

На правах рукописи



Иванов Андрей Юрьевич

**ЭКОГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ВОДОЁМОВ
ЮГА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 25.00.36 - Геоэкология (науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Арбузов Сергей Иванович

Официальные оппоненты:

Страховенко Вера Дмитриевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор, ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии благородных и редких элементов и экогеохимии

Масленникова Анна Валерьевна, кандидат геолого-минералогических наук, ФГБУН Институт минералогии Уральского отделения Российской академии наук (Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс), научный сотрудник лаборатории минералогии техногенеза и геоэкологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН)

Защита состоится «29» ноября 2018 г. в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2а строение 5 (20-й корпус, ауд. 504).

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

Автореферат разослан «__» _____ 2018г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.г.-м.н., доцент



Л.В. Жорняк

Актуальность работы. Донные отложения – важнейший компонент аквасистемы, во многом определяющий ее состояние. Обладая значительной сорбционной емкостью, донные отложения способны накапливать загрязняющие вещества. Важной характеристикой, определяющей донные отложения, является вещественный состав. Поэтому изучение природных и антропогенных факторов, определяющих пространственное распределение химических элементов, доступность их растениям, способность переходить в природные воды, актуально (Даувальтер, 2002; Хаджеева 2007; Страховенко, 2011; Удачин, 2012).

Донные отложения малых водоемов и озер являются индикаторами для изучения загрязнителей водных объектов. (Alemdaroglu, 2003; Heyvaert, 2000). Они могут быть загрязнены как опасными, так и токсическими элементами, поступающими разными путями, при этом тяжелые металлы представляют наибольший интерес (Engstrom et al., 1984). Накопление тяжелых металлов в донных отложениях малых водоемов может идти от атмосферных осадков, от сточных вод, впадающих рек, несущих химикаты от сельскохозяйственной, индустриальной и городской деятельности (Park, Kang, 2010).

Континентальные озера являются неотъемлемой частью большинства ландшафтных зон Сибири, в том числе Томской области. Донные отложения замкнутых водоемов являются аккумулятивной единицей ландшафта и служат индикаторами геохимических процессов, происходящих как в самих озерах, так и на их водосборных площадях. Существует довольно много классификаций донных отложений озер, основанных на различных факторах, регулирующих озерные процессы и определяющих качественную и количественную стороны озерного накопления. Многие авторы подчеркивают, что в озере одновременно происходит накопление самых разнообразных видов осадков. Вместе с тем, как правило, можно установить, что озерам в разных ландшафтных условиях свойственны определенные типы осадкообразования (Поползин, 1967; Дербакова, 1979; Саг, 1990; Кудашев, 2004; Страховенко, 2006). Актуальной научной проблемой современности является изучение процессов, происходящих в результате широкого антропогенного воздействия на озера и их экосистемы.

Изучение донных отложений малых водоемов – одно из перспективных направлений современной геохимии экосистем. Исследование донных отложений позволяет изучать не только динамику изменения состава окружающей среды за длительный период времени, но и выделять временные интервалы наиболее интенсивного поступления радиоактивных элементов в среду обитания.

В непосредственной близости от г. Томска, в центре самой населенной части Томской области расположен комплекс предприятий ядерно-топливного цикла, Сибирский химический комбинат (СХК). Данный объект функционирует более 65 лет, и до недавнего прошлого вся его деятельность проходила в режиме полной секретности. В этой связи актуальным

представляется вопрос о степени влияния СХК на окружающую среду и состояние здоровья населения, проживающего вблизи него (Рихванов, 1997).

Цель работы заключалась в определении специфики химического состава донных отложений малых водоемов юга Томской области, и их роли в качестве индикаторов геохимических изменений в верхней части литосферы, для выявления природного или техногенного факторов в формировании их геохимической специализации.

Задачи исследований:

1. Оценить содержание химических элементов в донных осадках малых водоемов юга Томской области.

2. Изучить особенности вертикального и латерального распределения химических элементов в донных осадках малых водоемов юга Томской области.

3. Оценить роль техногенного фактора в формировании геохимической специализации донных осадков юга Томской области.

4. Выявить периоды интенсивного антропогенного воздействия на окружающую среду.

5. Оценить динамику изменения состояния окружающей среды по геохимическим данным.

Фактический материал

Фактическим материалом для написания диссертации послужили данные, полученные автором в результате исследования донных отложений малых водоемов юга Томской области, в период с 2005 по 2018 гг. А также пробы, предоставленные специалистами кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики Томского политехнического университета (Архипов В.С.).

Для количественного определения элементов-примесей в донных отложениях, применялись современные ядерно-физические методы анализа. В качестве основного метода использовался многоэлементный инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА), выполненный в ядерно-геохимической лаборатории (ЯГЛ) кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (аналитики А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская). ИНАА позволяет в различных пробах определять в широком диапазоне (от n % до $n \cdot 10^{-6}$ %) содержание 28 элементов (618 проб).

Электронно-микроскопические исследования проводились на базе учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (аналитик С.С. Ильенок) (10 проб, 123 измерения).

Определение содержания ртути в донных отложениях проводили на анализаторе ртути РА 915+ с приставкой Пиро - 915+ на базе учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного

инновационного образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (выполнено под руководством Н.А. Осиповой и Е.А. Филимонок) (436 проб).

Определение удельной активности америция проводилось методом γ -спектрометрии по стандартной методике в Институте геологии и минералогии СО РАН (аналитик М.С. Мельгунов) (20 проб).

Для определения минерального состава донных отложений применялась рентгеновская дифрактометрия (выполнено под руководством Д.Г. Усольцева и Б.Р. Соктоева) (7 проб).

В процессе выполнения работы были изучены пробы из 46 водоемов Томского района, 50 водоемов Кожевниковского, 59 водоемов Кривошеинского, 40 водоемов Зырянского, 6 водоемов Бакчарского, 68 водоемов Асиновского и 30 водоемов Шегарского районов. Всего изучено 618 проб из 299 водоемов (рисунок 1). Глубина изученных водоемов составляет от 1 до 5 м. Мощность изученных донных отложений в различных водоемах изменяется от 0,2 м до 1,0 м.

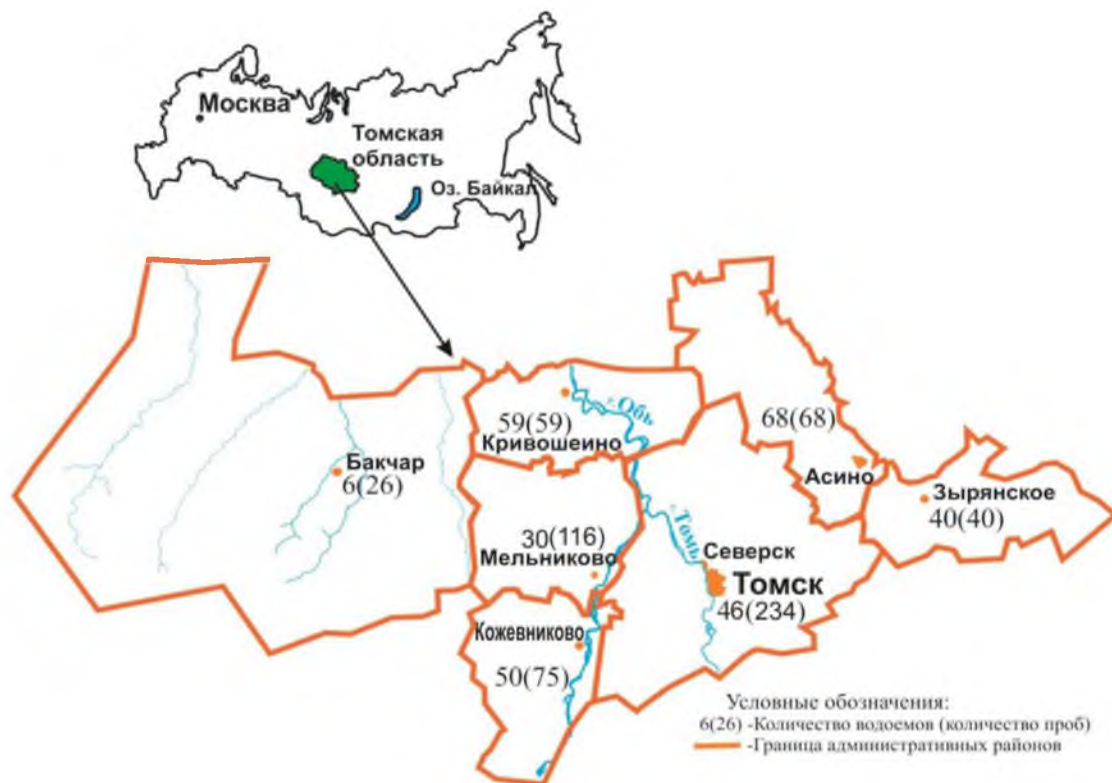


Рисунок 1 – Схема распределения объектов опробования по административным районам юга Томской области

Научная новизна.

