. IPRCCENews1 7: pp.32–39
12. СанПиН 2.1.4.1116-02 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест
13. Никаноров А. М. Гидрохимия. Л. : ГМИ, 1989. 352 с.
14. Безруков Л.А., Никольский А.Ф. Экономическая оценка ущерба от негативного воздействия Ангарского каскада ГЭС и водохранилища на природу, хозяйство и население

- Иркутской области // География и природные ресурсы. 1995. - №1. - С. 125-134
15. А.М. Никаноров, А.А. Матвеев, С.А. Резников, В.С.Аракелян, Н.Н. Лукьянова. Многолетняя динамика загрязнения озера Байкал полициклическими ароматическими углеводородами в районе сброса сточных вод Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК). // Доклады Академии наук. - 2011.
16. Гранина Л.З., Карабанов Е.Б., Пампура В.Д. Железомарганцевые образования в Байкале // География и природные ресурсы, 1991, № 3, с. 89—96
17. Страховенко В.Д., Щербов Б.Л., Маликова И.Н., Восель Ю.С. Закономерности распределения радионуклидов и редкоземельных элементов в донных отложениях озер сибиря // Геология и геофизика, 2010.- 51.- 11.- 1501-1514.- ISSN 0016-7886.
18. Флоренсов, Н. А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья / Н. А. Флоренсов. - М. ; Л., 1960. - 244-257 с. - (Тр. / Вост.-Сиб. фил. СО АН СССР. Сер. геол.; Вып. 19). - Б. ц.
19. Геотермия Байкала / В. А. Голубев ; ред. Ю. А. Зорин ; АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т земной коры. - НОВОСИБИРСК : НАУКА. СИБ. ОТД-НИЕ, 1982. - 150 с. - Библиогр.: 136-148.
20. Намсараев Б.Б., Хахинов В.В., Гармаев Е.Ж., Бархутова Д.Д., Намсараев З.Б., Плюснин А.М. Водные системы Баргузинской котловины. Улан-Удэ, БГУ, 2007, 152 с
21. Голубев, В. А. Залив Провал - перспективнейший район поисков и использования гидрогеотермальных ресурсов Байкала / В. А. Голубев, С. Х. Павлов // Проблемы геологии, минеральных ресурсов и геоэкологии Западного Забайкалья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию Бурят. геол. упр. (Улан-Удэ, 19-21 дек. 2007 г.). - Улан-Удэ, 2007. - С. 83-85. - Библиогр.: с. 85 (4 назв.)
22. Писарский Б.И., Хаустов А.П. Подземный химический сток рек бассейна оз.Байкал. // Круговорот вещества и энергии в водоемах.Гидрохимия и качество вод: Тез.докл. на 4 Всесоюз.лимнол.совещ.; 1977; с. 95-98.
23. Гордиенко И.В. Геодинамическая эволюция рифейских и венд-палеозойских островных дуг и краевых палеобассейнов в зоне взаимодействия Сибирского континента и Палеоазиатского океана. // Материалы совещания «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)». В 2-х томах. – Т. 1. - Изд ИГ СО РАН, 2006. - С. 70-74
24. Плюснин А.М.,Замана Л.В.,Шварцев С.Л.,Токаренко О.Г.,Чернявский М.К.,Гидрогеохимические особенности состава азотных гидротерм Байкальской рифтовой зоны Геология и геофизика, 2013, т.54, №5, с. 647-664.

25. Пампура, В.Д., Сандимиров, И.В., Ломоносов, И.С. Геохимия и формирования изотопного состава урана и тория в поверхностных водах бассейна оз. Байкал / В. Д. Пампура [и др.] // Геохимия. - 1995. - № 12. - С. 1800 - 1812. - Библиогр.: С. 1811 - 1812
26. Болтнева Л.И., Израэль Ю.А. Глобальное загрязнение цезием-137 и стронцием-90 и дозы внешнего облучения на территории СССР // Атомная энергия, 1977, т. 42, вып. 5, с. 45-48.
27. Медведев В.И., Коршунов Л.Г., Черняго Б.П. Радиационное воздействие Семипалатинского ядерного полигона на Южную Сибирь // Сибирский экологический журнал, 2005, т. 12, №6, с. 1055 – 1071
28. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиэкологии: учебное пособие. - Томск: СТУ, 2009. - 430 с.
29. Атурова В.П. Плутоний в почвах Красноярского края : автореф. дис... канд. биол. наук. - Красноярск, 2001
30. Заповедники Сибири. Т. II. \ Под ред. Д.С. Павлова, В.Е. Соколова, Е.Е. Сыроечковского. – Москва, 2000
31. Байкал: природа и люди. Энциклопедический словарь \ Под ред. А.К. Тулохонова. – Улан-Удэ, 2009
32. Национальные парки России. Справочник. – Москва, 1996
33. Кислов Е.В. Геологическое строение // Байкал. Природа и люди. Под ред. А.К. Тулохонова. - Улан-Удэ: ЭКОС, Изд-во БНЦ СО РАН, 2009
34. Бухаров А.А. Байкал в цифрах (краткий справочник). – Иркутск: Изд-во ИП«Макаров С.Е.», 2001г. -72с.
35. Левицкий В.И., Резницкий Л. З. Байкальская провинция святоносителей - общая характеристика, петрогеохимические особенности и индикаторное значение. Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков, 2001, стр.331-333
36. Кременецкий И.Г., Леонов В.Е., Мардаев Г.Г. Радиоэкология Бурятии. // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Экологически безопасные технологии освоения недр Байкальского региона: современное состояние и перспективы». -- Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2000
37. Ветров В.А., Кузнецова А.И., Склярова О.А. Базовые уровни химических элементов в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы. 2013. №3. С. 41-51.
38. Gaillardet J., Viers J., Dupre B. Trace elements in river waters // Treatise on Geochemistry. — Elsevier Ltd., 2003. — Vol. 5 (9). — P. 225–272.
39. Склярова О.А. Исследования в бассейне Байкала // География и природные ресурсы. 2011. №1. С. 53-59.
40. Приказ о рыбохозяйственных нормативах от 28.04.1999г. №96

41. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза / А.И. Перельман. – М.: Недра, 1972. – 288 с.
42. Вах Е.А., Харитонова Н.А. Геохимия и распределение редкоземельных элементов в подземных водах и водовмещающих породах месторождения минеральных вод Нижние Лужки // Инженерная геология. 2010. № 4. С. 60–67, 9. Hannigan R.E., Sholkovitch E.R. The development of middle rare earth elements enrichments in freshwaters weathering of phosphate minerals // Chem. Geology. 2001. Vol. 175. P. 495–508.
43. Вернадский В.И. Очерки геохимии. – Ленинград: Горно-геолого-нефтяное изд-во, 1934. – 380 с.
44. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Ойдуп Ч.К., Рычкова К.М., Аракчаа К.Д. Распространённость урана и тория в природных водах Тувы // 9. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции (Томск, 4–8 июня 2013 г.). Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. С. 291-294.
45. Страховенко В.Д., Маликова И.Н., Рихванов Л.П., Щербов Б.Л., Сухоруков Ф.В., Барановская Н.В., Атурова В.П. Содержание радиоактивных элементов в почвах Сибири // Радиоэкология XXI века: Материалы Международной научно-практической конференции (Красноярск, 14-16 мая 2012 г.), 2012.- Красноярск: СФУ.- 352-356.- ISBN 978-5-7638-2568-8.
46. Виноградов А.П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных пород земной коры // Геохимия. — 1962.
47. Кузьмина Е.А., Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
48. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы»
49. ССН-93 выпуск 2 «Геоэкологические работы»
50. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с
51. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК), 4-е издание, 2008 г.
52. ГОСТ 12.0.003-99 «Опасные и вредные производственные факторы»
53. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
54. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
55. Р 2.2.2006-05 «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса»
56. ГОСТ 12.1.003-83 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»



57. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы»
58. СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений»
59. ГОСТ 12.1.019-79 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
60. ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
61. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
62. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
63. ПБ 08-37-2005 «Правила безопасности при геологоразведочных работах»
64. Рекомендации Санитарного надзора работодателям по обеспечению условий труда в жаркую погоду
65. ПУЭ Правила устройства электроустановок. Издание 7
66. П.Э. Шлендер. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Вузовский учебник, - 304 с., 2008 - перейти к содержанию учебника
67. Barguzin State Biosphere Reserve [electronic resource]: Federal State Institution "Joint Directorate Barguzin State Nature Biosphere Reserve and the Trans-Baikal National Park". URL: <http://zapovednoe-podlemorye.ru/territory/barguzin/> Дата образования 20.05.2016
68. Barnes H. L. Geochemistry of hydrothermal ore deposits: New York, Holt, Rinehart and Winston.- 1967.- p 670.
69. Ellis, A. J., and Wilson, S. H., 1960, The geochemistry of alkali metal ions in the Wairakei hydrothermal system: New Zealand Jour. Geology and Geophysics, **3**, pp. 593-617.
70. Falkner K. K., Measures C I, Herbelin S E 1991 et al., Limnol. Oceanogr., **36** p 413.
71. Grachev M. A. 2003 Depth Water of Lake Baikal: A Natural Reference of Fresh Water Chemistry for Sustainable Development pp 409 – 420.
72. Kopylova U. G. Abundance of uranium and thorium in natural waters of Tuva Proceedings of IV International Conference “Radioactivity and radioactive elements in human environment” (Tomsk: Tomsk Polytechnic University). -2013. – p. 291-294.
73. Namsarayev B. B. Water system of Barguzin kettle. - Ulan-Ude: Buryat State University. -2007. -p 159.
74. Vernadsky V. I. Essay of Geochemistry (Leningrad). – 1934. - p 380.

75. Vetrov V. A., Kuznetsova A. I., Sklyarova O. A. Basic levels of chemical elements in Lake Baikal basin // Geography and natural resources №3. - 2013. – p.41-51.
76. Weissberg B. G. Gold-silver ore-grade precipitates from New Zealand thermal waters: Econ. Geology -1969 pp. 95-108.
77. White D. E. Thermal waters of volcanic origin // Geol. Soc. America Bull. -1957. - pp.1637-1658.

## Приложение А

### Раздел №4

#### Geochemical characteristics of natural waters in Barguzin State Nature Biosphere Reserve (the Republic of Buryatia, Russia)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Галушкина Дарья Николаевна		

#### КОНСУЛЬТАНТЫ:

Консультант кафедры ГЭГХ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Межибор А.М.	к.г.-м.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеев И.А.	д.ф.н.		

Lake Baikal is world's largest reservoir of fresh waters: it contains about 20% of the land fresh water. The water volume of Baikal amounts to 23000 km<sup>3</sup>. The lake is well stirred, as indicated by continuous presence of oxygen in concentrations of 14 to 9 mg/l at all its depth down to the maximal depth (1637 m). It is a rift lake in Russia, located in southern Siberia, between Irkutsk Oblast to the northwest and the Buryat Republic to the southeast. The lake was declared a UNESCO World Heritage Site in 1996. It is also home to Buryat tribes who reside on the eastern side of Lake Baikal, rearing goats, camels, cattle, and sheep, where the mean temperature varies from a winter minimum of -19 °C (-2 °F) to a summer maximum of 14 °C (57 °F).

The concentration of biogenic elements – nitrogen, phosphorus, silicon – in the surface and near-bottom waters of Baikal are subject to seasonal fluctuations because of their consumption and regeneration by the biota in the up-per layers of water and because of the unique mechanism of renewal of the near-bottom waters of the lake. In the “core” of Baikal, at depths of 300 m from the surface to 100 m over the bottom, the concentrations of the biogenic elements change but little both with respect to depth and to seasons [67].

