

На правах рукописи

ЖАМБАЛОВА ДАШИМА ИВАНОВНА

**ГЕОХИМИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ПОЧВЕННЫХ И
ГРУНТОВЫХ ВОД УСТЬ-СЕЛЕНГИНСКОЙ ВПАДИНЫ В
УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Специальность 25.00.36. – «геоэкология»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Иркутск – 2010

Работа выполнена в Геологическом институте СО РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Плюснин Алексей Максимович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Руш Елена Анатольевна (ИГУПС)

кандидат географических наук,
Белозерцева Ирина Александровна
(Институт географии СО РАН)

Ведущая организация: Бурятский государственный университет,
г. Улан-Удэ

Защита состоится «20» октября 2010 года в 10⁰⁰ часов
на заседании диссертационного совета Д 003.059.01 при Институте
геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а, факс (3952) 427050.
E-mail: korol@igc.irk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института
геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, по адресу: 664033, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а.

Автореферат разослан сентября 2010 года

Ученый секретарь
дис. совета,
к.г.-м.н.

Королева Г.П.

Актуальность темы. Одной из экологически важных проблем современности является загрязнение подземных вод азотсодержащими соединениями. Известно, что во многих странах загрязнению подвергаются водоносные горизонты, использующиеся для питьевого водоснабжения населения. На территории Западного Забайкалья такой очаг загрязнения сформирован на побережье озера Байкал в пределах Усть-Селенгинской впадины, что вызывает угрозу загрязнения вод озера. Это во многом связано с глобальной проблемой загрязнения атмосферы. С загрязнением атмосферных осадков во многих регионах России отмечается ухудшение качества поверхностных и подземных вод, в том числе и за счет повышения концентрации нитрат-иона и аммония (Рыженко и др., 1997; Зверев и др., 2000; Сороковикова и др., 2001; Ходжер и др., 2002). Загрязнение грунтовых вод часто опосредованно связано с гидромелиоративными работами, которые в последние десятилетия проводятся на больших площадях во многих районах мира. И, наконец, интенсивное использование земель в сельскохозяйственном производстве также часто приводит к загрязнению азотсодержащими соединениями.

На изученной нами территории ранее детальных исследований по выявлению причин загрязнения грунтовых вод на столь обширной территории не проводилось, не известна генетическая структура потоков вещества, не выяснено влияние сложившейся обстановки на взаимодействие в системе вода-порода и на миграцию в растворе других компонентов, в том числе микроэлементов.

Цель работы. Выявить особенности химического состава атмосферных, почвенных и грунтовых вод, формирующихся на территории Усть-Селенгинской впадины, оценить влияние техногенных факторов на их формирование.

Задачи исследований. 1. Выяснить особенности природно-климатических условий Усть-Селенгинской впадины, где сформировался на площади более 500 км² ореол грунтовых вод, загрязненных азотсодержащими соединениями.

2. Определить влияние выбросов промышленности, последствий осушения земель, стоков сельскохозяйственного производства на загрязнение атмосферных осадков, почвенных и грунтовых вод региона.

3. Выявить закономерности трансформации химического состава загрязненных инфильтрующихся вод в зоне аэрации.

4. Установить особенности формирования состава грунтовых вод в районе исследований, определить воздействие техногенеза на миграцию микроэлементов в поверхностных, почвенных и грунтовых водах.

Фактический материал и личный вклад автора. В основу диссертации положен материал, полученный автором в период полевых работ и лабораторных исследований в рамках выполнения бюджетных тем ГИН СО РАН за период работ 2001 – 2009 годов и интеграционного проекта СО РАН № 99 «Анализ и моделирование трансформации вещества в системе река Селенга-дельта-оз. Байкал». Кроме того, в работе обобщены материалы, ранее собранные сотрудниками лаборатории эколого-гидрогеологических исследований и опубликованные в открытой печати результаты исследований по региону за последние годы.

При проведении работ автором было отобрано и проанализировано 92 пробы почв, 120 проб атмосферных осадков, 64 пробы почвенных вод и 340 проб грунтовых вод.

Макроэлементный состав вод и валовое содержание элементов в почвах определены количественными методами в сертифицированных лабораториях Геологического института СО РАН, микроэлементный состав вод проанализирован ICP MS методом на масс-спектрометре “PlasmaQuad 2” в центре коллективного пользования в Институте геохимии им. А.П. Виноградова.

Лично автором проведен анализ макрокомпонентного состава всех вод, проведены отбор и анализ почвенных вод, экспериментальные исследования трансформации химического состава инфильтрующихся через почвенный разрез вод, произведена статистическая обработка результатов анализа. Автор принимал непосредственное участие в проведении мониторинга химического состава атмосферных и грунтовых вод, а также в анализе, обработке и интерпретации полученных данных, подготовке публикаций.

Научная новизна работы. Показано, что географическое расположение Усть-Селенгинской впадины по отношению к промышленно развитым областям региона и особенности ее природно-климатических условий предопределяют интенсивное круглогодичное техногенное давление на ее ландшафты как за счет выбросов промышленных предприятий района, так и за счет трансграничного переноса загрязняющих веществ. Негативное воздействие этих факторов привело к формированию обширного очага загрязнения атмосферных, почвенных и грунтовых вод, который располагается в непосредственной близости от побережья озера Байкал. Выявлено, что при инфильтрации слабо загрязненных аммонием, сульфат- и нитрат – анионами атмосферных осадков и поверхностных вод, через зону аэрации нитрат в значительной мере поглощается из раствора, а сульфат-ион и аммоний проникают в грунтовые воды. На осушенных землях района в результате окислительного разложения торфов в грунтовые воды поступают

аммоний, нитрат, нитрит, растворимые органические вещества, создаются восстановительные условия, в растворе накапливаются микроэлементы, не характерные для слагающих впадин пород.

