

На правах рукописи

ЗДВИЖКОВ Михаил Александрович

ГИДРОГЕОХИМИЯ ВАСЮГАНСКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА

Специальность 25.00.07 – Гидрогеология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Томск 2005

Работа выполнена на кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии
Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ С.Л. Шварцев

Официальные оппоненты: - доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
член-корреспондент РАСХН Л.И. Инишева
- кандидат геолого-минералогических наук В.Г. Иванов

Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Томскгеомониторинг»,
г. Томск

Защита диссертации состоится «16» декабря 2005 года в 14⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д212.269.03 при Томском политехническом университете по адресу:
634050, г. Томск, пр. Ленина,30

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского
политехнического университета

Автореферат разослан «___» ноября 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат географических наук



О.Г. Савичев

Актуальность. Западная Сибирь является крупнейшим регионом в мире по масштабу распространения болотных систем на ее территории. Под Васюганским болотным массивом в данной работе подразумевается территория водосборов рек Васюган, Парабель, Чая и Шегарка. Несмотря на многолетние исследования указанного района, сохраняется его слабая изученность. Освоение территории нефтегазовыми и лесозаготовительными предприятиями в последние годы обусловило острую необходимость более полного изучения этого региона, получения новой достоверной информации, отражающей современное состояние исследуемого объекта и позволяющей делать прогноз возможного изменения экологической ситуации под действием природных и антропогенных факторов.

Это определило основную **цель исследований** – комплексное изучение химического состава водной составляющей болотных ландшафтов, растительности и торфа, как основных факторов, формирующих болотную среду.

Задачи исследования. 1. Исследование макро- и микрокомпонентов, биогенных элементов, тяжелых и токсичных металлов, органических микропримесей и микрофлоры в болотных, озерных и речных водах района. Расчет комплексообразования в водах болот и озер исследуемого района термодинамическими методами в системе «вода-порода-органическое вещество»;

2. Анализ равновесия болотных, озерных и речных вод с карбонатными и алюмосиликатными минералами. Выявление геохимических типов болотных, озерных и речных вод;

3. Исследование структуры залежей, видового состава торфов, состава элементов-примесей в растениях и торфах как факторов формирования состава поверхностных вод;

4. Оценка миграционных особенностей химических элементов;

5. Выявление основных факторов формирования состава болотных вод и особенностей химического выноса элементов.

Исходный материал и методы исследований. В основу работы положены материалы изучения болотных, озерных и речных вод, собранные при непосредственном участии автора в экспедициях УНПЦ «Вода» ИГНД ТПУ (2000-2004 гг.), ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» (2000-2002 гг.), ТФ ИГНГ СО РАН (2002-2003 гг.) ИОМ СО РАН (2004 г.). Анализы речных вод частично получены в ТГРЭ. Исследование растительности и торфа проведено совместно с В.К. Бернатонисом (кафедра ГРПИ ИГНД ТПУ, 2002-2003 гг.)

Изучение состава вод выполнено в лабораториях ТПУ, «ТомскНИПИнефть ВНК», ИХН СО РАН. Всего в работе использованы анализы 149 проб воды, 45 – растений и 306 – торфа.

При обработке фактических данных были применены стандартные методы математической статистики и равновесной термодинамики. Для интерпретации результатов использованы пакеты программ Microsoft Excel, CorelDRAW, StatSoft Statistica и др.

Научная новизна. В результате проведенных исследований получены новые данные по составу болотных вод района Васюганского болотного массива. Новизна выполненных исследований заключается в комплексном и системном подходе к эволюции болотных систем, основанном на новейших знаниях о механизмах накопления и рассеяния химических элементов в водах, растениях и торфах и участия в этих процессах органической компоненты.

Впервые для болотных вод было проведено определение содержания в них органических микропримесей, изучено равновесие в системе болотные воды – горная порода, рассчитаны формы миграции Fe, Mn, Al, Si, а также выявлены ряды водной миграции, геохимической подвижности и биофильности некоторых микроэлементов в водах, растениях и торфах исследуемого района.

Защищаемые положения:

1. Исследуемые болотные воды содержат широкий спектр разнообразных органических веществ и инфицированы бактериями, участвующими в мобилизации углерода и азота в условиях дефицита кислорода. Основная роль в образовании органоминеральных комплексов принадлежит соединениям с угольной и гуминовыми кислотами.