Lake Baikal is a very inertial system; its complete replacement by the waters of the tributaries takes about 400 years. The Angara river carries away 60 km<sup>3</sup> annually, and approximately as much water is supplied to the lake by its tributaries, the main of which, the Selenga river, brings 30 km<sup>3</sup> per year. Evaporation from the lake surface makes up only a small part of the water balance (about 5 %). The age of “core zone” waters, i. e., the average time required for surface waters to penetrate to a depth within the range of 300 m from the surface – 100 m from the bottom is equal to about one decade; benthic waters are somewhat younger. These circumstances are responsible for the constancy of the main ion content of the core waters of Baikal which is unique compared to the waters of small fresh water lakes.

It is noteworthy that we are not speaking of constancy on the geological time scale, but, rather, we refer to the life span of several human generations (100–200 years). Studies of dated precipitations of Baikal showed that the state of its ecosystem changed considerably 10–15 thousand years ago, after the global warming at the end

of Pleistocene. For example, at the maximum of the global glaciation, 18 000 years ago, diatomic algae were absent in open Baikal [75]. However, in the last centuries no considerable changes in the Baikal ecosystem occurred. This is evidenced by the constancy of assortment of leading diatom species. Diatoms are one of the most sensitive quality indicators for natural waters. Their species composition varies radically (some species dis-appear, while others appear) when the lakes become acidified with sulphur oxides from remote man-made sources, with excess fertilizers from water catchment areas due to development of even primitive agriculture. There are so many examples of such lakes on the territory of European and North American countries that it has even become possible to calculate so-called transfer functions – dependence of the species compositions of diatoms on the acidity and trophicity, permitting re-construction of the history of chemical changes in the lakes by determining the valves of diatomic algae buried in the lacustrine sediments. A thorough diatom analysis of dated sediments of Baikal has demonstrated that during the industrial revolution that took place through-out the 20th century and led to boom economic development of Siberia, the qualitative com-position of diatoms in Baikal did not change at all, and neither did the ratio of numbers of various species [68].

Man-induced contamination of Baikal is taking place, and it must be controlled. However, the simple calculations presented in monograph [9] show that anthropogenic sources could never change the main ion contents of Baikal water appreciably. Thus e. g., in order to get a statistically significant change in the concentration of any of the main ions, it would be necessary to discharge into Baikal tens of mil-lion tons of a respective salt. The waters of the Selenga bring annually “only” 0.2 million tons of sulphate, while the Angara discharges 0.3 million tons. No man-made source is capable of supplying million tons of sulphate to Baikal within a short period of time. For example, the Baikal Pulp and Paper Mill dis-charges about 0.01 million tons of sulphate, and this is the main source of industrial pollution [70].

## Last years field data

In the 1990s, Baikal became the object of widescale international cooperation. For studies of the composition of its waters, contemporaneous methods were applied. The results of one of the most thorough studies were published by Falkner et al. [4]. Some of them are discussed below.

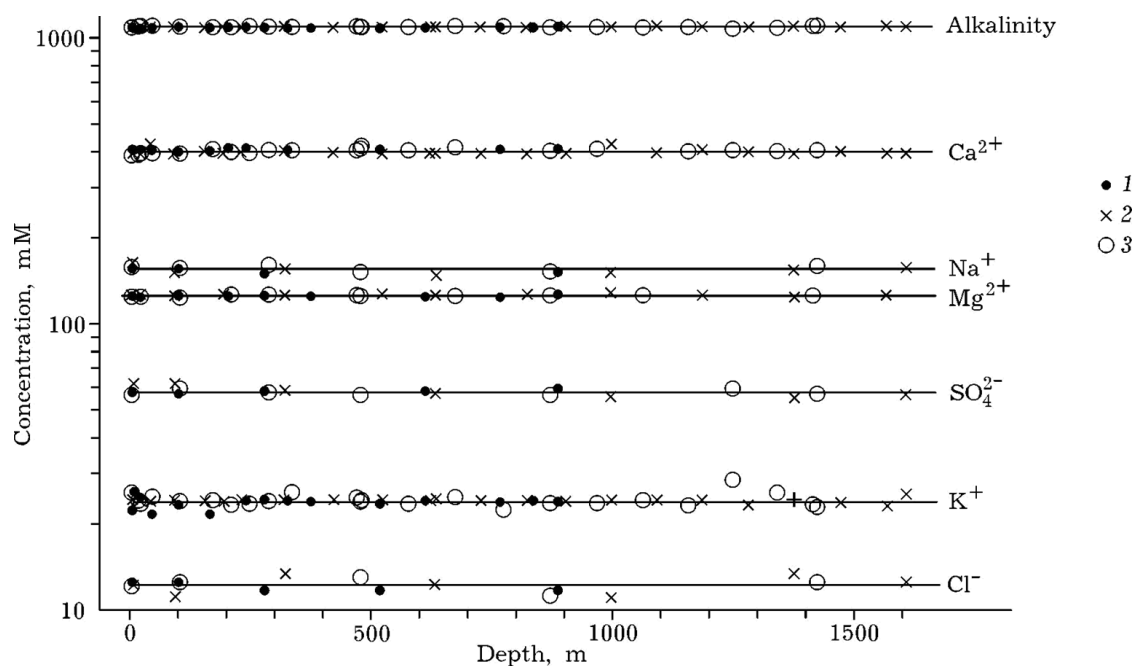


Figure 1. Results of analysis of Baikal water obtained in [70]: 1–3 – northern, middle and southern hollows, respectively.

Figure 1 presents the results of alkalinity and concentration measurements for the main ions in Baikal water samples taken at all depths at stations situated in the central parts of three hollows of the lake. The chemical analysis failed to reveal any statistically significant differences between these samples or any trends with respect to the depth or to the longitudinal cut of the lake.