Практическая значимость. Установленные особенности формирования химического состава атмосферных осадков, почвенных и грунтовых вод в Усть-Селенгинской впадине могут быть использованы для разработки рационального объема мероприятий, направленных на улучшение экологической обстановки в центральной экологической зоне Байкальской природной территории. Фактические данные по формированию химического состава грунтовых вод позволяют объяснить закономерности формирования очагов загрязнения в местах проведения мелиоративных работ и разработать на стадии проектирования необходимый комплекс мероприятий по предотвращению или минимизации процессов загрязнения. Результаты изученных нами природно-техногенных процессов формирования загрязненных грунтовых вод могут быть использованы в курсах лекций студентов природоохранной специальности.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на Международной конференции "Основные факторы и закономерности формирования дельт и их роль в функционировании водно-болотных экосистем в различных ландшафтных зонах", г. Улан-Удэ, 2005г; Всероссийском совещании по подземным водам востока России, г. Иркутск, 2006г; Научной конференции "Природные ресурсы Забайкалья и проблемы геосферных исследований", г. Чита, 2006г; Международной научно-практической конференции «Особенности хозяйственной деятельности на Байкальской природной территории», г. Улан-Удэ, «Энхалук», 2007г; Молодежной научной конференции «Молодежь и наука Забайкалья», г. Чита, 2008г; Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития земледелия и защиты почв», Улан-Удэ, 2009г; Международной конференции «Вулканизм, биосфера и экологические проблемы», Майкоп-Туапсе, 2009г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе две статьи в рецензируемых журналах, входящих в перечень рекомендуемых ВАК.

Структура работы. Диссертация (общий объем 151 стр., 25 табл., 29 рис.) состоит из введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы, включающего 141 наименование.

Во *введении* обоснованы актуальность работы, определены цель и задачи исследования, даны положения, выносимые на защиту и практическая значимость.

В *первой главе* рассмотрены геологическое строение, тектоническая характеристика, гидрогеологические условия, гидрография, климат и почвенный покров района.

Во *второй главе* приведены методики отбора проб и методы анализа природных вод.

Третья глава посвящена рассмотрению процессов формирования химического состава атмосферных осадков в современных условиях и характеристике атмосферных загрязнений Байкальского региона. Приведены данные мониторинга химического состава атмосферных осадков.

В *четвертой главе* рассмотрены факторы и процессы, способствующие загрязнению подземных вод, условия формирования подземных вод Усть-Селенгинской впадины. В главе приведены результаты мониторинговых исследований химического состава почвенных и грунтовых вод, закономерности формирования микроэлементного состава.

В *пятой главе* рассмотрены влияние осушения земель на химический сток грунтовых вод, воздействие разрывных нарушений на распространение загрязнения. Приведены результаты экспериментального исследования взаимодействия инфильтрующихся вод, обогащенных азотсодержащими соединениями, с почвами.

В *Заключении* представлены основные выводы по результатам проведенных исследований.

Работа выполнена в лаборатории эколога-гидрогеологических исследований ГИН СО РАН под руководством д.г.-м.н. А.М. Плюснина, которому автор выражает глубокую благодарность за помощь и поддержку на всех этапах работы. Автор благодарна Б.Ж. Жалсараеву за проведение РФА, а также И.П. Труниной, Л.А. Онходоевой за помощь в проведении аналитических работ.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В результате техногенного воздействия на значительной площади Усть-Селенгинской впадины сформирована область загрязнения атмосферных, почвенных и грунтовых вод аммонием и нитратом. При инфильтрации загрязненных вод через зону аэрации нитрат-ион частично выводится из раствора за счет поглощения растительностью и сорбционных процессов, аммоний и сульфат-ион проникают до уровня грунтовых вод.

Усть-Селенгинская впадина расположена на восточном побережье озера Байкал. Значительную ее часть занимает дельта р. Селенги. Экосистемы дельты развиваются в условиях континентального климата Восточной Сибири, преобразованного влиянием Байкала. Климат

характеризуется большими амплитудами температуры воздуха в течение суток и года. На территории района господствующим направлением ветров является западное и юго-западное (Атлас..., 1967).

Проведенные исследования показали, что воды с наибольшей минерализацией располагаются в заболоченной низине Калтусного прогиба, где содержание минеральных веществ достигает 500-600 мг/л (рис. 1). Рост минерализации грунтовых вод здесь связан, в основном, с увеличением количества кальция, магния и гидрокарбонат-иона (табл. 1). Установлено, что на значительной площади дельты грунтовые воды загрязнены аммонием, во многих местах они выше ПДК для вод питьевого назначения. Наиболее интенсивное загрязнение грунтовых вод этим соединением происходит в пределах осушенной от болот территории, где в настоящее время расположены сенокосные угодья. Кроме этого высокое содержание аммония обнаруживается в населенных пунктах и в пределах распаханных земель, которые используются для выращивания зерновых. Аномальное количество этого токсичного компонента поступает в грунтовые воды при протекании разнообразных процессов, среди которых необходимо отметить разложение торфа на осушенных землях, инфильтрацию загрязненных атмосферных осадков, использование удобрений и коммунально-бытовые стоки. Вклад их в формирование ореола в разных частях впадины не равнозначен, но такая оценка загрязнения до сих пор не проводилась. На территории дельты грунтовые воды содержат значительное количество органических соединений, которые поступают в воды при разложении накопленной в осадочных отложениях биомассы торфов. Высокие содержания органики в водах характерны не только для заболоченных территорий, но и для других частей впадины, ее поступление в раствор, вероятно, происходит из осадочных дельтовых отложений.

Разложение органики в различных частях Усть-Селенгинской впадины происходит с разной интенсивностью, на что указывает распределение концентрации углекислого газа. Наиболее высокие его концентрации обнаруживаются в пределах осушенных земель, где содержание достигает 50-60 мг/л. Техногенное воздействие на состояние грунтовых вод района, связанное со сточными водами предприятий, проявляется в возрастании количества сульфата и натрия. В районе п. Селенгинск, п. Тимлюй содержание сульфат-иона достигает 100-200 мг/л, натрия 30-60 мг/л.