2. Расчет равновесия вод с карбонатными минералами показал почти повсеместную ненасыщенность болотных и озерных вод и редкое насыщение речных вод относительно кальцита; все воды неравновесны с первичными алюмосиликатами, но воды болот и озер равновесны с каолинитом, а речные - с каолинитом и монтмориллонитом. В условиях болот и озер формируется состав вод, соответствующий кислому кремнисто-органическому, а в реках - кремнисто-кальциевому геохимическим типам.

3. В водах болот низкая скорость водообмена и отсутствие кислорода способствует метаморфизации органического вещества, направленного частично на его гумификацию и частично на торфообразование, и определяет его слабый вынос. Тем не менее, количественные соотношения составляющих поверхностного химического выноса характеризуются повсеместным преобладанием биогенной компоненты над литогенной.

Практическая значимость. Полученная информация об уровнях природных концентраций химических элементов и органических веществ, специфике химического состава вод, свойственного болотным ландшафтам, может быть использована при мониторинге экологического состояния окружающей среды в условиях техногенного пресса. Результаты исследования уже использованы в отделе экологии «ОАО ТомскНИПИнефть ВНК» (2000-2002 гг.) при оценке воздействия объектов нефтяной промышленности на

болотные ландшафты, в Институте оптического мониторинга и Томском филиале Института геологии нефти и газа СО РАН при комплексном мониторинге Большого Васюганского болота» (2001- 2005 гг.)

Апробация работы. Основные положения и отдельные разделы выполненной работы докладывались и обсуждались на научно – практических семинарах кафедры ГИГЭ ИГНД ТПУ, на VI-VIII-ом Международных симпозиумах студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова (г. Томск 2000-2004 гг.), на Всероссийской конференции «Гидроминеральные ресурсы Восточной Сибири» (Иркутск, 2001), на Южносибирской Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири» (Абакан, 2001), на Международной научно-технической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науке и производству» (Томск, 2001), на VII-ой международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий» (Новосибирск, 2002), на Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию профессора Томского политехнического университета П.А. Удодова «Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири» (Томск, 2003), на Пятом Сибирском совещании по климато-экологическому мониторингу (Томск, 2003).

Работа выполнена в ПНИЛ гидрогеохимии УНПЦ «Вода» ИГНД ТПУ и является составной частью госбюджетных исследований по проблемам геологической эволюции системы вода – порода как основы решения геологических, экологических и поисковых задач (1991–2002гг.). При выполнении работы автор принимал участие в проектах по программам ФЦП «Интеграция», Минобразования РФ «Университеты России», в интеграционном проекте СО РАН № 137 «Комплексный мониторинг Большого Васюганского болота». По теме диссертации опубликовано 17 работ.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, д.г.-м.н., профессору Степану Львовичу Шварцеву за высокую требовательность, объективную критику и безмерное терпение при руководстве диссертационной работой. Особую благодарность автор выражает директору УНПЦ «Вода», к.г.-м.н. Ю. Г. Копыловой за ценные консультации и помощь в проведении аналитических исследований. За выполнение лабораторных исследований автор выражает благодарность сотрудникам проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии УНПЦ «Вода» ИГНД ТПУ - к.х.н. Р.Ф. Зарубиной, к.г.-м.н. Н.А. Трифионовой, В.М. Марулевой, к.г.-м.н. А.А. Хващевской, к.г.-м.н. Н.Г.Наливайко, А.Н. Ефимовой, Э.П. Бабуровой, В.А. Шушариной; сотрудникам химической лаборатории отдела экологии ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК»; сотрудникам лаборатории ядерно-геохимических исследований кафедры геоэкологии и геохимии ИГНД ТПУ. Большое содействие автору в сборе фактического материала оказали заведующая отделом экологии

ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК», к.х.н. Т.Н. Сидоренко и к.г.-м.н. В.К. Бернатонис. За предоставление ценных научных и библиографических консультаций автор выражает благодарность д.г.-м.н., профессору Н.М. Рассказову, к.г.-м.н. Т.Я. Емельяновой, к.г.н. О.Г. Савичеву, к.г.-м.н. Н.А. Трифионовой. Особую благодарность автор выражает д.г.-м.н., профессору М.Б. Букаты за предоставленный программный комплекс «HydroGeo», который позволил выполнить термодинамические расчеты. Автор выражает благодарность И.В. Сметаниной, к.г.-м.н. Т.И. Романовой, к.г.-м.н. А.А. Хвощевской, к.г.-м.н. Е.А. Жуковской, к.г.-м.н. Т.Н. Силкиной, О.Г. Токаренко за техническую поддержку на разных этапах выполнения работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 175 страницах, включая 36 рисунков, 64 таблицы и список литературы из 111 наименований.