Figure 2 shows the frequency distributions of data occurrence. One can see that the minimal statistical dispersion is characteristic for alkalinity data – the whole range of their values is within the interval  $(100 \pm 1) \%$ . The statistical dispersion of the rest of characteristics is much larger. The distribution of deviations from the average for some features does not obey the Gauss function and can witness the presence of systematic analysis errors. The maximal dispersion (up to 10 %) is characteristic of

chlorides, sulphates and potassium ions whose concentrations in the Baikal water are low.

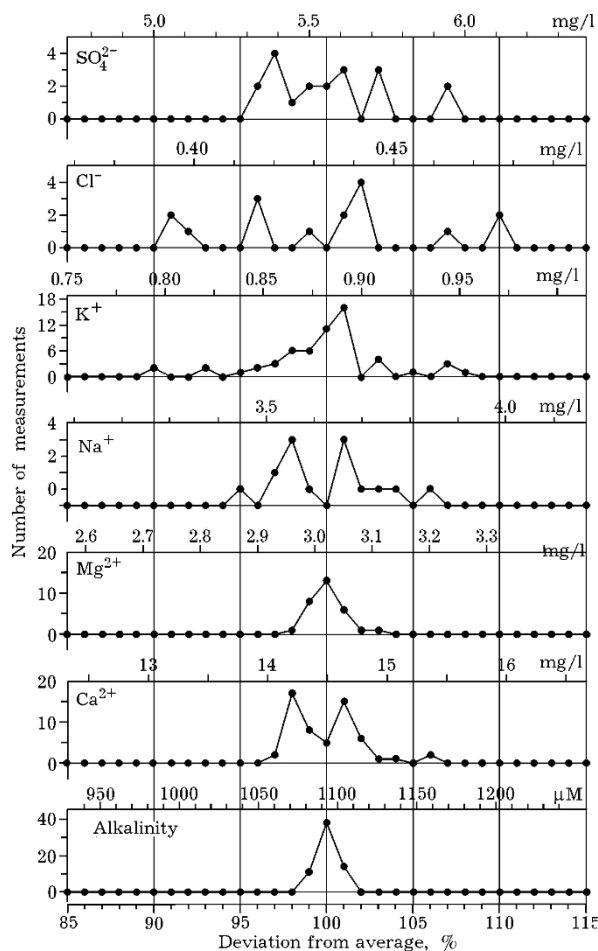


Figure 2 - Hydrochemical characteristics of Baikal water according to [4]. Y axis – the number of values within the stated range; X axis: top – the concentrations found, bottom – percent of the average provided that the average is 100 % for each characteristic.

Estimating the metrological quality of the body of data studied, one has to keep in mind that the real concentrations of the main ions are interdependent. The sum of the mole equivalents of cations in solution must equal that of anions because if there is a disbalance, the solution would acquire an electric charge. Regretfully, many hydrochemical laboratories do not think it important to calculate the cation/anion balance from their data, although this is the simplest method of preventing gross errors of personnel. The ion balance coincides to an accuracy of about 1 %.

If one admits that fluctuation of hydrochemical data is not the result of measurement errors, but is a real reflection of salt impurities, then the fluctuations of

concentration for definite anions should correlate with those for certain cations. However, no such correlations have been found by Falkner et al. [69]. This is illustrated by Figure 3, showing a correlation between the potassium (main cation) concentration and alkalinity (measure of content for the main anion – bicarbonate) and also a correlation between the concentrations of the sulphate and sodium ions. The latter would have taken place if the fluctuations of the concentrations found had reflected the anthropogenic contamination of Baikal with sodium sulphate. Therefore, the most natural conclusion lies in the fact that within the limits of  $\pm 1\%$  there are no real fluctuations of cation and anion concentrations in Baikal waters, and that the dispersion of these values beyond the limits of  $1\%$  is just a measurement error.

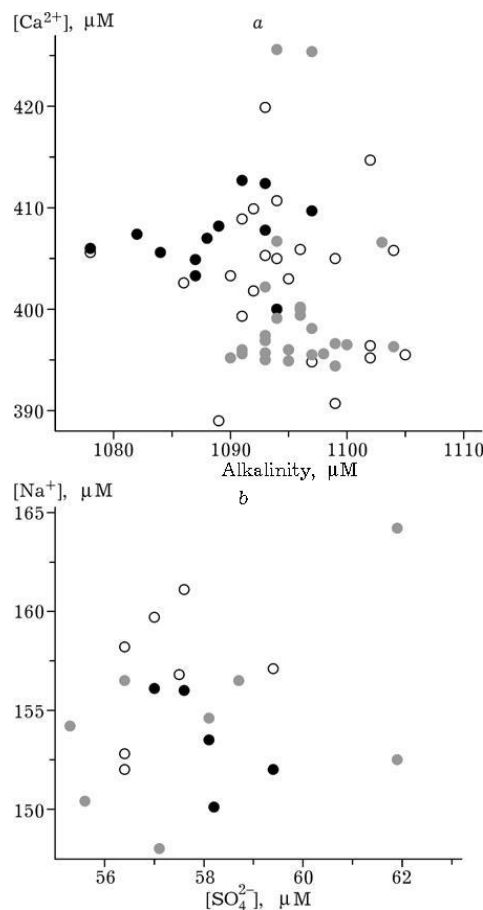


Figure 3 - Absence of correlation between the calcium ion contents and alkalinity (a) and between the concentrations of the sodium and sulphate ions (b) according to [69].