Воды, используемые для питьевого водоснабжения в населенных пунктах левобережья, содержат повышенные концентрации нитрата, хлорида, железа, органических соединений и др. (табл. 2). Разнообразное воздействие техногенеза на подземную гидросферу создает

специфические условия для протекания геохимических, биохимических процессов, миграции и осадению целого ряда химических элементов.

Таблица 1. Химический состав грунтовых вод левобережья по данным площадного опробования, мг/л (n=165) (Плюснин, Кислицына, Жамбалова и др., 2008)

Параметр, мг/л	Минимум	Максимум	Среднее	Сред. хим. состав подз. вод Забайкалья*
Ca ²⁺	10,0	152,3	52,7	20,0
Mg ²⁺	1,8	68,1	11,9	9,3
Na ⁺	0,5	75,4	10,5	13,6
K ⁺	0,3	21,5	2,7	1,7
HCO ₃ ⁻	3,5	488,1	196,7	125
SO ₄ ²⁻	0,05	216,8	21,3	4,6
Cl ⁻	2,1	138,3	13,2	4,0
NO ₃ ⁻	0,005	230,0	7,9	-
NH ₄ ⁺	0,005	16,46	1,38	-
NO ₂ ⁻	0,005	3,5	0,10	-
SiO ₂	2,4	46,5	18,6	17,5
Минерализация	62,6	700,0	238,1	179
Жесткость (мг-экв/л)	0,7	11,1	3,6	1,76
Перм. Ок., мгО/л	0,3	48,0	5,3	-
CO ₂	0,01	74,8	11,7	17,1
PO ₄ ³⁻	0,005	1,0	0,076	0,03
pH	6,9	9,9	7,8	7,0

Примечание: «*» - Шварцев, 1998.

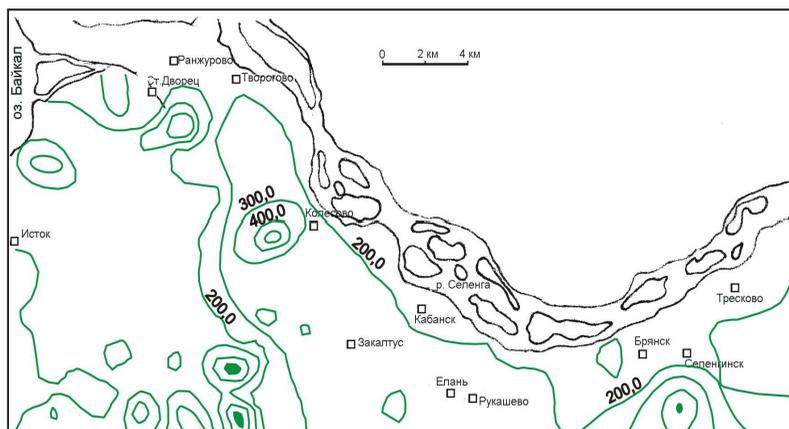


Рис. 1. Минерализация грунтовых вод Усть-Селенгинской впадины.

Таблица 2. Химический состав грунтовых вод в населенных пунктах, мг/л (n=175)

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ca ²⁺	12	126,7	108,2	109,7	133,2	64,1	75,1	48,1	136,2	87,1	56,1
Mg ²⁺	2,4	42,7	13,6	9,8	45,8	24,7	42,2	13,9	43,9	29,5	21,3
Na ⁺ + K ⁺	9,4	169,7	57,9	20	94,2	73,8	85,7	11	80,9	49,9	24,1
HCO ₃ ⁻	48,8	91,5	279	300	317	94,5	338	201	240	161	228
SO ₄ ²⁻	7,5	38	11,6	12	45,7	19,7	27,5	11,2	45,9	34,1	50
Cl ⁻	6	193	20	31	75	45	57	12	117	82	45
NO ₃ ⁻	5	590	188,2	68,2	382,6	323,2	207,2	9,5	357,5	209,1	1,5
NH ₄ ⁺	0,12	0,21	0,18	0,28	0,34	0,1	3,5	0,42	0,1	1,88	2,32
NO ₂ ⁻	0,02	0,06	0,23	0,06	2,43	0,07	1,44	0,34	0,09	0,16	0,05
SiO ₂	14,1	17,7	12,5	15,2	11,6	25,6	13,9	12,6	10,4	18,1	16,3
Минерализация	91	1252	680	552	1098	645	838	308	1023	656	437
Жесткость, (мг-экв/л)	0,98	9,35	6,35	6,5	10,2	5,25	6,7	3,63	10,88	7,88	4,73
Перм.окис., мгО/л	0,9	4,8	2,4	2,5	11	1,5	10,1	1,9	2,9	3,7	2,5
CO ₂	23,1	71,5	72,6	55	61,6	28,6	41,8	26,4	43,45	63,8	11
Fe _{общ}	<0,1	0,1	<0,1	0,27	0,16	<0,1	0,34	<0,1	<0,1	0,21	7,76
pH	6,56	6,46	7,46	7,38	7,19	7,28	7,54	7,13	6,96	6,64	6,5

Примечание: № 1 - станция Посольская, колодец глубиной до поверхности воды 5 м; № 2 - с. Посольск, колодец, 3,5 м; № 3 - с. Исток, скважина 15 м; № 4 - с. Истомино, колодец, 7 м; № 5 - с. Степной Дворец, колодец, 4 м; № 6 - с. Ранжурово, колодец, 4 м; № 7 - с. Шигаево, колодец, 6 м; № 8 - с. Творогово, колодец, 4 м; № 9 - с. Колесово, колодец, 3,5 м; № 10 - с. Каргино, колодец, 3 м; № 11 - с. Кабанск, скважина, 5 м.