Глава 1. Общие сведения об объекте исследования

В главе рассматривается краткая история исследований болот Западной Сибири, структура торфяных залежей Васюганского болотного массива и запасы торфа.

Начало исследований болот и заболоченных земель Западной Сибири относится к концу XIX—началу XX столетия – периоду первых описательных характеристик Б.П. Шостаковича, С.У. Ремезова, Н.П. Григоровского. Заболоченные районы Томской губернии обследовали И. И. Жилинский (1895—1904 гг.), П. Н. Крылов (1913 г.), Д. А. Драницын (1914-1915 гг.) и др.

Болота центральной части Западной Сибири изучали П.Е.Логинов, С.Н. Тюремнов (1951-1956 гг., Гипроторфразведка), С.М. Новиков (1964 г.), А.П. Богородицкий (1965-1968 гг.), Ю.П. Азария (1969-1974 гг.). Заболачивание района, типологию болот и их возраст изучали Н.Я. Кац и М.И. Нейштадт из Института географии АН СССР.

С 60-х годов XX века особенности заболоченных районов Западной Сибири исследовали и исследуют томские ученые - Ю.А. Львов (ботаническое районирование), Д.А. Бураков (гидрологические исследования), А.А. Земцов (географическая, геоморфологическая характеристика), П.А. Удодов, Н.М. Рассказов, А.Д. Назаров, С.Л. Шварцев, Т.Я. Емельянова (гидрогеологическая, гидрогеохимическая характеристика), Л.И. Инишева (формирование болот, структура, запасы торфа), О.Г. Савичев (мониторинговые гидрогеохимические исследования), В.А.Базанов (гидробиологические, гидрогеохимические исследования) и др.

Глава 2. Методика полевых и лабораторных исследований

В главе приведена методика полевого (определение быстроизменяющихся компонентов вод - рН, Fe^{2+} , Fe^{3+} , HCO_3^- , CO_2 , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) и лабораторного анализа различных компонентов химического состава вод, растений и торфов.

Глава 3. Природные условия района Васюганского болотного массива

В главе описываются геологические, климатические, геокриологические, ландшафтные, почвенно-растительные условия района исследований, подземные воды и гидрология региона.

Территория района находится в юго-восточной части Западно-Сибирской эпигерцинской (эпипалеозойской) плиты. В рельефе поверхности фундамента отражены Чузикский грабен-рифт и Александрово-Васюганское межрифтовое поднятие.

Объекты исследований находятся в пределах Васюганской наклонной пластово-аккумулятивной равнины с абсолютными отметками 100-166 м и горизонтальной расчлененностью - 0,6 км/км². Ландшафт представлен в основном грядово-мочажинными комплексами и осложняется нарушениями из-за эрозии (размыв пород, оползни и др.), вертикальной и горизонтальной русловой деформации. Район исследований находится в Южной геокриологической зоне, где отсутствуют глубокозалегающие реликтовые многолетнемерзлые породы, т.е. криогенные процессы носят только сезонный характер.

Радиационный баланс по району исследования составляет 1122-1290 МДж/м², суммарная радиация возрастает с севера на юг. Свободная циркуляция воздуха определяет изменчивость погоды, резкие колебания температуры (в сутках, в году). Среднегодовая температура воздуха в районе (-0,6°) – (-3,5 °С). На территорию района выпадает 400-600 мм осадков в год. Испаряемость составляет 450-470 мм. Осадки испаряются не полностью из-за малого дефицита влажности, низких температур воздуха, а также свойства болотных почв и торфов задерживать влагу. Фактическое испарение составляет около 350 мм в год, сохраняя избыточное увлажнение района.

Район исследований расположен на юго-востоке и в центре Западно-Сибирского артезианского бассейна, в верхней части разреза развиты неоген-четвертичный, палеогеновый, и верхнемеловой водоносные комплексы. Состав вод до глубины 500 м гидрокарбонатно-кальциевый, далее - гидрокарбонатно-натриевый. Модуль подземного стока 1,5-2,0 л/с*км².