1. Оценены содержания микроэлементов в различных типах донных отложений (терригенные, карбонатные и торфянистые) в водоемах юга Томской области.

2. Впервые выполнена оценка среднего содержания химических элементов в донных отложениях региона.

3. Установлены три типа закономерностей распределения элементов примесей в вертикальном профиле донных отложений малых водоемов и латеральная изменчивость на территории юга Томской области.

4. Определены основные источники поступления загрязняющих компонентов в малые водоемы юга Томской области.

5. Установлена специализированная радиогеохимическая зона с высоким содержанием урана.

6. Выявлены периоды интенсивного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Практическая значимость.

Практическая значимость результатов заключается в возможности использования данных, полученных в результате исследования вертикального профиля донных отложений, для изучения геохимической трансформации биосферы в результате техногенеза в районах с высокой степенью антропогенного воздействия, в том числе, и в районах воздействия предприятий ядерно-топливного цикла.

Материалы работ частично использовались в подготовке раздела учебного пособия «Геохимия радиоактивных элементов» для обучающихся по магистерской программе «Геология, поиски и разведка руд редких и радиоактивных элементов», в подготовке курсов «Геоэкологический мониторинг», «Геология и геохимия горючих полезных ископаемых».

Основные защищаемые положения:

1. Донные отложения водоемов юга Томской области характеризуются геохимической специализацией на Sc, Cr, Fe, Co, Sb, Ba, PЗЭ, Hf, Hg, Au и U. Выполненные оценки средних содержаний в различных типах донных отложений позволяют рассматривать их как региональный фоновый уровень для оценки загрязнения окружающей среды.

2. Вертикальное распределение в колонке донных отложений малых водоемов Томского района позволило выделить типы нормального, слабо дифференцированного с проявлением слабовыраженных аномалий и резко дифференцированного распределения с контрастными аномалиями. Резко дифференцированный тип распределения элементов характерен для районов находящихся в зоне влияния СХК.

3. Донные отложения малых водоемов юга Томской области характеризуются околокларковыми содержаниями урана и тория. На этом фоне выделяется аномальная субмеридиональная Осиновско-Бабарыкинская радиогеохимически специализированная зона с высоким содержанием урана и пониженным торий-урановом отношением. Ее формирование обусловлено геолого-геохимическими особенностями территории.

Апробация работы. Основные результаты исследования были обсуждены на межвузовских и международных научных и научно-практических конференциях: научном симпозиуме студентов, аспирантов и

молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2006, 2009, гг.); всероссийской конференции с иностранным участием «Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах» (Улан-Уде, 2007 г.); межрегиональной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири» (Томск, 2007 г.); научной конференции «Проблемы геохимии эндогенных процессов и окружающей среды» (Иркутск, 2007 г.); межвузовской научной конференции «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2008 г.); международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека» (Томск, 2009 г.); международном симпозиуме имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, (Томск, 2012 г.); втором международном симпозиуме «Ртуть в биосфере» (Новосибирск, 2015 г.); III Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (Москва, 2015).

По теме исследований автор принимал участие в реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. (ГК № П1409), и в мегагранте Правительства Российской Федерации (грант 14 Z50.31.0012).

Основное содержание и научные положения по диссертации изложены в 12 статьях, в том числе, 4 статьи в издании, рекомендованном ВАК для публикации основных научных результатов.

Личный вклад автора.

Диссертационная работа является результатом многолетних исследований (2005-2018гг.). Диссертантом сформулирована цель работы и основные задачи исследования, сделаны итоговые выводы. Диссертант организовывал и принимал участие в экспедиционных исследованиях, в отборе исследуемого материала, в обобщении и интерпретации полученных результатов, выступал с научными докладами на конференциях.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 149 страниц включает в себя введение, 7 глав, выводы, список использованной литературы (121 наименование), 82 рисунка и 13 таблиц.

Во введении указаны актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи, представлена их практическая значимость и научная новизна.

В **первой** главе представлена краткая история изучения донных отложений.

Во **второй** главе рассматривается краткий очерк природно-климатических и геологических условий Томской области.

В **третьей** главе приводятся методические основы изучения химического состава донных отложений.

В **четвертой** главе охарактеризован минеральный состав донных отложений малых водоемов юга Томской области.

В **пятой** главе сделана оценка среднего содержания элементов-примесей в донных отложениях юга Томской области.

В **шестой** главе рассмотрены основные закономерности распределения элементов в вертикальном профиле донных отложений малых водоемов Томского района, подверженных разной степени антропогенного воздействия.

В **седьмой** главе дана радиогеохимическая характеристика донных отложений малых водоемов юга Томской области.

В **выводах** подведены основные итоги по диссертационной работе.

Благодарности. Автор выражает огромную благодарность научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, профессору ОГ ИШПР ТПУ Арбузову Сергей Ивановичу за научное сопровождение, всестороннюю поддержку, понимание, мотивацию и помощь на всех этапах реализации работы. Особую благодарность автор выражает доктору геолого-минералогических наук, профессору ОГ ИШПР Рихванову Леониду Петровичу за ценные советы, рекомендации и всестороннюю помощь.

Автор признателен за помощь всем сотрудникам кафедры ГЭГХ ТПУ и выражает отдельную признательность профессору, д.г.-м.н. Е.Г. Языкову, профессору, д.б.н. Н.В. Барановской, доценту, к.г.-м.н. А. М. Межибор, доценту, к.г.-м.н. Л. В. Жорняк, доценту, к.г.-м.н. И. С. Соболеву, доценту, к.г.-м.н. В.А. Домаренко, доценту, к. х. н. Н. А. Осиповой, старшему преподавателю, к.г.-м.н. Б. Р. Соктоеву, старшему преподавателю, к.г.-м.н. Е. А. Филимоненко, старшему преподавателю, к.г.-м.н. Янкович Е.П. Автор глубоко благодарен исполнителям аналитических исследований: с.н.с А. Ф. Судыко, Л. В. Богутской, Н.А. Осиповой, С.С. Ильенку.

Защищаемые положения

Положение 1. Донные отложения водоемов юга Томской области характеризуются геохимической специализацией на Sc, Cr, Fe, Co, Sb, Ba, PЗЭ, Hf, Hg, Au и U. Выполненные оценки средних содержаний в различных типах донных отложений позволяют рассматривать их как региональный фоновый уровень для оценки загрязнения окружающей среды.

Континентальные озера являются неотъемлемой частью большинства ландшафтных зон Сибири (в том числе, Томской области). Донные отложения замкнутых водоемов являются аккумулятивной единицей ландшафта и служат индикаторами геохимических процессов, происходящих как в самих озерах, так и на их водосборных площадях.

Рассчитано среднее содержание для широкого спектра элементов-примесей (таблица 1). Впервые для юга Томской области получены достоверные оценки среднего содержания 26 элементов-примесей, базирующиеся на представительном геохимическом материале (618 проб из 299 водоемов).