За наблюдаемый период времени выпадало 280-570 мм атмосферных осадков. Как показал мониторинг, в этом районе выпадают высокоминерализованные осадки, как в виде дождя, так и в виде снега, содержащие большие концентрации таких компонентов как SO₄²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, NH₄⁺ и др. В районе зафиксированы выпадения кислых дождей, когда pH в осадках достигал 4 (табл. 3). Среди компонентов химического состава особого рассмотрения требуют содержания сульфата и аммония. Содержание сульфата в атмосферных осадках, выпадающих зимой, возрастает и может достигать 195 мг/л (рис. 2). Несомненно, такие высокие концентрации связаны со сжиганием угля и нефтепродуктов в населенных пунктах и на промышленных предприятиях.

Таблица 3. Химический состав атмосферных осадков
(п. Кабанск), мг/л (n=10)

Дата отбора	pH	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	Na+ К	Жест., мг. экв./ л
5.08.01	7,0	32,4	0,05	5,01	1,4	1,2	0,029	0,3	0,62
2.09.01	7,3	32,4	0,05	5,2	3,1	1,4	0,035	0,6	0,64
11.10.01	7,3	40,5	0,18	6,1	22,6	3,7	0,028	0,98	0,98
7.05.03	4,06	14,2	12,25	4,01	62,95	17,60	0,05	1,85	0,65
15.06.03	7,35	47,5	14,25	12,05	29,45	17,60	0,05	1,88	1,2
15.07.03	4,06	55,8	2,55	7,04	62,9	5,00	0,05	2,88	1,9
6.08.03	7,05	28,9	0,22	4,67	6,81	0,54	0,027	1,88	0,6
12.09.03	7,27	28,9	2,23	5,45	6,98	1,05	0,09	2,54	0,65
9.10.03	7,15	54,9	1,30	11,34	22,39	9,98	0,10	2,89	1,2
17.11.03	6,88	55,8	1,50	8,56	21,26	5,47	0,38	3,05	1,2

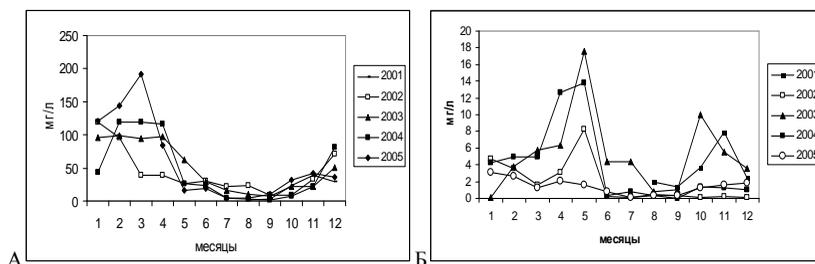


Рис. 2. Содержание сульфат-иона (А) и иона аммония (Б) в атмосферных осадках (п. Кабанск).

Колебания содержаний сульфат-иона связаны, с изменением направления и силы ветра, который оказывает рассеивающее влияние на атмосферные выбросы. Сульфат может переноситься и в виде паров серной кислоты, в этом случае происходит закисление осадков. Другая часть сульфата переносится в виде солей, в том числе и в виде сульфата аммония, в этом случае происходит загрязнение вод одновременно сульфатом и аммонием. Высокие концентрации аммония и нитрата обнаруживаются в атмосферных осадках и зимой и летом, что связано как с техногенными, так и с природными процессами. Но доминирующим фактором поступления этих компонентов в атмосферу является техногенез, на что указывает корреляция между их содержаниями, возможно связанное с выбросом и переносом в виде нитрата аммония.

Химический состав почвенных вод формируется за счет поступающих атмосферных осадков и процессов взаимодействия этих вод с почвами, почвогрунтами и растительностью. Основное внимание было уделено анализу в почвенных водах азотсодержащих соединений и сульфата. Высокие содержания большинства компонентов в почвенных водах проявляются спорадически, что связано с направленностью ветров, приносящих атмосферную влагу, длительностью атмосферных выпадений и другими факторами, которые требуют детального изучения. Содержание компонентов макросостава (табл. 4) периодически достигает значительных величин. Особенно высока относительная концентрация ионов аммония. Из других проанализированных компонентов в значительной концентрации обнаруживаются фтор, хлор.

Таблица 4. Химический состав почвенных вод в п. Кабанск, мг/л (n=8)

pH	NH_4^+	Ca^{2+}	HCO_3^-	NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	Cl^-	F^-	Перм. ок. мгО/л
7,45	6,25	20,04	61,0	8,85	-	7,00	-	0,62	27,64
7,60	1,63	-	-	-	-	10,25	-	-	-
6,85	2,50	20,04	30,5	0,90	0,02	31,0	27,2	0,41	17,46
7,05	2,50	15,03	36,6	-	-	3,25	-	-	-
6,46	1,12	12,02	24,4	7,50	0,07	15,00	4,3	6,35	12,27
6,73	1,10	-	-	7,13	0,02	93,55	-	-	-
6,75	4,00	-	-	52,84	-	9,40	-	-	-
6,96	3,56	-	-	2,64	-	17,80	-	-	-

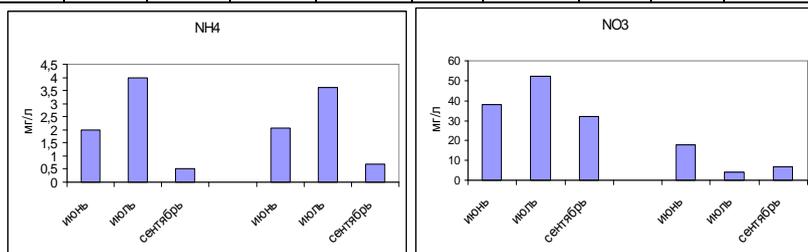


Рис. 3. Содержание аммония и нитрата в почвенных водах (в с. Истомино). *Примечание:* Слева направо первые три столбца на графиках характеризуют состав воды, отобранной на глубине 15 см от поверхности, следующие три столбца – воды на глубине 30 см.