В районе формируется сеть притоков рек Оби и Иртыша – р. Васюган (с Черталой, Чижапкой и Нюролькой), р. Парабель (с Чузиком и Кенгой), р. Чая (с Парбигом, Бакчаром и Иксой), р. Шегарка, верховья рек Омь, Тара, Шиш, М.Тартас. Озера распределены неравномерно, большее их количество расположено в северной части района. Заболоченность водоразделов составляет до 80%, равнин - до 50 % и более. Модуль поверхностного стока в среднем для исследуемой территории равен 4-4,5 л/с*км². Водотоки 2-5-го порядков с шириной русла в верховьях до 10-15 м, в низовьях - 50-70 м и глубиной - 0,3-0,6 м формируют речную сеть густотой 0,2-0,7 км/км². Уклоны водной поверхности составляют 5-10 см/км, скорость течения - 0,2-0,8 м/с. Дно рек песчаное, песчано-илистое. Поймы рек - двусторонние,

с ложбинами и старицами. Долины рек слаборазработанные асимметричные, дно часто заболочено. Для русел малых рек характерно свободное завершённое и ограниченное меандрирование. По водному режиму водотоки относятся к рекам с весенне-летним половодьем и паводками в тёплое время года. В питании рек на долю снегового покрова приходится около 66% стока, дождевых вод - 11%, грунтовых - 23%. Уровень болотных вод колеблется от 0,1 до 6,0 м от поверхности и зависит от сезона, подстилающих пород и водного баланса территории.

Почвы относятся к аллювиальному, озерно-аллювиальному, озерному, водно-ледниковому и эоловому типам. Для них характерен повышенный гидроморфизм, низкая температура. Выделяются автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные почвы.

Для района характерен зональный тип растительности - равнинная полидоминантная тайга с преобладанием на юге пихты сибирской, на севере - кедра сибирского с елью. В лесах развиты осина, береза, на песчаных отложениях - сосна, лиственница. Основные виды растительности - лесная, болотная и водная.

Глава 4. Геохимия поверхностных вод Васюганского болотного массива

В главе рассмотрены – химический состав вод болот, озер и рек района, влияние органической компоненты на формы нахождения Fe, Mn, Al, Si в водах, равновесие вод с карбонатными и алюмосиликатными минералами, геохимические типы вод и их изменение под влиянием антропогенных факторов.

Общий химический состав болотных вод

Макрокомпонентный состав. Воды *верховых* болот кислые, ультрапресные, содержание каждого из основных ионов – 2-6 мг/л, в сумме они составляют 20-30 мг/л (табл. 4.1). Так как в большинстве проб вода *верховых* болот сумма катионов преобладает над суммой анионов, разница была отнесена на счет угольной кислоты и органической составляющей углерода, что показано на диаграммах в форме $H_2CO_3(p)+HCO_3^-$. Состав вод *верховых* болот в среднем гидрокарбонатный (с содержанием хлор-иона до 21%) магниевонариево-кальциевый (с наличием иона аммония до 11%) (рис. 4.1).