Таблица 1 – Содержание химических элементов в донных отложениях малых водоемах юга Томской области (г/т) и статистические параметры их распределения (объем выборки 618 проб)

Элемент	X	min	max	V,%	медиана	мода
Na,%	1,0±0,02	0,005	3,5	49	0,96	1,7
Ca,%	1,5±0,1	0,3	32,9	144	1,5	1,1
Sc	13,1±0,2	0,3	45	30	13,6	14,7
Cr	80±1,4	13,7	172	30	77,7	76,6
Fe,%	3,9±0,08	0,2	12	35	3,9	4
Co	17,4±0,3	1,4	42	30	17,2	18
As	3,5±0,9	1	106	202	4	5
Br	17,4±1,1	3,2	103	116	9,1	1
Rb	80±0,18	6,8	194	39	75,8	84
Sr	78±11	8	2126	125	150	150
Sb	1,3±0,04	1	4	50	1,3	0,5
Cs	3,2±0,09	0,2	8,7	30	5	5,6
Ba	587±13	99	1661	38	560	560
La	28,4±0,4	0,38	65	27	29,8	34
Ce	51,5±0,7	2,5	101	24	52,8	47,2
Sm	6,1±0,1	0,05	14,3	32	5,9	5,8
Eu	1,3±0,02	0,04	3,4	33	1,4	1,4
Tb	0,8±0,01	0,02	2	32	0,8	1,1
Yb	2,7±0,04	0,1	4,1	29	2,7	2,9
Lu	0,5±0,01	0,04	1,04	36	0,48	0,51
Ta	0,9±0,02	0,87	2,5	41	0,87	1,1
Hf	5,1±0,1	0,4	14,1	34	5,1	5,4
Au	0,02±0,002	0,003	0,51	276	0,008	0,005
Hg	0,18±0,015	0,01	2,1	132	0,095	0,08
Th	7,0±0,1	0,4	13,7	26	7,5	7,4
U	3,6±0,1	0,5	35,2	89	3	3,7

Примечание: X – среднее ± ошибка определения среднего, min – минимальное; max – максимальное; V% - коэффициент вариации, жирным цветом выделен V>50%

Минимальные и максимальные содержания указывают на большой интервал разброса значений содержания элементов. Высокий коэффициент

вариации может быть обусловлен разными факторами: химическим составом воды исследуемых водоемов, региональными особенностями и т.д.

Изученные водоемы находятся в 7 административных районах на юге Томской области, где сосредоточено большинство населенных пунктов, преимущественно вдоль долин крупных рек, железных и автомобильных дорог.

Анализ полученных результатов позволяет отметить достаточно неоднородное распределение элементов-примесей по исследуемой территории области. Асиновский район, в сравнении с другими районами юга Томской области, выделяется повышенными концентрациями Sc, Fe, Co, Ba и Eu, Бакчарский район - Cr, Ce, Yb, Ta и Hf, Зырянский район - Lu, Кожевниковский район - As, Rb, Sr и U, Кривошеинский район - Na и Yb, Томский район - Ca, La, Sm, Tb, Au и Hg и Шегарский район - Sc, Br, Lu, Ta и Th.

Донные отложения малых водоемов юга Томской области делятся на три типа: терригенные, карбонатные, торфянистые. Среднее содержание элементов в каждом типе отложений в сравнении с осадочными породами представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Среднее содержание элементов-примесей в донных отложениях различных минеральных типов малых водоемов юга Томской области

элемент	Типы донных отложений			Осадочные породы*
	Терригенные (421 проба)	Карбонатные (129 проб)	Торфянистые (68 проб)	
Na	0,87	0,3	0,48	1,3
Ca	2,0	14,2	1,0	7,28
Sc	12	5,8	6,5	9,6
Cr	76	42,8	67,5	58
Fe	4,2	2,2	1,7	3,54
Co	17	8,5	10,9	14
As	6,8	12,3	2,9	7,6
Br	23	20,0	18,2	44
Rb	81	46,5	39,7	94
Sr	150	314	137	270
Sb	1,24	0,7	0,7	1,2
Cs	4,9	2,7	2,9	7,7
Ba	596	421	309	410
La	26,4	11,8	14,5	32
Ce	49,5	24,3	30,8	52
Sm	5,6	2,5	3,5	5,5
Eu	1,3	0,6	1,2	0,94

Продолжение таблицы 2

Tb	0,8	0,4	0,4	0,7
Yb	2,4	1,1	1,3	2
Lu	0,45	0,2	0,2	0,44
Ta	0,84	0,6	0,4	1
Hf	4,8	2,2	3,3	3,9
Au	0,01	0,008	0,03	0,006
Hg	0,18	0,165	0,08	0,068
Th	7,2	3,6	4,4	7,7
U	4,0	2,8	1,6	3,4

Примечание: *осадочные породы (Григорьев, 2003); Содержание элементов дано в г/т, Na, Fe, и Ca даны в %; жирным шрифтом выделены средние содержания элементов накапливающихся в конкретном типе отложений относительно осадочных пород

Анализ этих данных показывает, что донные отложения малых водоемов юга Томской области имеют различное накопление элементов в каждом типе. Если сравнивать минеральные типы донных отложений водоемов юга Томской области с осадочными породами по Н.А. Григорьеву (2003), то практически весь спектр элементов-примесей в значительной степени накапливается в терригенном типе, при этом карбонатные отложения характеризуются накоплением кальция, стронция, бария и золота, а в торфянистом типе так же, как и в терригенном, идет накопление хрома, европия и золота.

Для сопоставления полученных данных по элементному составу донных отложений водоемов юга Томской области сравним их с данными некоторых континентальных озер Сибири и с осадочными породами по Н.А. Григорьеву (2003) (таблица 3).

Таблица 3 – Среднее содержание элементов-примесей малых водоемов юга Томской области, некоторых озер Сибири

Элементы	Томская область (618 проб)	Сибирь ¹	Осадочные породы ²	Элементы	Томская область (618 проб)	Сибирь ¹	Осадочные породы ²
Na	<u>1,0±0,02</u> 0,005... 3,5	1	1,3	La	<u>28,4±0,4</u> 0,38... 65	12,1	32
Ca	<u>1,5±0,1</u> 0,3... 32	6	7,28	Ce	<u>51,5±0,7</u> 2,5... 101	24,4	52
Sc	<u>13,1±0,2</u> 0,3... 45	-	9,6	Sm	<u>6,1±0,1</u> 0,05... 14,3	1,1	5,5
Cr	<u>80±1,4</u> 13,7... 172	57	58	Eu	<u>1,3±0,02</u> 0,04... 4,5	0,5	0,94
Fe	<u>3,9±0,08</u> 0,2... 12	2,4	3,54	Tb	<u>0,8±0,01</u> 0,02... 2	0,4	0,7
Co	<u>17,4±0,3</u> 1,4... 42	10	14	Yb	<u>2,6±0,04</u> 0,1... 4,9	1,1	2
As	<u>3,5±0,9</u> 3,2... 106	-	7,6	Lu	<u>0,5±0,01</u> 0,01... 1,04	0,2	0,44

Br	17.4 ± 1.1	-	44	Hf	5.1 ± 0.1	2,5	3,9
	3,2...103				0,2...14,1		
Rb	80 ± 0.18	-	94	Ta	0.9 ± 0.02	-	1
	6,8...194				0,87...2,5		
Sr	78 ± 11	491	270	Au	0.01 ± 0.002	-	0,006
	13...2126				0,008...0,51		
Sb	1.3 ± 0.04	1	1,2	Hg	0.18 ± 0.015	-	0,068
	1...4				0,01...2,1		
Cs	3.2 ± 0.09	-	7,7	Th	7 ± 0.1	4,7	7,7
	0,2...8,7				0,4...13,7		
Ba	587 ± 13	312	410	U	3.6 ± 0.1	2,1	3,4
	99...1661				0,5...35,2		

Примечание: - нет данных. Содержание элементов дано в г/т, Na, Fe, и Ca даны в %, в числителе – среднее значение; \pm – ошибка определения среднего; в знаменателе – min и max значения, жирным выделены элементы, характеризующие повышенным накоплением в Томской области. *1. Страховенко и др., 2010; 2 – Григорьев, 2003

Анализ полученных результатов позволяет отметить, что по основному спектру изученных элементов донные отложения водоемов юга Томской области отличаются несколько более высокими содержаниями в сравнении с другими континентальными озерами Сибири (Страховенко, 2010). Исключение составляет Ca и Sr. А по содержанию ряда элементов, таких как Hf, Yb, Tb, Eu, Na, Ca, Fe, Co, Se, As они близки к данным по осадочным породам (Григорьев, 2003).