Установлено, что миграционная активность в зоне аэрации азотсодержащих компонентов, поступающих с атмосферными осадками, разная, происходит разделение аммония и нитрата при

инфильтрации их по почвенному разрезу (рис. 3). Нитрат частично используется растительностью для жизнедеятельности и адсорбируется в зоне аэрации, поэтому удаляется из почвенных растворов. Аммоний же и сульфат свободно проникают через почвенный горизонт, на рис. 3 видно, что содержание аммония в почвенных водах из горизонта 15 см и 30 см одинаковое. При отсутствии в зоне аэрации активных адсорбентов эти компоненты могут проникать до уровня грунтовых вод и загрязнять их.

2. На загрязнение поверхностных и грунтовых вод большое влияние оказали воздействие сточных вод сельскохозяйственного производства и осушение заболоченных земель, что привело к интенсификации разложения торфов. В результате чего увеличился вынос из торфяников в воды аммония, растворенного органического вещества, концентрация которых возрастает в зимнее время. Содержание нитрат-иона, связанное с воздействием сельского хозяйства, напротив – в зимнее время падает.

На территории впадины проводились мелиоративные работы для освоения заболоченных и переувлажненных земель. С осушенных болот в окружающую среду поступают продукты разложения торфа в виде нитратов, аммония, соединений кальция, магния, железа и других элементов, подземные и поверхностные воды загрязняются также водорастворимыми гумусовыми веществами. Проведенное нами опробование реки Шумихи, дренирующей болотный массив, и магистрального канала (МК) осушительной системы в его устье в мае и июле 2009г показало загрязнение вод рядом ингредиентов (табл. 5). В водах МК по сравнению с данными прошлых лет (Отчет., 1981), произошло значительное увеличение содержания железа и нитрат-ионов, наблюдается рост сульфат и нитрит-ионов, превышен ПДК аммония и нитритов в 3 раза, железа в 47 раз, выросло содержание нитратов – в 700 раз, нитритов – в 1,5 раз, железа – в 5 раз, сульфатов – в 2 раза, снизилась рН на 0,3.

Для исследования закономерностей взаимодействия азотного загрязнения с почвами и поступления его в водоносные горизонты на территориях покрытых разными типами почв был проведен эксперимент на модельных участках. Был использован искусственный раствор нитрата аммония (NH_4NO_3), с концентрацией ионов аммония 4,36 мг/л, нитрат - ионов - 15 мг/л. Исползованная концентрация раствора соли близка содержаниям аммония и нитрата, установленным в атмосферных осадках и почвенных водах. Раствор этой соли, в количестве 15 – 35 л распылялся на поверхность ненарушенной почвы. Через сутки отбиралась с помощью лизиметров проба почвенных вод с

глубины 15 и 30 см и анализировался ее химический состав. При инфильтрации растворов, слабозагрязненных нитрат-ионом, через разные типы почв происходит извлечение его из раствора. Наиболее активно нитрат-ион извлекается аллювиальной луговой и серой лесной почвами.

Таблица 5. Химический состав вод МК и р. Шумиха, мг/л

Параметр	МК- устье, 16.05.09г	МК- устье, 7.07.09г	р. Шумиха, 16.05.09г	р. Шумиха, 07.07.09г	ПДК водоемов рыбохоз. назначения
Ca ²⁺	16,7	30,1	48,1	44,1	180
Mg ²⁺	4,26	4,86	9,85	12,15	40
Na ⁺ + K ⁺	11	60,9	15,6	99,3	120
HCO ₃ ⁻	82,3	140,3	236,4	274	250
SO ₄ ²⁻	12,5	12,75	1,67	1,61	100
Cl	2,13	2,13	1,42	2,84	300
NO ₃ ⁻	7,83	0,46	3,71	0,23	9,1
NH ₄ ⁺	0,13	0,29	0,26	0,22	0,05
NO ₂ ⁻	0,06	0	0,02	0	0,02
SiO ₂	4,88	12,3	19,6	18,4	10
Минерализа- ция	144,3	264,3	338,9	435,1	-
Жесткость, (мг-экв/л)	1,19	1,9	3,21	3,2	12,2
Перм.окис., мгО/л	5,98	11,6	6,36	10,5	2,0
CO ₂	4,4	1,65	13,2	0	-
Fe _{общ}	2,41	5,12	2,26	4,05	0,05
pH	7,1	8,03	7,8	8,43	6,5

По-другому ведет себя аммоний. При инфильтрации слабозагрязненных растворов через почвы, его концентрация не уменьшается с глубиной, а, практически, остается на одном и том же уровне. При инфильтрации через торфяники, концентрация аммония на нижних горизонтах становится значительно выше, чем на верхних (рис. 4 Б). Это указывает на то, что в пределах мелиоративно-освоенных почв происходит интенсивное окислительное разрушение торфов, и в результате продукты разложения, в том числе и аммоний, добавляются к инфильтрующимся растворам, и в конечном итоге эти ссумированные загрязнения попадают в грунтовые воды. Добавка аммония за счет разложения торфов при инфильтрации атмосферных осадков через

тридцатисантиметровый слой сопоставима с поступающими загрязнениями из атмосферы. Инфильтрация через почвы искусственных концентрированных растворов показала, что в нижних горизонтах обнаруживаются более высокие содержания нитрат-иона в почвенных водах, чем в верхних горизонтах (рис. 4 А). Это может быть связано с интенсивностью инфильтрации растворов. В экспериментах, в условиях интенсивного переувлажнения грунтов, происходит быстрая инфильтрация растворов через почвенный горизонт, уменьшается коэффициент сорбции, растительность не успевает использовать весь находящийся в растворе нитрат-ион, и он проходит в нижние горизонты. Мы наблюдаем увеличение концентрации нитрат-иона, также как и аммония, в нижних горизонтах по сравнению с верхними.