A similar conclusion may be made on the basis of the results obtained by the members of the Limnological Institute, SB RAS, in studies of Baikal at many stations in three hollows, at all depths. For alkalinity and  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{SO}_4^{4-}$



concentrations, dispersion is mainly limited to  $\pm 5\%$ . The statistical error of measurement of  $K^+$  and  $Cl^-$ , whose concentrations are very low, is considerably larger. The difference between pH of the upper layer of the Baikal water (0–100 m, average value 7.95) and that of the depth water (300 m – bottom, average value 7.65) is 0.3. In our opinion, this may be accounted for, firstly, by the amount of carbon dioxide spent on photosynthesis, and secondly, by slow exchange of depth waters with those of the surface, which takes about 10 years [70]. Indeed, when pH increases by 0.3 units, 1.5 mg/l of carbon dioxide is spent on photosynthesis in the Baikal water. The difference between the total concentration of the solute inorganic carbon in the surface and depth waters amounts to 2.5 % and could not be detected by alkalinity measurements by means of titration with an indicator: the error of this method is too high, 5–7 %. As for the bicarbonate assay technique using HPLC (high-performance liquid chromatography) [77] widely employed for characterizing the pilot lot of reference material (see below), it is actually applied to all forms of the solute inorganic carbon, but not to the given anion. This technique could ensure the required accuracy; however, when using it, one has to take care to prevent a change in the concentration of the solute inorganic carbon after sampling (before analysis), which can take place due to the contact between the sample and the atmosphere, or due to the oxidation of the dissolved organic matter by bacteria.

In Baikal water a content of most of the trace elements are so low that in spite of the long history of hydro-chemical study of the lake (the first chemical analysis of the sample of Baikal water was made in 1878) their determination is still a complex analytical problem. The earliest works to determine the composition of Baikal waters were presented by K.K. Votintsev, A.A. Matveev, A.M. Anikanov. Since 1970 several organizations of the USSR Academy of Sciences (RAS) and the State Committee of Hydrometeorology of the USSR headed by V.A. Vetrov have been involved in the study of chemical composition of the lake water. As a result of expeditions of the 1990s made by American researchers, data on the Na, Mg, Si, K, Ca, Li, Be, Al, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Ge, Rb, Sr, Ag, Cd, Cs, Ba, W, Hg, U content in lake waters were obtained. In Limnological Institute and Institute of Geochemistry of SB RAS (Irkutsk) elemental

composition of the lake water with a view to develop and store a standard sample composition of the Baikal water was studied from 1999 to 2002 [68]. The research resulted in rough estimates of the content of about 40 trace elements in the water of Lake Baikal. Trace element composition of the Baikal water selected from various depths throughout the water area of the lake was studied by O.A. Sklyarova at the Institute of Geochemistry of SB RAS, Irkutsk, Russia. When comparing the data obtained by O.A. Sklyarova and V.A. Vetrov with the content of chemical elements in river waters of the world [70] and quality standards of potable water and fishery waters it can be concluded that concentration of Li, Cd, Zn, As, V, Rb and Se in the Baikal water is close to the global average values and the content of other elements is either significantly lower or at the level of minimum rates and does not exceed standard values. As a matter of fact Lake Baikal is a natural standard of pure water.

### **Geochemical characteristics of natural waters in Barguzin State Nature Biosphere Reserve (the Republic of Buryatia, Russia)**

Chemical composition of Lake Baikal water is close to the average composition of its tributaries. In this article we consider the study results of elemental composition of small lake tributaries running on the territory of the Barguzin State Nature Biosphere Reserve as well as the study results of chemical composition of water of Bolsherechensky hot spring, Barguzinsky and Chivirkuysky Bays.

Barguzinsky Nature Reserve - is the oldest of nature reserves. It is located in Buryatia (Russia) on the west slope of the Barguzin Range, including the northeast shores of the Lake Baikal and a part of the lake itself. The name of the preserve (and the range) comes from the Barguzin River [67].

Testing was carried out for the period of 2014 - 2015. Samples were collected from the surface layer of water (20-50 cm) in sterile polypropylene tubes with screw caps. Sample value was 50 ml. When selecting samples preservation was not carried out. Waters from the rivers were taken in the mouth of the same distance from the banks. Samples of the bays were selected in the coastal area at a distance of 3 - 5 meters from the shore. Sampling of Bolsherechensky hot spring was carried out on the site of water discharge on the t surface.

Determination of elemental composition of the water was done by a certified ICP-MS on a mass spectrometer NexION 300 in the accredited laboratory of the Scientific and Educational Center "Water" of Department of Hydrogeology and Hydrogeoecology of Tomsk Polytechnic University (№ ROSS RU.001.511901 dated 09.09.2014). Before analyzing the samples were filtered through a membrane filter with a size of 0.45 microns.

At the first stage of the research waters of Barguzinsky and Chivirkuysky Bays, selected in 2014, were analyzed. So far, hydrochemical research has been traditionally carried out on the open waters of the lake or its tributaries. The question about the processes occurring in the mixing zone of river and lake waters still remains unstudied. These are the areas to be characterized by the high intensity of physical, chemical and biological processes, so that it affects an elemental composition of these waters. Figure 4 shows a diagram of micro content in waters of the studied bays in comparison with the published data [75]. Al, Sc, Ti, Cr, Fe, Mg, Ga, Se and rare earth elements are mostly found in waters of both bays.

In 2015 River Kabanya, Birikan River, Urbikan River, River Bolshaya, Kerma River, Davshe River, small rivers of Barguzin nature reserve were selected for water samples. The formation of chemical composition of water and hydrochemical river behaviour of the lake basin mainly occurs among poorly leached igneous or metamorphic rocks of the Archean and Proterozoic. It determines their common hydrochemical appearance: they all belong to the group of bicarbonate-calcium waters. The values of elemental composition of the small rivers of the reserve were compared with the average values of chemical elements in Baikal waters.