Особенности геохимической специализации изученных донных отложений хорошо отражает диаграмма, построенная по коэффициентам концентрации, рассчитанным как отношение среднего содержания элементов в донных отложениях малых водоемах юга Томской области к их содержанию в донных отложениях континентальных озер Сибири (Страховенко, 2010) (рисунок 2).

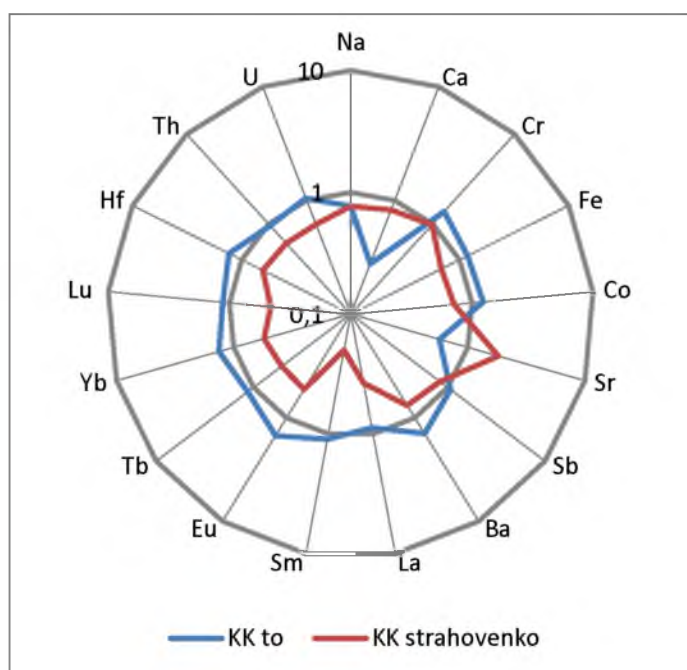


Рисунок 2 – Элементы-примеси в донных отложениях водоемов Томской области и континентальных водоемов Сибири. Содержание элемента выражено через коэффициент концентрации, рассчитанный по среднему содержанию в осадочных породах по Н.А. Григорьеву (2003) (KK to – коэффициент концентрации юга Томской области, KK strahovenko – коэффициент концентрации континентальных водоемов Сибири) (Страховенко, 2010)

Установлено, что в целом донные отложения малых водоемов юга Томской области характеризуются накоплением Cr, Fe, Co, Sb, Ba, PЗЭ, Hf, Hg, Au и U. Наиболее контрастно выделяются такие элементы как: Au, Hg и Cr.

Положение 2. Вертикальное распределение в колонке донных отложений малых водоемов Томского района позволило выделить типы нормального, слабо дифференцированного с проявлением слабовыраженных аномалий и резко дифференцированного распределения с контрастными аномалиями. Резко дифференцированный тип распределения элементов характерен для районов находящихся в зоне влияния СХК.

Донные отложения часто служат источником информации о хронологии поступления техногенных радионуклидов и прочих загрязнителей (тяжелых металлов, хлорорганических соединений) в окружающую среду. Эффективность использования донных отложений в качестве инструмента для оценки изменчивости состояния окружающей среды отражена в многочисленных исследованиях (Бобров, 1971; Nriagu et al., 1979; Усенков, 1995; Страховенко, 2006; Удачин, 2009; Страховенко и др., 2010). Показано, что, несмотря на миграцию ряда химических элементов в донных отложениях, они служат достаточно надежной депонирующей средой для выявления периодов интенсивного поступления химических элементов в водоемы.

Как правило, толщина слоя осадка, выпавшего за последнее столетие в озерах, не превышает нескольких десятков сантиметров (Страховенко, 2006). Это позволяет при детальном секционном опробовании на сравнительно небольшом интервале разреза проследить характер временной изменчивости поступления в донные отложения большой группы химических элементов, изучить закономерности и оценить природу их накопления. В связи с этим с целью оценки техногенного влияния на территорию юга Томского района был изучен характер вертикального распределения элементов-примесей в донных отложениях в нескольких малых водоемах: оз. Ларино (оз. Ум), озеро с. Тимирязевское, Черное озеро, находящихся на различном расстоянии от основных источников техногенного воздействия Томск-Северской промышленной агломерации (рисунок 3).

Анализ характера вертикального распределения элементов-примесей в колонке донных отложений Томского района позволил выделить три типа их распределения:

1 – тип нормального распределения, без явно выраженных локальных аномалий. Изменчивость содержания химических элементов здесь обусловлена постепенным (эволюционным) изменением состава донных отложений и преимущественно природными факторами.

2 – тип слабо дифференцированного распределения с проявлением слабовыраженных аномалий в различных частях донных отложений, может быть обусловлен как природными, так и антропогенными факторами.

3 – тип резко дифференцированного распределения с контрастными аномалиями в верхней части разреза, сформировавшимися под воздействием интенсивного изменения окружающей среды, главным образом под влиянием техногенной нагрузки.

Некоторые элементы в колонке донных отложений представлены на рисунках 4 – 7.

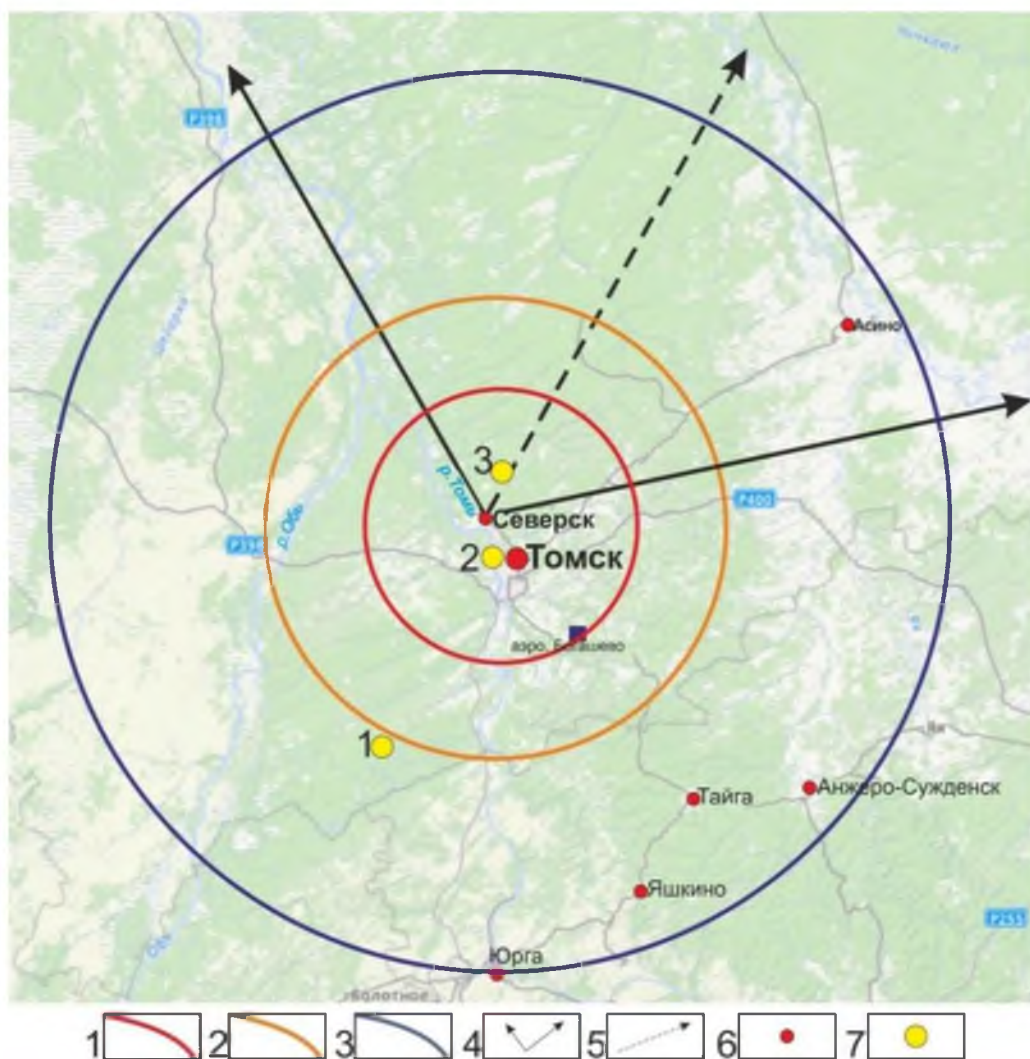


Рисунок 3 – Карта - схема размещения исследуемых озер на территории Томского района