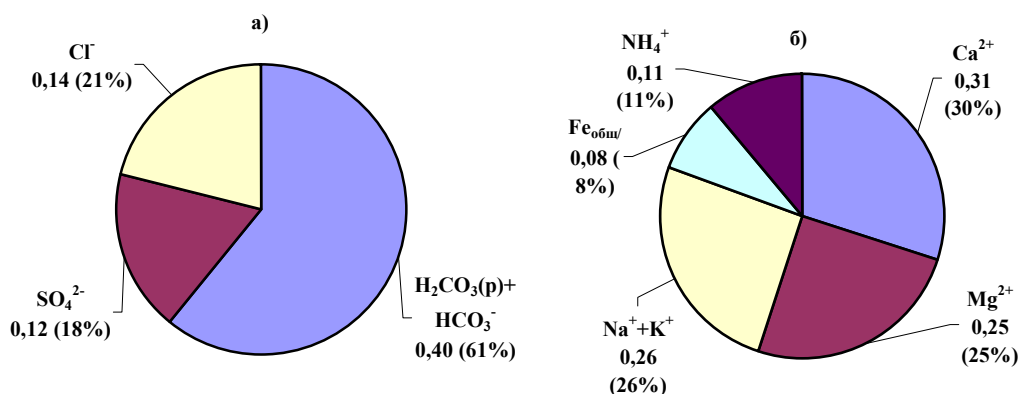


Рис. 4.1 Средний анионный (а) и катионный (б) состав вод верховых болот, %-экв/л

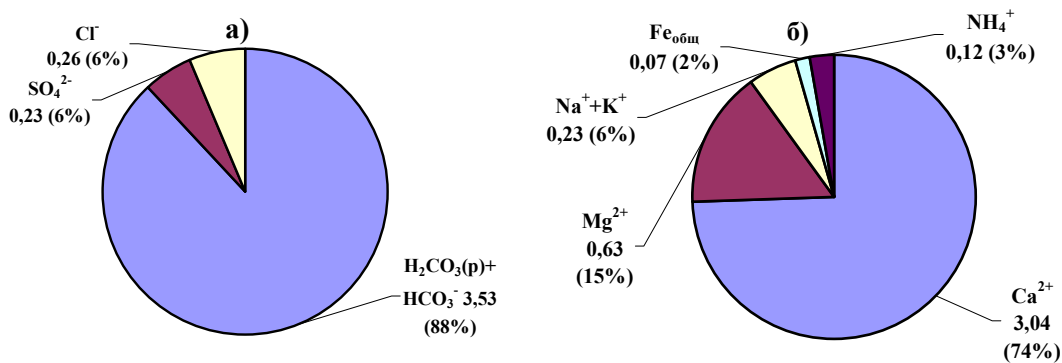


Рис. 4.2 Средний анионный (а) и катионный (б) состав вод низинных болот, %-экв/л

Таблица 4.1

Среднее содержание элементов в болотных водах Васюганского болотного массива

Компоненты, мг/л	Тип болот			Среднее для исследованных болотных вод	Речные воды	Среднее для болот Западной Сибири ¹	Воды подстилающих пород ¹	Атмосферные осадки (снег) ²
	верх.	перех.	низин.					
pH	4,09	5,15	6,58	5,27	7,09	5,3	6,7	5,47
Мин.	27,1	76,5	226	110	202	103	555	17,9
HCO ₃ ⁻	5,15	14,4	128	49,2	145	65,2	323	7
Cl ⁻	4,94	14,7	9,18	9,62	4,03	11,5	91,1	3,23
SO ₄ ²⁻	5,96	3,47	10,8	6,76	5,24	0,0	5,33	0,9
Ca ²⁺	3,01	16,3	60,8	26,7	32,1	13,2	55,3	1,57
Mg ²⁺	2,35	17,8	7,72	9,31	7,69	5,97	48,8	0,12
K ⁺ +Na ⁺	2,59	2,63	6,43	3,88	9,78	5,67	31,1	4,72
Fe _{общ}	1,91	4,31	1,28	2,33	2,72	0,58	0,83	н/о
NH ₄ ⁺	3,43	5,68	2,12	3,69	1,45	1,68	0,43	0,4
NO ₃ ⁻	0,74	1,1	2,28	1,06	0,7	н/о	н/о	н/о
NO ₂ ⁻	0,046	0,04	-	0,042	0,02	н/о	н/о	н/о
PO ₄ ³⁻	0,036	0,13	0,11	0,059	0,16	н/о	н/о	н/о
Н/п	0,18	0,14	-	0,168	0,1	н/о	н/о	н/о
ПО	80,9	95	54,3	79,5	31,9	н/о	н/о	н/о
БПК	4,38	-	-	4,27	3,12	н/о	н/о	н/о
ХПК	159	136	51,6	139	70,9	н/о	н/о	н/о
C _{орг.}	59,8	51,1	18,6	52,2	н/о	36,6	н/о	н/о
CO ₂	14,7	14,1	6,74	12,6	11,7	22,8	33,5	н/о
ФК	25,5	31,9	14,4	25,1	н/о	н/о	н/о	н/о
ГК	7,45	4,2	9,07	7,06	н/о	н/о	н/о	н/о
Cu [*]	6,54	2,44	3,8	5,37	н/о	0,81	0,77	1,87
Zn [*]	25,1	15,2	14,4	21,6	н/о	7,49	30,7	3,07
Cd [*]	1,02	-	-	0,92	н/о	н/о	н/о	н/о
Pb [*]	7,06	2,31	3,32	5,63	н/о	0,61	0,5	2,16

Примечание: «-» - недостаточно данных для осреднения; н/о - нет определения; 1 - по С.Л.Шварцеву, 1998; 2 - анализ атмосферных осадков (Нейштадт, 1977); * - мкг/л; Н/п – нефтепродукты; ПО – перм. окисл-сть (мгО₂/л); БПК -биологическое потребление кислорода; ХПК – химическое потребление кислорода; ФК – фульвокислоты; ГК – гуминовые кислоты.