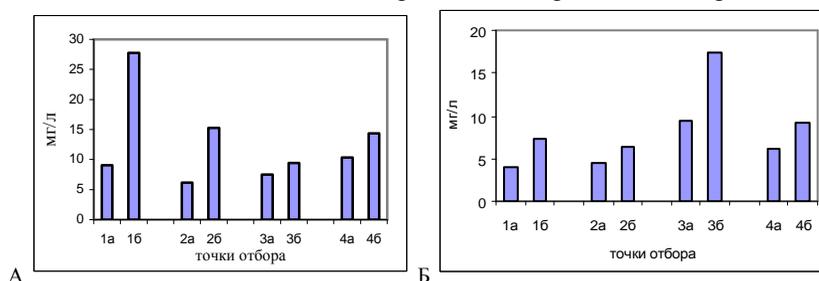


Рис. 4. Содержание ионов нитрата (А) и аммония (Б) в экспериментальных растворах. *Примечание:* 1- аллювиально-луговые почвы, 2- серые лесные, 3- мелиоративно – освоенные торфяные, 4- дерновые лесные. Точки отбора с индексом «а» находятся на глубине 15 см, с индексом «б» - на глубине 30 см.

Мониторинг грунтовых вод проводился в населенных пунктах (рис. 5), в результате удалось разделить территорию на участки, где загрязнения поступают с поверхности и там где загрязнения поступают при разложении торфов. Наиболее высокая минерализация вод фиксируется на путях фильтрации вод из мест заболачивания (тч. 2 и 5) и на участках антропогенного влияния (тч. 9). Хозяйственная деятельность населения проявляется в интенсивном загрязнении вод нитратом, хлоридом, натрием и другими компонентами. Высокоминерализованные грунтовые воды сформированы, в основном, за счет интенсивного поступления в водоносный горизонт нитрата, образование которого, в основном, связано с хозяйственной деятельностью. Его содержание в зимнее время, как правило, падает (рис. 6). Это связано с уменьшением влияния на грунтовые воды процессов, протекающих на поверхности. Концентрация аммония в

обследованных водопунктах по сезонам года меняется по-разному (рис. 7). Это связано с разными источниками его поступления.

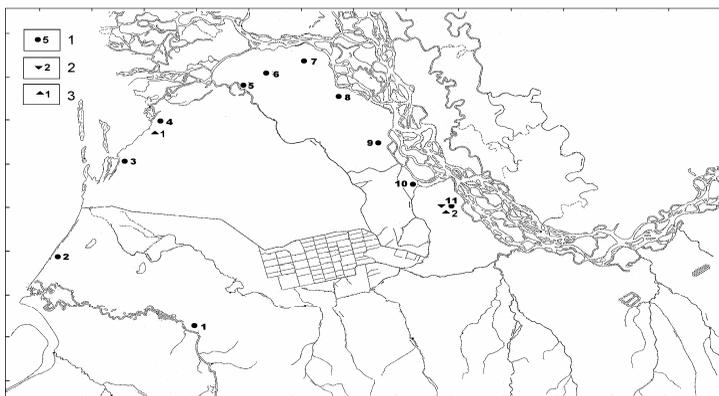


Рис. 5. Схема расположения пунктов мониторинга химического состава грунтовых вод (1), атмосферных осадков (2), почвенных вод (3).

В большинстве приведенных точек наблюдения содержание аммония возрастает зимой, и это указывает на его образование в результате протекания природных процессов, так как зимой прекращается разбавление грунтовых вод инфильтрующимися поверхностными водами.

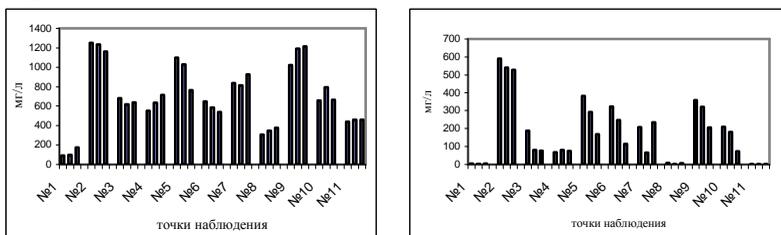


Рис. 6. Минерализация (А) и содержание нитрата (Б) в грунтовых водах.

Примечание: в каждой точке наблюдения приведены результаты трехкратного опробования, первый столбец – 13.06.2003 г., второй – 27.07.2003 г., третий – 22.01.2004г. Условные обозначения см. табл. 2.

В точках наблюдения 7, 10, 11 содержание аммония значительно больше и его концентрация по сезонам года меняется по-другому. Происходит его резкое уменьшение зимой. В этих местах проявляется антропогенное влияние. Аналогично аммонiu в течение года в точках наблюдения ведет себя окисляемость вод, обусловленная, главным образом, содержанием органического вещества. В зимнее время происходит ее увеличение почти во всех точках наблюдения, что

связано, с уменьшением разбавления грунтовых вод поверхностными водами. Основная часть органического вещества, находящегося в грунтовых водах, обусловлена природными процессами разложения биомассы торфов и напрямую не связана с техногенезом, хотя активизация процессов разложения органического вещества в дельте, несомненно, вызвана осушением этой территории.

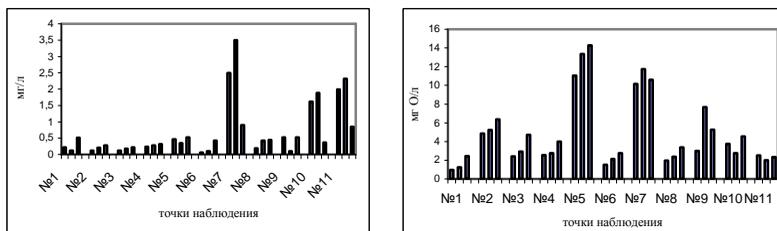


Рис. 7. Содержание аммония (А) и значение перманганатной окисляемости (Б) в грунтовых водах. Условные обозначения см. табл. 2.