Условные обозначения: 1 – ближняя зона воздействия, 30 км, 2 – средняя зона, 50 км, 3 – дальняя зона, 100 км, 4 – основной сектор воздействия СХК, 5 – преобладающее направление ветра, 6 – районные центры, 7 – исследуемые озера на территории Томского района (1 – оз. Ларино (оз. Ум), 2 – оз. в с. Тимирязевское, 3 – Черное озеро)

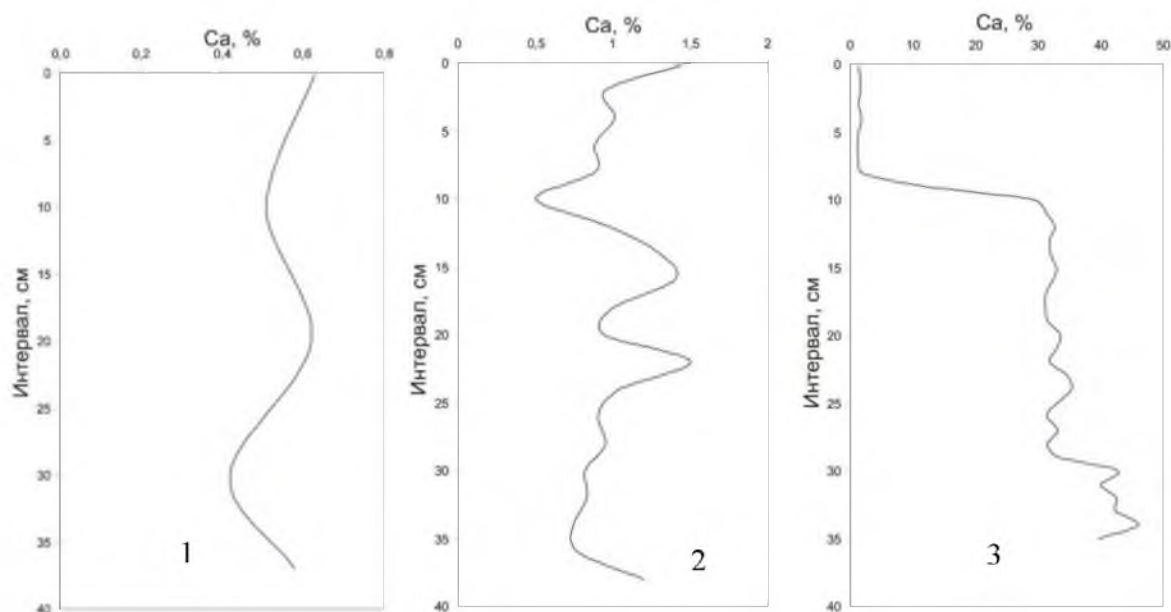


Рисунок 4 – Основные типы распределения кальция в донных отложениях: 1 – тип равномерного распределения со слабо проявленными аномалиями (оз. Ларино (оз. Ум)); 2 – тип слабо дифференцированного распределения с проявлением слабовыраженных аномалий в верхней части (оз. в с. Тимирязевское); 3 – тип резко дифференцированного распределения с контрастными аномалиями (Черное озеро)

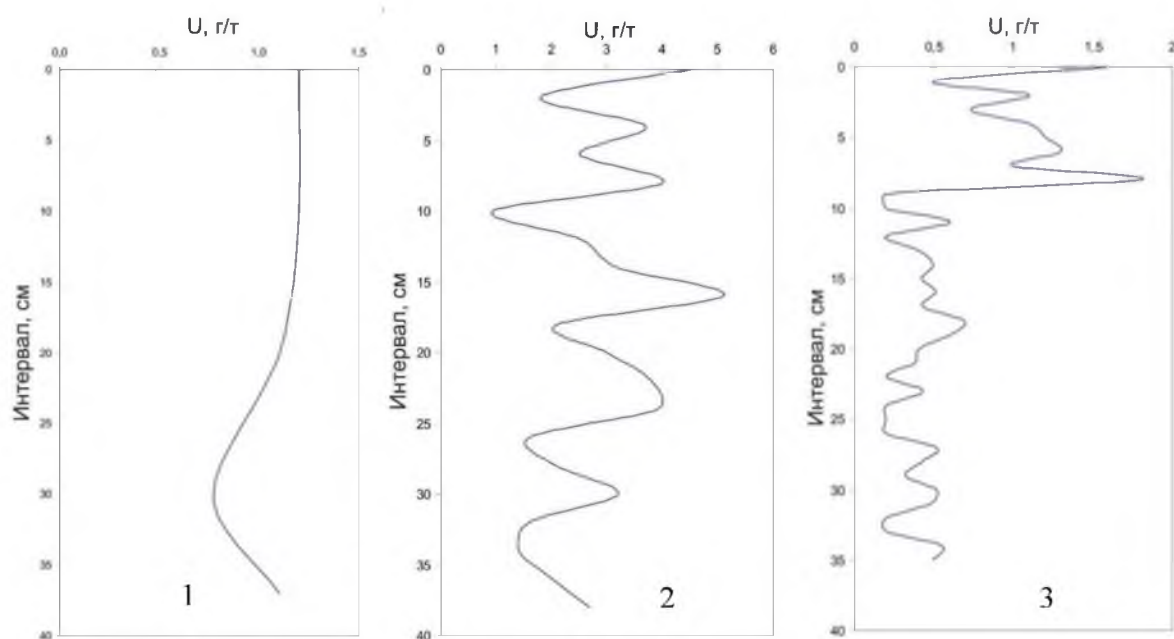


Рисунок 5 – Основные типы распределения урана в донных отложениях (условные обозначения см. на рис. 4): 1 – оз. Ларино (оз. Ум); 2 – оз. в с. Тимирязевское; 3 – Черное озеро

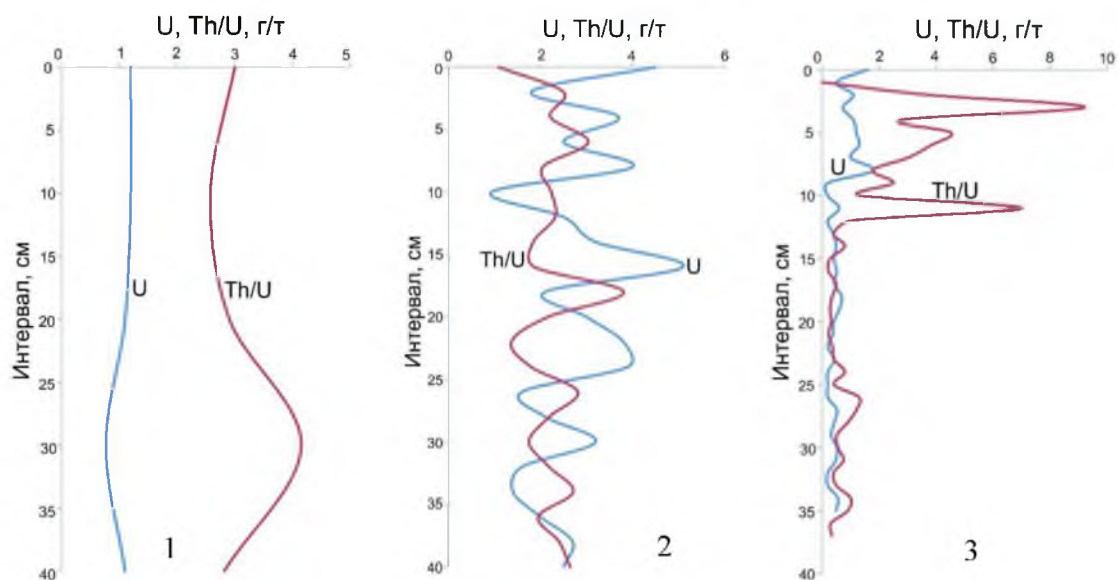


Рисунок 6 – Th/U-отношение в донных отложениях (условные обозначения см. на рис. 4): 1 – оз. Ларино (оз. Ум); 2 – оз. в с. Тимирязевское; 3 – Черное озеро

Распределение ртути в озере Черном весьма схоже по структуре накопления со многими другими элементами, такими как Na, Fe, Hf, La, Yb, Th и др. (рисунок 7). Отмечается один и тот же интервал устойчивого возрастания ее концентрации, начиная с глубины 10 см.