Воды *низинных* болот слабокислые-околонейтральные, пресные (минерализация на порядок больше вод верховых болот) (табл. 4.1). Концентрации HCO₃⁻, Ca²⁺ увеличиваются в 20-25 раз, а содержания Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺, K⁺+Na⁺ повышается в 2-3 раза по сравнению с верховыми болотами; концентрации NH₄⁺, Fe_{общ} остаются на одном уровне. Состав вод гидрокарбонатный кальциевый (рис. 4.2).

Воды *переходных* болот слабокислые, умеренно-пресные и в основном характеризуются промежуточными параметрами состава между болотами верхового и низинного типов.

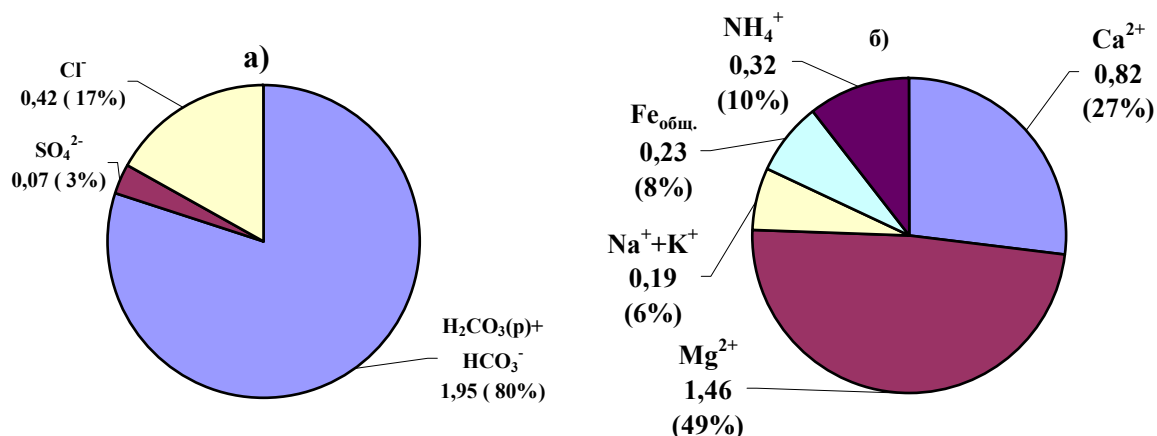


Рис. 4.3 Средний анионный (а) и катионный (б) состав вод переходных болот, %-экв/л

Средние концентрации Cl^- , Mg^{2+} , NH_4^+ и $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ в 1,5 - 2,5 раза превосходят таковые в водах низинных и верховых болот. Анализ распределения анионов и катионов в составе исследованных переходных болот показал, что состав вод гидрокарбонатный кальциево-магниевый (с наличием иона аммония до 10 %) (рис. 4.3).

Микрокомпонентный состав. Содержание Zn уменьшается в ряду верховые-переходные-низинные болота (табл. 4.2), его средняя концентрация уступает кларку в водах болотной зоны провинции умеренно-влажного климата. Средние концентрации Cu и Pb превышают кларковые значения на 5,7% и 20,3% соответственно.

Средняя концентрация Cd на порядок больше кларкового значения, приведенного ранее в научных публикациях. В отдельных пробах наблюдаются высокие содержания Ti, Co, Au, Rb, Th и в меньшей мере - F, I, Li, Cr, Mn, Ni, Ag. Концентрация Al снижается при переходе от верховых болот к низинным, а содержания Cr и Mo значительно не изменяются при смене типа болот. В отдельных пробах концентрации элементов аномально высоки.

Органические вещества изучены на примере распределения соединений азота и органического углерода. Концентрация NH_4^+ варьирует в пределах от 0,48 до 15,6 мг/л (табл. 4.1), среднее значение в водах болот составляет 3,69 мг/л, что превышает кларковое более чем в 3 раза. Максимальные концентрации NH_4^+ установлены в переходных болотах. Содержание NO_2^- уменьшается почти до нуля при переходе от верховых болот к низинным.

Органические микропримеси. В водах болот впервые идентифицированы различные углеводороды, фенолы, диалкилфталаты, карбоновые кислоты, этиловые эфиры и др. Отмечается преобладание парафинов C_{21} - C_{34} и стероидов, содержания которых составляют десятки мкг/л, тогда как другие соединения встречаются в десятых и сотых долях мкг/л, хотя концентрации подавляющей части примесей значительно выше, чем в пресных водах юга

Западной Сибири. Показано, что содержания органических микропримесей в значительной степени контролируются количеством водорастворенного органического вещества.