Данные мониторинга показывают, что в зимнее время грунтовые воды Усть-Селенгинской впадины поставляют в поверхностные водотоки и водоемы относительно повышенные количества органического вещества, что сказывается на окислительно-восстановительных условиях поверхностных водотоков и водоемов. Среди негативных процессов, воздействующих на состояние подземной гидросферы Усть-Селенгинской впадины, выделяются выпадение загрязненных атмосферных осадков и осушение заболоченных земель. Процесс окислительного разрушения торфов является мощным источником загрязнения грунтовых вод на осушенных землях. В результате его протекания в грунтовые воды поступают азотсодержащие соединения, органическое вещество и другие токсичные химические элементы, такие как молибден, марганец, железо, барий, литий.

3. Концентрация большинства микроэлементов в подземных водах Усть-Селенгинской впадины превышает среднее содержание, установленное для Забайкалья, что определяется геохимическими особенностями почвогрунтов, свойствами химических элементов, интенсивностью протекания техногенных процессов.

Микроэлементный состав грунтовых вод Усть-Селенгинской впадины характеризуется значительной дисперсией, различия в количестве микроэлементов достигает нескольких математических порядков. Во впадине нет проявлений рудной минерализации, дисперсия в концентрациях элементов связана с различиями в

интенсивности водообмена, минеральном составе пород, окислительно-восстановительных условий, расположением очагов железистых вод и воздействием техногенных процессов. Наиболее высокие содержания характерны для железа (табл. 2), марганца, цинка, стронция, бария (табл. 6).

Таблица 6. Содержание микроэлементов в грунтовых и поверхностных водах Усть-Селенгинской впадины, (n=40) мкг/л.

№	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Sr	Mo	Mn	Ba	Li	Al	U
1	3,9	26,8	0,081	4,5	0,06	580,2	1,3	8,5	76,4	3,41	0,8	1,65
2	4,2	11,7	0,042	5,3	0,09	707,1	1,7	4,8	142,5	4,21	0,3	0,05
3	4,7	3,4	0,041	5,9	0,02	484,6	0,8	1,8	142,5	1,58	1,0	14,44
4	13,3	53,1	0,13	1,7	0,06	426,1	0,9	7,2	68,1	1,12	7,4	2,04
5	8,3	1786,9	0,108	9,2	0,12	567,6	2,4	205,8	160,6	3,59	0,5	4,45
6	2,1	24,2	0,024	1,7	0,03	302,4	0,3	3,5	94,0	2,88	0,2	0,09
7	4,5	1433,1	0,315	7,8	1,41	539,9	12,8	1883,2	111,1	8,81	0,2	0,75
8	4,3	3,1	0,015	2,5	0,02	368	1,3	7,9	65,4	2,03	0,4	0,7
11	0,9	2434,1	0,028	12,3	0,03	209,4	1,4	3209,2	177,0	3,53	0,3	0,05
12	0,46	5,8	0,081	0,38	0,01	81,0	2,04	86,0	25,0	1,91	4,26	0,13
13	0,25	2,31	0,016	0,20	0,001	262,0	0,65	276,0	89,0	2,27	1,13	0,06
14	1,0	10,0	10,0	10,0	0,5	-	1,2	10,0	100,0	0,7	40	-
15	1000,0	5000,0	30,0	100,0	1,00	7000	250,0	100,0	100,0	30,0	500	15
A*	5,08	49,9	4,68	2,37	0,08	145	0,56	39,9	27,7	7,67	101	0,38
C*	4,4	13,7	2,7	2,9	-	-	1,9	7,3	2,1	0,2	0,30	-

Примечание: № 1- № 11- грунтовые воды (см. табл. 2), № 12- МК осушительной системы, № 13- р. Шумиха, № 14- ПДК водоемов рыбохозяйственного назначения, № 15- ПДК вод питьевого назначения, А*- Средний химический состав подземных вод болотных ландшафтов, С*- Средний химический состав подземных вод Забайкалья, «*» - Шварцев, 1998.

В точках наблюдения, расположенных на побережье Байкала и в прибортовой части территории впадины, дренирующей Большой Речкой и находящихся под воздействием стока с осушенного массива торфяников, обнаруживаются относительно высокие концентрации стронция (539,9-707,1 мкг/л), бария (142,5-160,6), урана (2,1-14,4), меди (2,1-13,3), мышьяка (1,2-6,9) и алюминия (1,0-7,4) (рис. 8). Такое распределение микроэлементов связано с их содержаниями во вмещающих породах и активизацией окислительных процессов на осушенных землях. Несомненно, на устойчивость многих

микроэлементов в растворе оказывает влияние комплексообразование с азотсодержащими и органическими соединениями. Этим, вероятно, обуславливается высокое содержание цинка, кадмия, свинца. Поступление их в грунтовые воды связано с техногенными процессами. Восстановительная обстановка, сформировавшаяся в грунтовых водах в пределах точек наблюдения № 7 и № 11, благоприятствует миграции железа и марганца в степени окисления +2, их высокие содержания, обуславливаются влиянием очагов железистых вод (рис. 8).

Установленные корреляционные зависимости содержания цинка и марганца позволяют предполагать их возможные единые источники поступления в раствор. Корреляция содержаний урана со стронцием может указывать на разгрузку в этом районе вод с длительной историей взаимодействия с горными породами или интенсивном протекании процессов разложения пород. Последнее характерно для процессов окислительного разложения торфов на осушенных землях. С этим процессом, возможно, связано повышение в грунтовых водах концентрации меди, никеля, мышьяка.