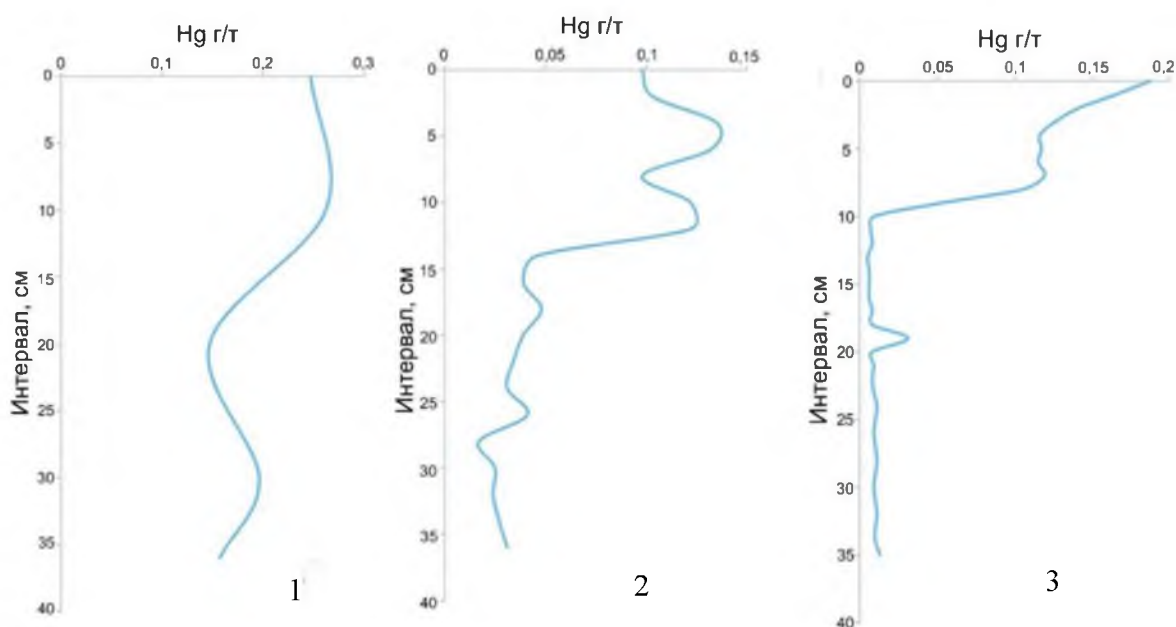


Рисунок 7 – Основные типы распределения ртути в донных отложениях (условные обозначения см. на рис. 4): 1 – оз. Ларино (оз. Ум); 2 – оз. в с. Тимирязевское; 3 – Черное озеро

Отметим, что накопление не только ртути, но и всех других изученных микроэлементов, а также Na и Fe вверх по разрезу в колонке донных

отложений озера Черное начинается с 10-сантиметровой глубины. Методом датирования с использованием изотопа ^{210}Pb (Титаева, 2010) определен возраст донных отложений оз. Черное. Отметка в 10 сантиметров соответствует 1955 году (рисунок 8а).

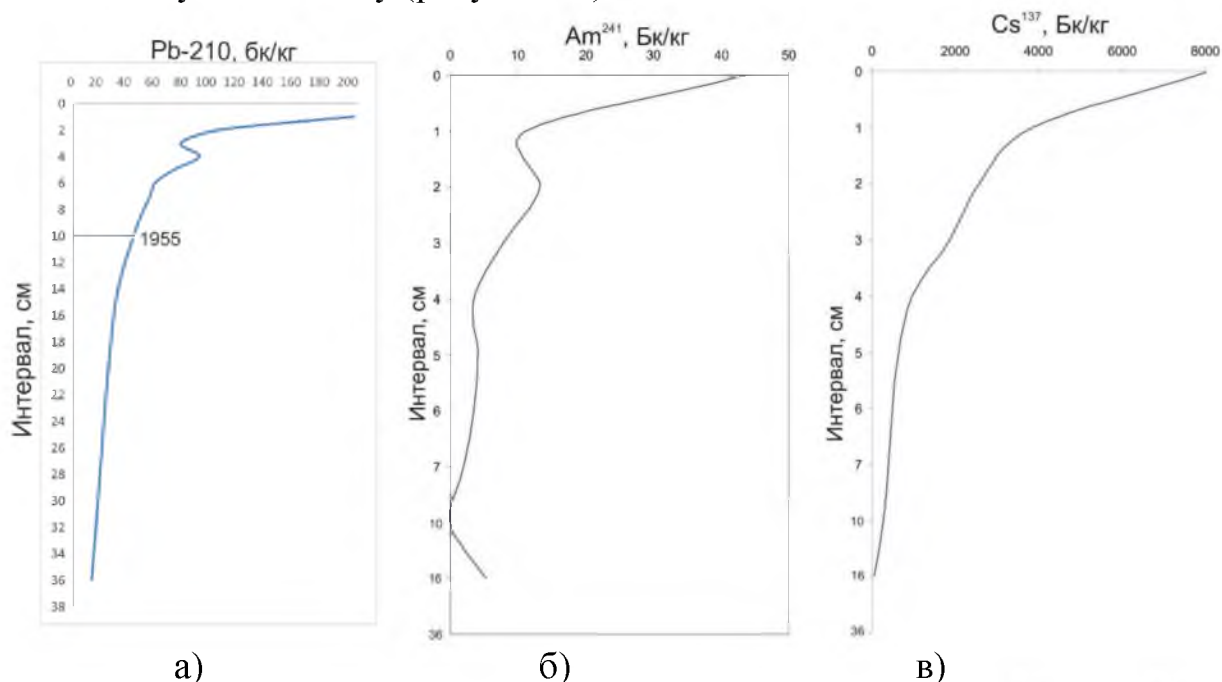


Рисунок – 8 Вертикальное распределение концентрации а) ^{210}Pb ; б) ^{241}Am ; в) ^{137}Cs в разрезе донных отложений озера Черное

Резкое увеличение содержания всех элементов в донных отложениях, кроме Ca и Sr, имеющих другую тенденцию накопления, говорит о резкой смене на этом рубеже геохимической обстановки. Эта смена может быть связана с ошеломляющими темпами строительства СХК с 1951 г., с поэтапным введением ТЭЦ СХК, работающей на угольном топливе в 1953–1961 гг., а также с запуском первого атомного реактора И-1 в 1955 г., оказавших влияние на особенности водно-минерального питания, состав вод и биоту озера Черное.

Об антропогенной природе этих изменений свидетельствует и присутствие в донных отложениях ^{241}Am , ^{137}Cs , накапливающихся в изученной колонке оз. Черное в этот же интервал времени (Рихванов и др, 2007) (рисунок 8 б, в). Источниками поступления ^{137}Cs могут являться испытания ядерного оружия в атмосфере и/или работа предприятий ядерно-топливного цикла (Сапожников, 2006). Это позволяет предполагать, что возможной причиной техногенной трансформации природной среды является деятельность Сибирского химического комбината.