Микрофлора. В исследованных пробах преобладают олиготрофные бактерии, усваивающие рассеянное органическое вещество, выделяемые на естественной воде, и разлагающие сложные азотосодержащие органические вещества аллохтонного происхождения. Расчет индекса олиготрофности (I) показал, что микроорганизмы верховых и переходных болот хорошо справляются с загрязнением (I составляет 2,54 и 4,18 соответственно). А в низинных болотах I составляет 0,98, т.е. здесь бактерии практически справляются с переработкой тех органических загрязнений, которые поступают в болото.

Общий химический состав озерных вод

Макрокомпонентный состав. Воды озер исследуемого района в основном слабокислые, ультрапресные, средняя минерализация составляет 25,4 мг/л (табл. 4.2). Содержания Cl^- , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ изменяются от 1 до 2 мг/л. Концентрации элементов макросостава примерно в 2-5 раз меньше, чем в болотных водах. Состав исследованных озерных вод – сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый (с наличием магния, железа, аммония и натрия) (рис. 4.4).

Таблица 4.2

Среднее содержание химических элементов в озерных водах Васюганского болотного массива

Компонент	Содержание, мг/л
pH	4,7
Минерализация	25,4
HCO_3^-	9,6
Cl^-	1,37
SO_4^{2-}	5,65
Ca^{2+}	4,54
Mg^{2+}	1,46
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	1,84
Общая жесткость, мг-экв/л	0,35
$\text{Fe}_{\text{общ}}$	1,54
NH_4^+	1,18
NO_3^-	0,36
NO_2^-	0,023
PO_4^{3-}	0,036
Нефтепродукты	0,11
Перманганатная окисляемость, $\text{mgO}_2/\text{л}$	37,9
Химическое потребление кислорода, $\text{mgO}_2/\text{л}$	64,2
$\text{C}_{\text{орг}}$	24,1
Фульвокислоты	8,94
Гуминовые кислоты	2,3
Cu, мкг/л	9,28
Zn, мкг/л	34,3
Cd, мкг/л	0,34
Pb, мкг/л	2,62

Микрокомпонентный состав. Концентрация Pb имеет один порядок с таковой в болотах и не превышает ПДК_{рыб-хоз.} Концентрация Cd находится на одном уровне со

значением ПДК_{рыб-хоз} и почти вдвое меньше, чем в водах болот. Содержания Cu и Zn почти во всех пробах превышают значение ПДК_{рыб-хоз}.

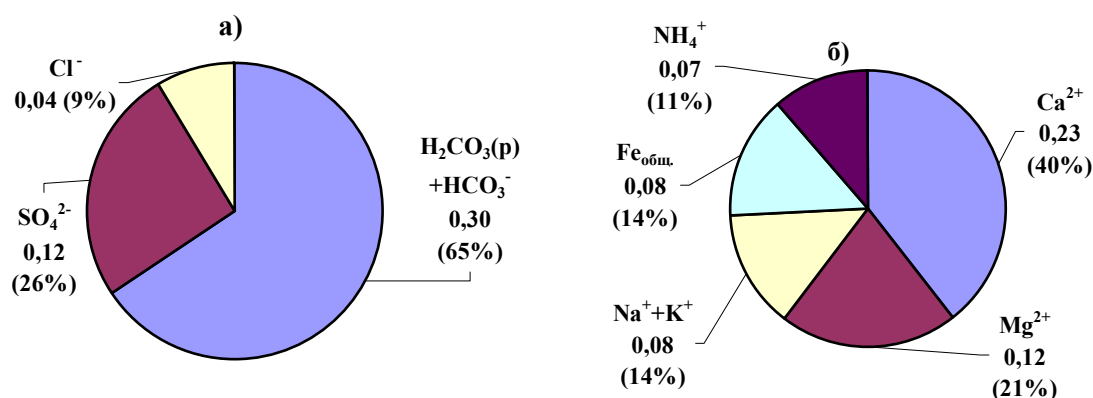


Рис. 4.4 Средний анионный (а) и катионный (б) состав вод озер, %-экв/л

Органические вещества. Среднее содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ достигает 21,4 мг/л. Содержание NH_4^+ изменяется от 0,15 до 3,34 мг/л, средняя концентрация составляет 1,18 мг/л. Среднее значение перманганатной окисляемости равно 37,9 $\text{mgO}_2/\text{л}$. Концентрация NO_3^- находится на уровне десятых долей, а NO_2^- - сотых долей мг/л. Содержание PO_4^{3-} не превышает 0,06 мг/л.