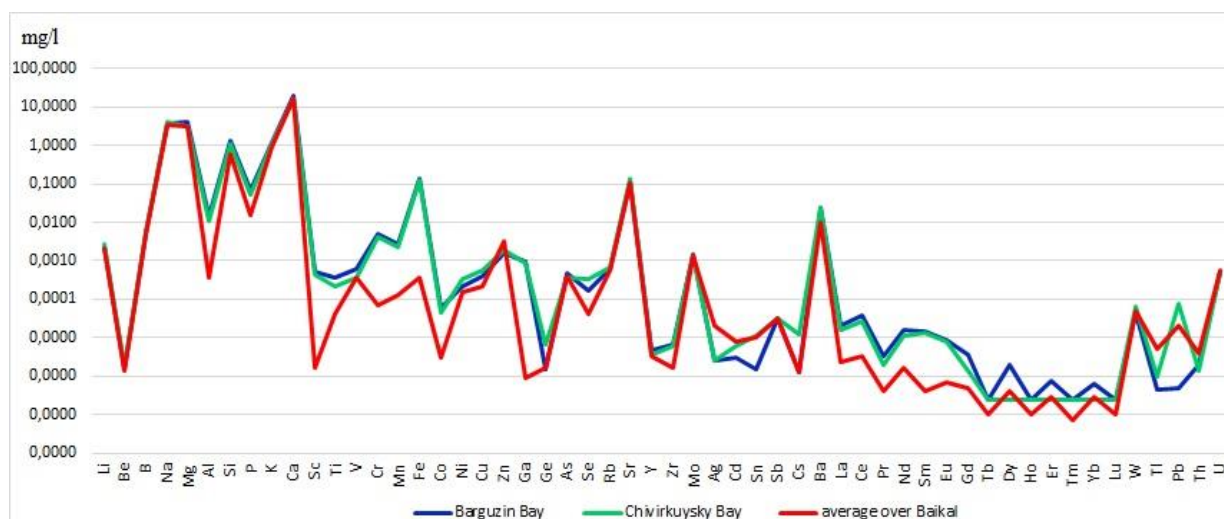


Figure 4 - Microcomponent composition of Barguzinsky and Chivirkuyky Bays, mg/l.

It should be noted that reserve rivers and Baikal waters have similarity in macrocomponent composition and significant difference in the content of Si, Ti, Sc, Mn, Cr, Ga, Ge and rare earth elements. These elements are leached from bedrock and are carried into the lake with river runoff. Due to their chemical composition all the reserve rivers can be regarded as analogues. The reserve territory is remote from industrial and residential areas, so anthropogenic flux is out of question.

Birikan River runs through carbonate rocks for several kilometers. It explains higher levels of Ca Mg in waters of the river in comparison with other rivers. Besides, there is the lowest concentration of Cs. Waters of River Kabanya contain more Zn, Cd and Ce than others. Waters of Davshe River are characterized by relatively high concentrations of Fe, Mn and rare earth elements. Kerma River is a major tributary of the River Bolshaya. Therefore, the composition of these rivers is similar. However, the content of Ge, Re, Ag and rare earth elements is the highest in the tributary water.

Such a difference in chemical composition of the studied rivers is due to inhomogeneous geological structure of the area. On the territory of Barguzin Nature Reserve there are outcrops of basic rocks (gabbro, norite). Basic rocks are more subjected to leaching than acidic ones. They are characterized by high contents of alkaline metals such as Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Li, Be, Rb, Sr, Cs, Ba which are actively leached from rocks and come into water.

The trace-element chemistry of hot springs and geothermal drill-hole w has attracted interest in the past because of the hypothesized relationships between hydrothermal solutions and base metal ore genesis. Trace-element chemistry is also valuable in assessing both subsurface physicalchemical conditions and potential environmental impacts of geothermal commercial exploitation. The principal solutes present in hot-water dominated geothermal fluids, SiO<sub>2</sub>, Na, K, Li, Ca, Mg, Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, F, and B, have been investigated in diverse geothermal settings throughout the world. The concentrations of the prominent nonconservative solute species (Ca, Mg, F, K) have been rationalized using mineral equilibria models [69]. The rare alkalis, Cs and Li, and the metalloid, As, are regarded by Ellis (1970) as weakly conservative because they are sometimes partially precipitated in the epithermal zone. The elements Cl, Br, and B are considered highly conservative, once dissolved in the hot circulating water. Greater than milligram-per-liter concentrations of Fe, Mn and Al commonly occur in “acid-sulfate-typen” waters as a result of attack on the-country rock by sulfuric acid [76]. The sulfuric acid is thought to be derived from oxidation of S (-II) in the near-surface zone.

White noted that the semimetallic elements As, Sb and Hg are especially mobile in geothermal systems and are present at relatively high concentrations. Sb and Hg sulfides are epithermally'deposited along with sinter at Steamboat Sprin [77] and at Broadlands [76].

Elemental composition of Bolsherechensky hot spring is determined by the degree of interaction of water with rocks. Most of the chemical elements are taken from the rocks but a significant proportion of these elements is associated with secondary minerals which leads to their deep differentiation, accumulation and precipitation. Thus, in springs there are so-called redundant elements, sources of which were previously believed to be mantle.

To characterize nitrogen springs, which include Bolsherechensky hot spring, there stand out 3 groups of elements based on the values of the ionization potentials and electronegativity. Group 1 consists of Li, Rb, Sr, Ba and Cs. Their content in Bolsherechensky hot spring is much higher than in surface waters.

The first group of elements in natural waters is found in the form of simple or hydrated cations. The solubility of compounds is significant. Therefore, groundwater is always far from saturation with alkali and alkaline earth elements. Significant solubility of natural compounds of these elements results in the ability to concentrate in the water by increasing their mineralization. Nitrogen thermal waters are characterized by high contents of elements of the first group, and their concentration in springs is associated with their presence in the rocks.

The second group includes elements, hydrolysable in aqueous solutions at pH less than 7 to form poorly soluble hydroxides, and in certain hydrogeochemical circumstances may be complexing compounds. Complexation increases pH of hydrolysis for most elements. The solubility of the complex compounds is normally significant, which considerably expands the range of elements water migration. Al, Sc, Ti, Ni, Cu, Pb, Co, Cd and rare earth elements are trace elements which have been determined. These elements are characterized by reduced concentrations in spring waters [73].