Проведенные исследования показали, что для районов с антропогенным воздействием характерен слабо и резко дифференцированный тип распределения, а для условно чистых районов – тип равномерного распределения.

Положение 3. Донные отложения малых водоемов юга Томской области характеризуются околокларковыми содержаниями урана и тория. На этом фоне выделяется аномальная субмеридиональная Асиновско-Бабарыкинская радиогеохимически специализированная зона с высоким содержанием урана и пониженным торий-урановым отношением. Ее формирование обусловлено геолого-геохимическими особенностями территории.

Оценка содержаний радионуклидов в донных отложениях малых водоемов юга Томской области важна для получения данных об их радиационном фоне и возможных техногенных и природных аномалиях.

Среднее содержание урана в донных отложениях Томской области составляет $3,6 \pm 0,1$ г/т, тория – $7 \pm 0,1$ г/т, при Th/U отношении 1,9 г/т (таблица 4).

Таблица – 4 Среднее содержание U и Th в донных отложениях озер Томской области, г/т

Регион (район, объект) исследования	Кол-во водоемов	Уран		Торий		Th/U
		Содержание*	V, %	Содержание	V, %	
Томская область, в том числе районы:	299	$\frac{3,6 \pm 0,1}{0,5 \dots 35,2}$	95	$\frac{7 \pm 0,1}{0,4 \dots 13,7}$	33	1,9
Томский	46	$\frac{3,6 \pm 0,1}{0,6 \dots 6,6}$	24	$\frac{6,5 \pm 0,1}{0,4 \dots 8,9}$	11	1,8
Кожевниковский	50	$\frac{4,1 \pm 0,1}{0,9 \dots 35,2}$	112	$\frac{7,5 \pm 0,1}{2,2 \dots 11,5}$	29	1,8
Бакчарский	6	$\frac{0,82 \pm 0,1}{0,5 \dots 2,1}$	82	$\frac{7,2 \pm 0,1}{5,1 \dots 8,6}$	11	8,7
Шегарский	30	$\frac{3,8 \pm 0,1}{1,7 \dots 31}$	146	$\frac{8,3 \pm 0,1}{1,3 \dots 13,7}$	38	2,2
Зырянский	40	$\frac{3,2 \pm 0,1}{0,5 \dots 12}$	65	$\frac{7,7 \pm 0,1}{4,3 \dots 11,3}$	21	2,4
Асиновский	68	$\frac{3,1 \pm 0,1}{1,5 \dots 6,7}$	38	$\frac{7,8 \pm 0,1}{1,2 \dots 12,9}$	24	2,5
Кривошеинский	59	$\frac{2,6 \pm 0,1}{0,5 \dots 5,3}$	54	$\frac{7,2 \pm 0,1}{3,8 \dots 9,9}$	16	2,7

Примечания: V – вариация, %; в числителе – среднее значение; \pm – ошибка определения среднего; в знаменателе – min и max значения, жирным выделены значения вышесреднего

Анализ пространственного накопления урана в донных отложениях юга Томской области позволяет выделить две зоны с повышенным уровнем его накопления (рисунок 9). Первая представлена цепочкой ореолов субмеридионального простиранья, прослеживающихся от южной границы области вдоль долины р. Оби в пределах Кожевниковского и Шегарского районов. Вторая зона накопления представляет собой ореол повышенных содержаний урана вдоль границы выхода коренных отложений в пределах

Кузнецко-Алатаусского блока в обрамлении Западно-Сибирской плиты (Зырянский район).

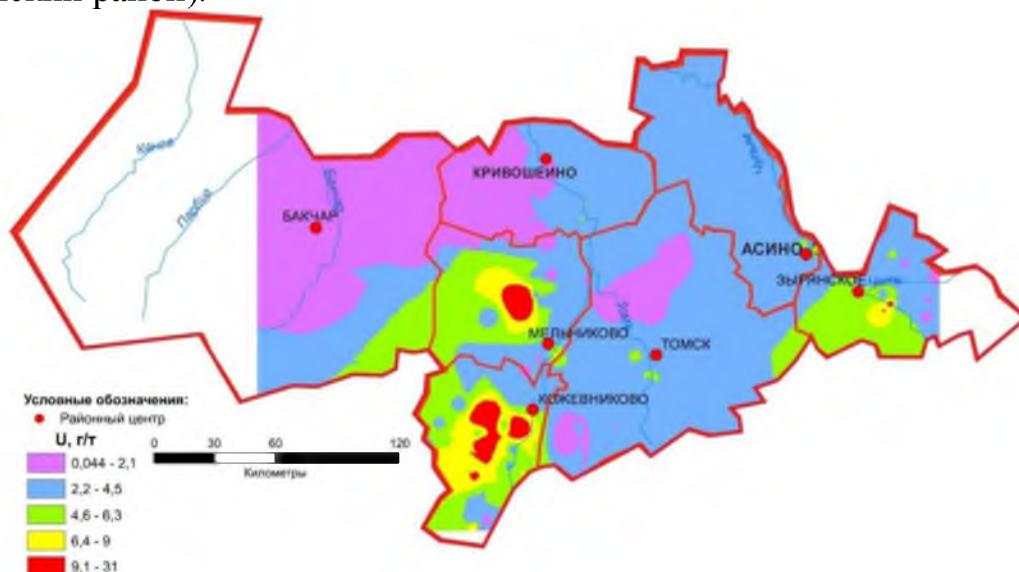


Рисунок 9 – Схематическая карта распределения урана (г/т) в донных отложениях малых водоемов юга Томской области

На фоне относительно однородного распределения урана в донных отложениях малых водоемов юга Томской области выделяется Осиновско - Бабарыкинская радиогеохимическая аномальная зона, характеризующаяся повышенным содержанием урана и пониженным торий урановым отношением.

Более подробно рассмотрим график, отражающий положение донных отложений в координатах U–Th для всех водоемов юга Томской области (рисунок 10).

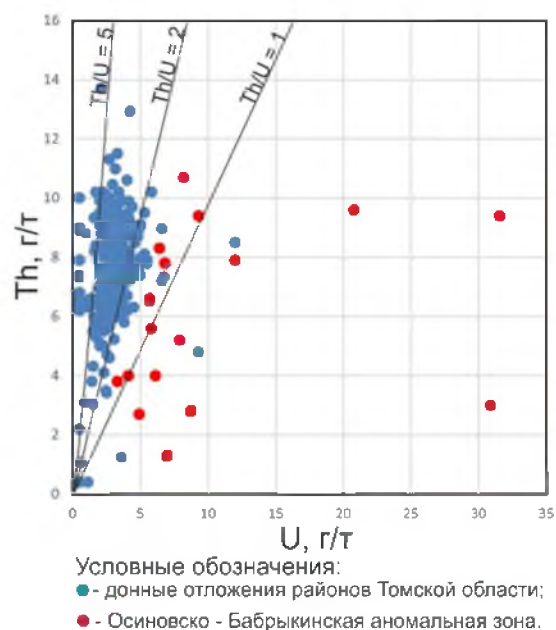


Рисунок 10 – Радиогеохимическая характеристика донных отложений районов юга Томской области

Торий-урановое отношение в донных отложениях юга Томской области в основном около и чуть выше 2. Наиболее вероятный механизм накопления U – сорбция на органическом веществе. Донные отложения Осиновско - Бабарыкинской аномальной зоны отличаются достаточно низким торий-урановым отношением, $Th/U \leq 1$, что указывает на преимущественное концентрирование урана по сравнению с торием (рисунок 10). Причина повышенного содержания U Осиновско – Бабарыкинской аномальной зоны может быть обусловлена:

- сносом и концентрированием U в осадочных отложениях вдоль южного обрамления Западно-Сибирской плиты. Возможность такого механизма накопления высоких содержаний урана в донных отложениях подтверждается наличием здесь многочисленных проявлений U в торфяниках (Росляков, 2004, 2008);
- разгрузкой подземных вод Колыванского разлома, где установлены аномальные концентрации урана в буготакской и инской сериях в Колывань-Томской складчатой зоне (до $5,4 \times 10^{-5}$ г/л) и формированием в подземных водах высоких концентраций урана в зонах дробления тектонических нарушений (Росляков, 2013);
- в Шегарском районе аномалии приурочены к гранитоидам позднепалеозойского комплекса.