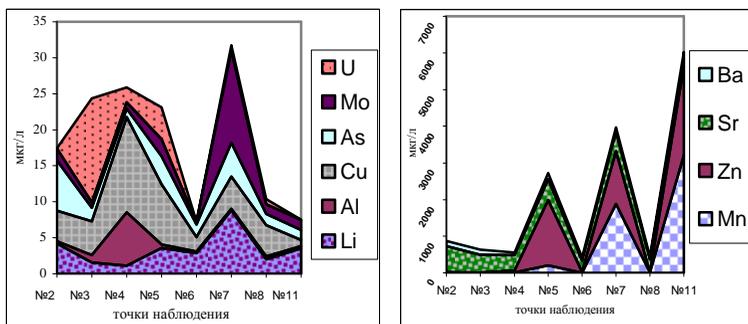
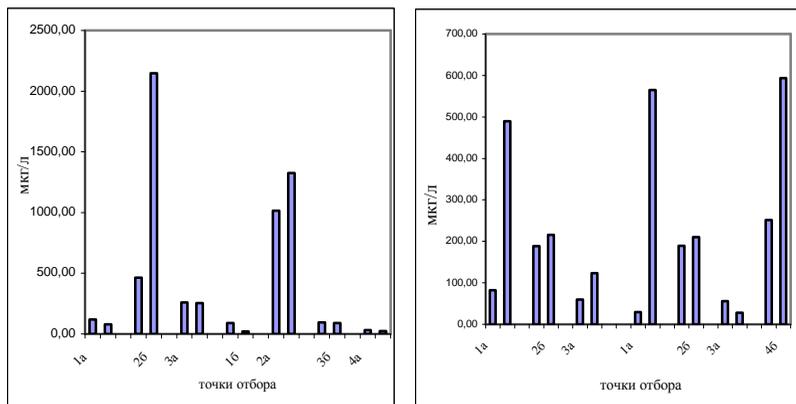


Рис. 8. Содержание микроэлементов в грунтовых водах Усть-Селенгинской впадины. Условные обозначения см. табл. 2.

Наиболее высокие концентрации свинца (45 мкг/л), кадмия (1,21), мышьяка (30,24), цинка (2146,80) и марганца (84,77) установлены в почвенных водах в пределах серых лесных почв. Минимальные содержания свинца (11,85 мкг/л), мышьяка (0,16) и наиболее высокие для хрома (2,34) характерны для вод аллювиально-луговых почв. Относительно низкие концентрации микроэлементов установлены в почвенных водах торфов.

Полученные результаты позволяют заключить, что выщелачивающее воздействие азотсодержащих природных растворов оказывает избирательное воздействие на разные типы почв. Наиболее высокие концентрации микроэлементов установлены в почвенных

водах в пределах распространения серых лесных почв (рис. 9). Наибольшее выщелачивание под воздействием нитратных растворов из почв характерно для цинка, железа, свинца, мышьяка, марганца, меди.



А

Б

Рис. 9. Содержание цинка (А) и железа (Б) в почвенных водах на модельных участках. Условные обозначения приведены на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усть-Селенгинская впадина подвергается воздействию выбросов от промышленных предприятий, расположенных как в непосредственной близости, так и в результате трансграничного переноса. Загрязнения поступают на поверхность земли, как в виде аэрозолей, так и в виде атмосферных осадков. Мощным источником загрязнения грунтовых вод является процесс окислительного разрушения торфов на осушенных землях. В результате его протекания в грунтовые воды поступают азотсодержащие соединения, органическое вещество, тяжелые металлы и другие токсичные химические элементы. Хозяйственная деятельность населения проявляется в интенсивном загрязнении вод нитратом, хлоридом, натрием и другими компонентами. Высокоминерализованные грунтовые воды сформированы, в основном, за счет интенсивного поступления в водоносный горизонт нитрата, образование которого связано с хозяйственной деятельностью.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Особенности загрязнения атмосферных осадков в районе дельты реки Селенги. Вестник Бурятского госуниверситета. - Серия 3. География, геология. - Вып. 6. - Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госун-та, 2005. - С. 146-155.

2. Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Химический состав атмосферных осадков Усть-Селенгинской впадины // Основные факторы и закономерности формирования дельты и их роль в функционировании водно-болотных экосистем в различных ландшафтных зонах: Материалы международной конференции. - Улан-Удэ, 2005. - С. 112-113.

3. Жамбалова Д.И., Перязева Е.Г., Кислицына В.Б. Воздействие техногенеза на атмосферные осадки, грунтовые и почвенные воды Усть-Селенгинской впадины // Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. - С. 393-395.

4. Жамбалова Д.И., Плюснин А.М. Изучение особенностей макрокомпонентного состава атмосферных осадков, почвенных и грунтовых вод в районе дельты реки Селенги // Охрана и рациональное использование трансграничных вод: Материалы международной научно-практической конференции. - Улан-Удэ - Улан-Батор: Изд-во БГУ, 2006. - С. 75-79.

5. Жамбалова Д.И., Плюснин А.М. Атмосферные осадки – прямой источник загрязнения геологической среды // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы геосферных исследований: Материалы научной конференции / Забайкал. гос. гум. - пед. ун-т. - Чита, 2006. - С. 58-60.

6. Жамбалова Д.И., Плюснин А.М. Антропогенное влияние на природную среду особоохраняемой территории центральной экологической зоны оз. Байкал // Особенности хозяйственной деятельности на Байкальской природной территории: Материалы международной научно-практической конференции. - Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2007. - С. 99-103.

7. Жамбалова Д.И. Некоторые особенности загрязнения грунтовых вод левобережья дельты реки Селенги // Молодежь и наука Забайкалья: Материалы молодежной научной конференции. - Чита, 2008. - С. 9-11.

8. Плюснин А.М., Кислицына Е.Г., Жамбалова Д.И., Перязева Е.Г., Удодов Ю.Н. Особенности формирования химического состава грунтовых вод в дельте р. Селенги. Геохимия, 2008. - № 3. - С. 243-352.

9. Жамбалова Д.И. Влияние особенностей почвенного покрова Усть-Селенгинской впадины на состав природных вод // Современные тенденции развития земледелия и защиты почв: Материалы международной научно-практической конференции. - Улан-Удэ, 2009. - С. 195-196.

10. Жамбалова Д.И., Плюснин А.М. Загрязнения атмосферных осадков, выпадающих в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // Вулканизм, биосфера и экологические проблемы: Материалы V международной конференции. - Майкоп-Туапсе, 2009. - С. 162-163.