Anionic elements belong to the third group. They are W, Mo, Cr, Mn and U. The third group elements are stable in a wide range of pH and redox potential. These elements hardly form complex compounds. Concentrations of elements of the third group in waters of the hot spring are higher than in waters of Lake Baikal [73].

Geochemistry and abundance of rare earth elements (REEs) in surface natural waters are subjected to a detailed study because rare earth elements can be used as tracers of geochemical processes occurring in the interaction of natural water with water-bearing rocks. Rare earth elements can be used as markers due to their main qualities: absolute concentration, fractionation capacity and abnormal behavior of individual rare earth elements. The REEs are a suite of fourteen metals from atomic number 57 (La) to 71 (Lu) that have similar chemical and physical properties. There are, however, small differences in geochemical behavior because with increasing atomic number there is a systematic decrease in ionic radius. an environmental system. Elucidation of the geochemical behavior of REEs in a weathering environment has been hindered by the very low aqueous concentrations, which generally are less than

one microgram per liter ( $\mu\text{g/L}$ ) in surface and ground waters. With the advent of inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) the determination of REE concentrations in waters has become more routine. Concentrations of REEs are usually normalized to a reference standard.

As with most elements, the REE concentrations of stream waters may be controlled by water-rock processes along the subsurface flow path as well as the in-stream environment. These processes include dissolution and precipitation of minerals, oxidation and reduction reactions, and adsorption and desorption reactions with secondary minerals or colloidal particles. In most igneous rocks, the dominant rock type in the study areas, the REEs primarily occur within accessory phases, including apatite, zircon, monazite, allanite, titanite, and epidote. Release of the REEs from these minerals is complex owing to the occurrence of accessory phases as inclusions in major mineral phases. Also, some accessory phases are extremely resistant to weathering. Once released from the primary mineral phase, REEs may be sequestered by secondary mineral phases. Detailed mineralogical data including mineral occurrences, compositions, and morphology are needed to unravel this aspect of acidic weathering environments. This part of the study is in progress and will not be discussed in this overview [70].

Reserve waters are concentrated with rare earth elements because of their interaction with basic rocks and granitoids. The total content of dissolved rare earth elements in the test samples is low, ranging from 0.01 to 0.7 mcg/l. The ratio of rare earth elements in all investigated waters is shifted in favor of light ones (Figure 5). Baikal water is also characterized by accumulation of rare earth elements. The depletion of dissolved runoff light rare earth elements occurs due to their higher sorbing by solids in river waters at high pH [70].

Waters of River Davshe and Lake Baikal bays are mostly concentrated with light rare earth elements. Equilibrium of rare earth elements in waters of River Kabanya is shifted in favor of middle rare earths. In addition, there are heavier rare earth elements in these waters. Waters of Bolsherechensky hot spring are close to Baikal waters on the rare earth elements content. Correlation in the content of Ce and Nd is evident.

V.I. Vernadsky [75], noting common and distinctive features of uranium and thorium geochemistry in magmatic, hydrothermal and endogenous processes, emphasizes a high degree of uranium mobility in aqueous solutions and thorium inertness, which does not go into solution, and its concentration in the earth conditions should be insignificant. This suggests that the separation of uranium and thorium by geochemical processes is not due to their genetic correlation but geochemistry of natural waters, with solubility of their compounds in the earth's crust [76].

Radionuclides are radioactive isotopes that can occur naturally or result from manmade sources. Natural radiation comes from cosmic rays, naturally-occurring radioactive elements in the earth's crust, and radioactive decay products. Since these radionuclides are present in soil and rock, they can also be found in groundwater and surface water. Typical radionuclides found in drinking water sources are isotopes of radium, uranium, and radon, among others. Fission products from manmade nuclear reactions are also of concern today, particularly radioactive cesium and iodine.

In the rock lattice all elements belonging to the same radioactive series are in secular equilibrium (their activity is the same). However, the radionuclide sorption from the rock and the following stability as solutes is ruled by complex chemical-physical mechanisms and by the individual characteristics of radioelements. Thus, the secular equilibrium is lost for dissolved radionuclides and their concentrations in water are rather independent one from each other.