Для более детального изучения Осиновско - Бабарыкинской аномальной зоны были сделаны детальные разрезы в колонке вертикальных профилей донных отложений. Анализ характера вертикального распределения элементов Осиновско - Бабарыкинской аномальной зоны позволил выделить тип нормального распределения практически для всех изученных элементов, кроме урана. Уран имеет характер резко дифференцированного распределения и при своих средних значениях превышает среднее для области практически в 10 раз, при максимуме в колонке донных отложений - 60 г/т (рисунок 11а). Содержание тория при этом достаточно выдержано, что указывает на его накопление преимущественно в составе обломочной фракции (рисунок 11б).

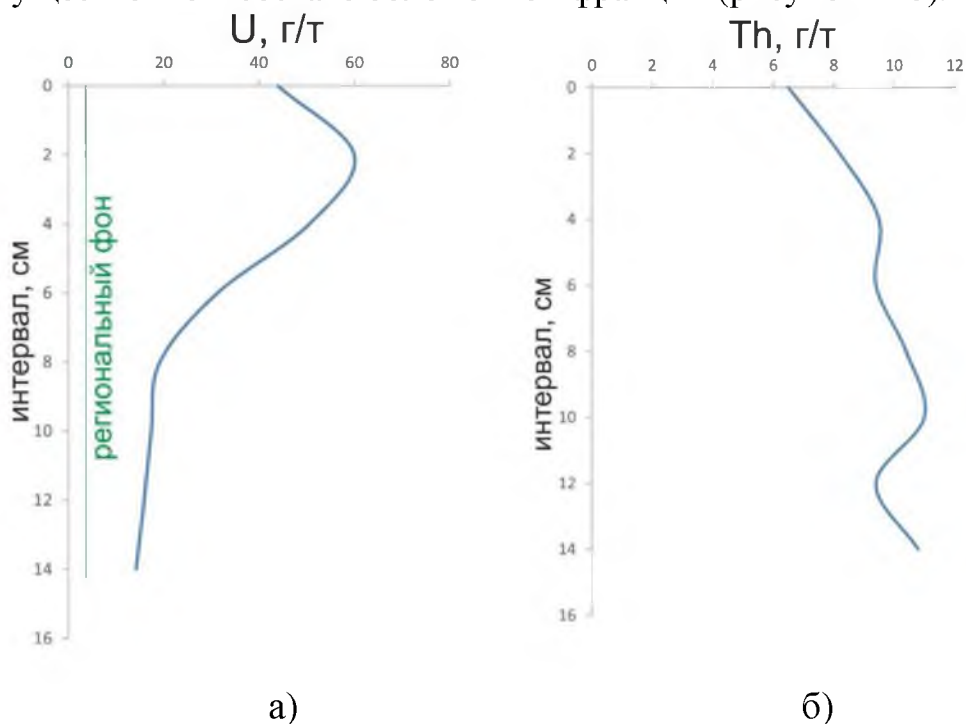


Рисунок 11 – Вертикальное распределение а)U и б)Th в колонке донных отложений озера в деревне Осиновка

Полученные результаты указывают на наличие на территории юга Томской области не только техногенных, но и естественных радиоактивных аномалий, требующих учета при оценке качества среды обитания и разработки мероприятий по защите населения от негативного воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные в диссертационной работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Донные отложения малых водоемов юга Томской области, по сравнению с континентальными озерами Западной Сибири и осадочными породами по Григорьеву Н.А. характеризуются повышенным содержанием таких элементов как Sc, Cr, Fe, Sb, Ba, PЗЭ, Hf, Au и U.

2. В вертикальном распределении элементов-примесей в колонке донных отложений малых водоемов Томского района отчетливо выделяется три типа: 1 – тип равномерного распределения со слабо проявленными аномалиями (оз. Ларино (оз. Ум)); 2 – тип слабо дифференцированного распределения с проявлением неконтрастных аномалий в верхней части (оз. в с. Тимирязевское); 3 – тип резко дифференцированного распределения с контрастными аномалиями (Черное озеро). Тип распределения зависит не только от природных условий формирования донных отложений, но и от расположения водоемов относительно источников антропогенного загрязнения.

3. Пространственное распределение урана в донных отложениях характеризуется наличием двух зон с повышенными уровнями его накопления. Выделена Осиновско - Бабарыкинская субмеридиональная аномальная зона накопления урана, которая пространственно совпадает с полями развития гранитов позднепалеозойского комплекса. Вероятно, в этой зоне происходит разгрузка подземных вод Колыванского разлома, где установлены аномальные концентрации урана.

Список по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. **Иванов А.Ю.** Закономерности распределения химических элементов в вертикальном профиле донных отложений слабопроточных водоемов Томского района // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2016. – Т. 327, № 2. – С. 88-101.

2. Рихванов Л. П., Замятина Ю.Л., Межибор А.М., Архангельская Т.А., **Иванов А.Ю.** Реконструкция радиационной обстановки на территории Томской области по стратифицированным природным образованиям // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2011. – Т. 319. – №. 1.

3. **Иванов А.Ю.** Уран и торий в донных отложениях непроточных водоемов юга Томской области/ А. Ю. Иванов // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318, № 1 – С. 159-165/

4. Радиоактивные элементы в окружающей среде / Л.П. Рихванов, С.И. Арбузов, Н.В. Барановская, А.В. Волостнов, Т.А. Архангельская, А.М. Межибор, В.В. Берчук, Л.В. Жорняк, Ю.Л. Замятина, **А.Ю. Иванов**, А.В. Таловская, С.С. Шатилова, Е.Г. Язиков.//Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – №. 1 – С. 128-136/

Публикации в иных изданиях (материалы конференции)

5. **Иванов А.Ю.** Закономерности распределения ртути в вертикальном профиле донных отложений слабопроточных водоемов Томского района / А. Ю. Иванов, К. А. Губина, Е. В. Перегудина // Перспективные направления развития современной науки: сборник научных работ III Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения, Москва, 27-28 Марта 2015 г. – Москва: ЕНО, 2015. – 3 с.

6. **Иванов А.Ю.** Ртуть в донных отложениях слабопроточных водоемов юга Томской области / А. Ю. Иванов, К. А. Губина // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Новосибирск – 2015. – С. 162-164.

7. **Иванов А. Ю.** Среднее содержание элементов примесей в донных отложениях слабопроточных водоемов юга Томской области //Проблемы геологии и освоения недр. Томск – 2012 –. Т.2 – С. 542-544.

8. **Иванов А.Ю.** Геохимия U и Th в донных отложениях непроточных водоёмов и озёр юга Томской области / А. Ю. Иванов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы III Международной конференции. Томск: – 2009. – С. 209-211/

9. **Иванов А.Ю.** Геохимия донных отложений водоемов юга Томской области / А. Ю. Иванов // Межвузовская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодые - наукам о Земле", Москва, 2008: материалы конференции. – Москва: Экономическая литература, 2008. – С. 219.

10. **Иванов А.Ю.** Геохимические особенности донных отложений водоёмов Томского района // Проблемы геологии и освоения недр. Томск – 2007. – Т. 3. – С. 34-36

11. **Иванов А.Ю.** Уран и торий в донных отложениях озер юга Томской области / А. Ю. Иванов, В. С. Архипов, А. Ф. Судыко // Геохимия и рудообразование радиоактивных, благородных и редких металлов в эндогенных и экзогенных процессах. Улан-Удэ – 2007. – Ч. 1. – С. 79-81

12. **Иванов А.Ю.** Геохимические особенности сапропелей Кожевниковского района Томской области / А. Ю. Иванов, В. А. Архипов, В. К. Бернатонис // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири. Томск – 2007. – С. 126-129.