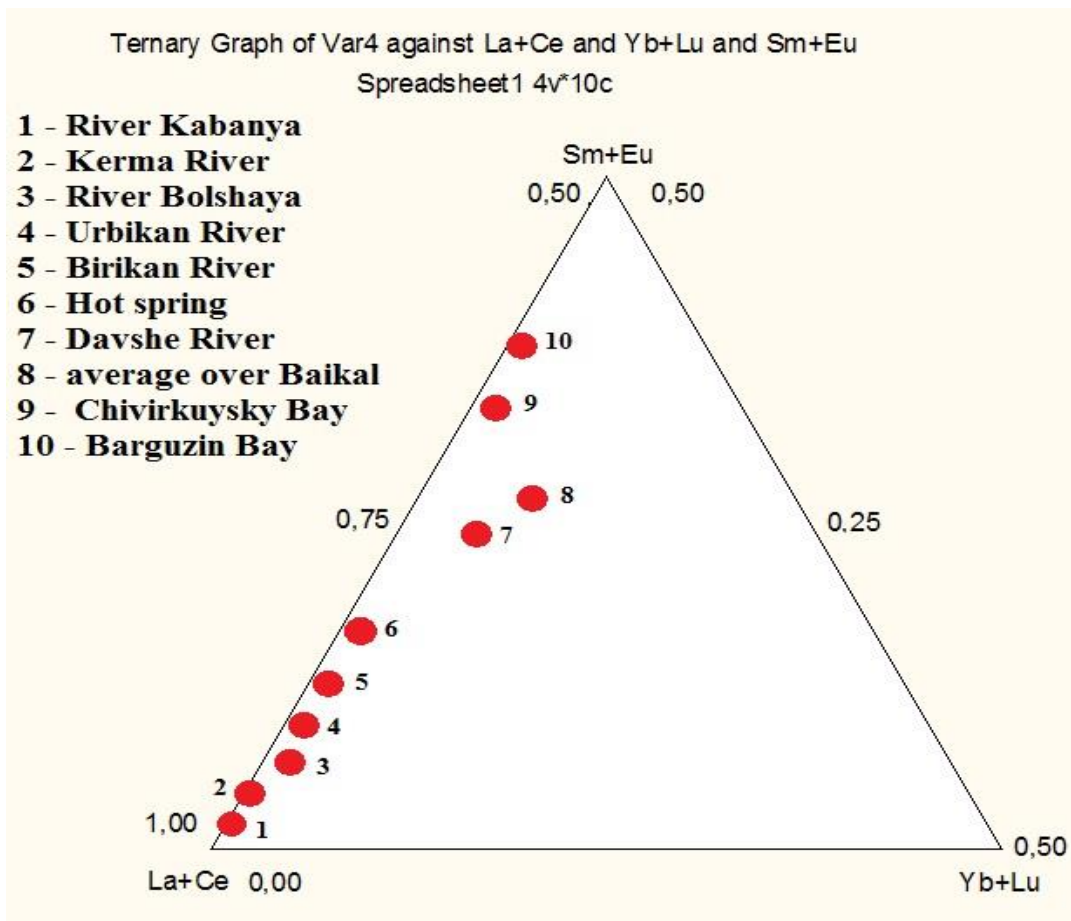


Figure 6 - Rare earth elements correlation in waters of Barguzin reserve and Lake Baikal bays.

The lowest content of uranium and thorium are observed in waters of Bolsherechensky hot spring. However, the ratio of these elements is shifted in favor of thorium. This ratio of uranium and thorium is abnormal due to finding ways at high temperatures and pH values in waters of Bolsherechensky hot spring.

Uranium content in waters of Barguzinsky and Chivirkuysky Bays differs insignificantly and is higher than Baikal average content. Thorium content in waters of Barguzinsky Bay is slightly higher than in waters of Chivirkuysky Bay and also significantly higher than the average content of thorium in the lake as a whole (Figure 7).

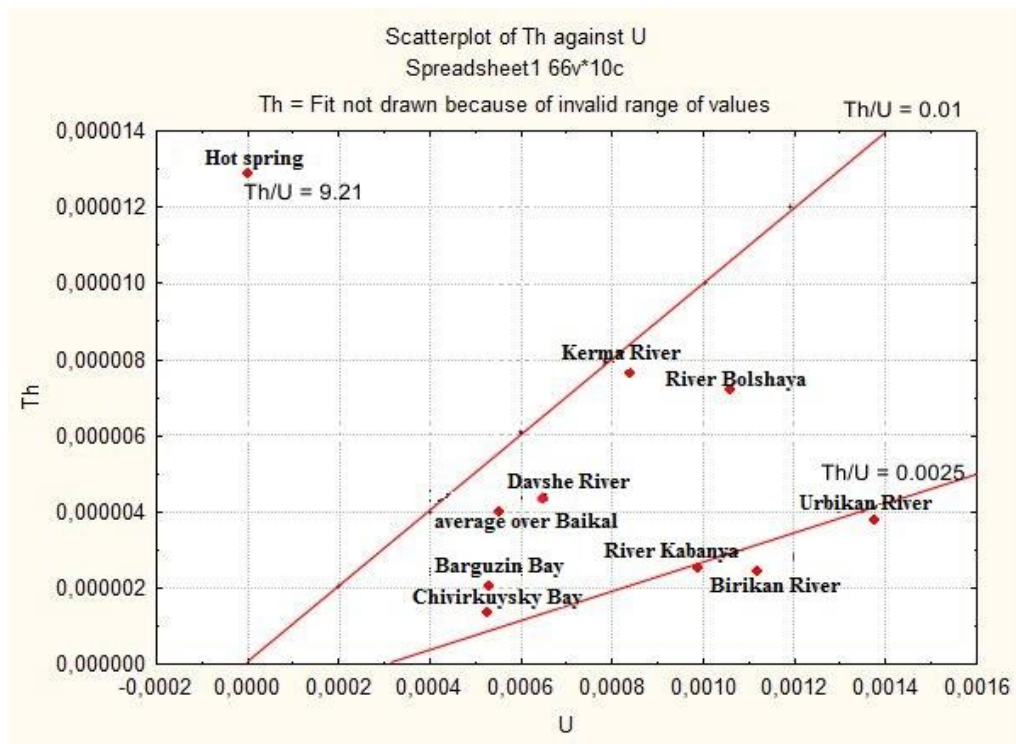


Figure 7 - Th and U content in waters of Barguzin reserve and Lake Baikal bays.

Being aware of the content of trace elements in natural waters is important for the evaluation and interpretation of the phenomena occurring in aqueous systems, both regionally and globally. Elemental composition of natural waters of Barguzin reserve specifies an inhomogeneous geological structure of the area. This affects the composition of both surface waters and hot springs. In waters of Bolsherechensky hot spring the abnormal value of Th/U-ratio, in spite of the content of Th and U, has been detected. The largest concentrations of radioactive elements are marked in waters of River Bolshaya with a Kerma River tributary. Uranium and thorium influx in rivers of nature reserve is associated with the destruction of granitoid composition of the rocks forming the area. In general, all the studied waters have similar macro- and microcomponent composition. When comparing the obtained data with the standards of maximum allowable concentrations both in potable water and fishery waters, permissible levels have not been found. Therefore, Lake Baikal and its river system are a standard of pure water and one of the most interesting areas of ecological and geochemical studies.