Микрофлора. Отмечено преобладание олигонитрофильных бактерий, количество которых по сравнению с водами болот в среднем выше в 2,5 раза. Затем следуют олиготрофы, усваивающие рассеянное органическое вещество, и бактерии, выделяемые на органическом веществе естественной воды. Среднее количество последних меньше по сравнению с водами болот на 29,3%, а содержание олиготрофов – почти на 18%. Эта тенденция характерна также для бактерий, разлагающих сложные азотосодержащие вещества, и гетеротрофных железобактерий. Их количество по сравнению с болотными водами ниже в среднем в 5 и 4 раза соответственно. Наоборот, количество нефтеокисляющих бактерий выше на 52%, а аммонифицирующих бактерий, разлагающих простые азотосодержащие вещества – на 86%. Индекс олиготрофности для озерных вод составляет 9,16, т.е. способность микроорганизмов перерабатывать органические загрязнения кратно превышает их количество.

Общий химический состав речных вод

Макрокомпонентный состав. Речные воды исследуемого района в среднем слабощелочные, пресные (табл. 4.3). Содержания основных элементов увеличиваются от водотоков IV порядка и водотокам I порядка, за исключением SO_4^{2-} . Четкой закономерности распределения в этом ряду концентраций Mg^{2+} и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ не выявлено. Для всех исследованных рек характерен гидрокарбонатный кальциевый тип вод.

Микрокомпоненты представлены Zn, Cd, Pb, Cu в водах рек II-IV порядков. Концентрация Zn изменяется от 2,2 до 283 мкг/л и в составляет первые десятки мкг/л. Среднее содержание равно 53,3 мкг/л, что превышает значение ПДК_{рыб-хоз} более чем в 5 раз.

Таблица 4.3

Среднее содержание компонентов в речных водах Васюганского болотного массива

Компонент, мг/л	Порядок рек				Среднее для исследованных речных вод
	IV	III	II	I	
pH	6,50	6,74	7,18	7,95	7,09
Минерализация	138	211	194	263	202
HCO ₃ ⁻	82	163	142	193	145
Cl ⁻	2,33	3,72	4,58	5,49	4,03
SO ₄ ²⁻	13,7	4,0	3,2	-	5,2
Ca ²⁺	21,1	34,6	32,2	40,6	32,1
Mg ²⁺	6,85	8,70	5,79	9,42	7,69
Na ⁺ +K ⁺	8,9	11,0	8,5	10,7	9,8
Общая жесткость, мг-экв/л	1,6	2,5	2,1	2,8	2,2
Fe _{общ}	3,41	2,87	2,58	2,00	2,72
NH ₄ ⁺	1,83	1,36	1,17	1,46	1,45
NO ₃ ⁻	1,17	0,76	0,42	-	0,70
NO ₂ ⁻	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02
PO ₄ ³⁻	0,09	0,17	0,22	-	0,16
Нефтепродукты	0,15	0,12	0,03	-	0,10
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	53,4	35,8	27,1	11,5	31,9
Биологическое потребление кислорода, мгО ₂ /л	3,25	2,56	4,11	-	3,12
Химическое потребление кислорода, мгО ₂ /л	88,7	59,4	64,6	-	70,9
CO ₂	14,4	9,9	17,2	5,5	11,7
Zn, мкг/л	45,2	44,8	78,6	-	53,3
Cd, мкг/л	0,5	1,5	1,5	-	1,2
Pb, мкг/л	2,75	4,78	4,92	-	4,31
Cu, мкг/л	18,5	26,1	18,4	-	22,3

Концентрация Cd варьирует от 0,5 до 4 мкг/л. При этом его содержание в 30% случаев превышает ПДК_{рыб-хоз.} Средняя концентрация Cd 1,24 мкг/л, что в 2,5 раза выше ПДК_{рыб-хоз.} Содержание Pb изменяется от 1,2 до 10 мкг/л. Средняя его концентрация в водах в 2-4 раза меньше ПДК_{рыб-хоз.} и при отсутствии аномальных экстремумов увеличивается от рек IV порядка к рекам II порядка. Среднее содержание Pb равно 4,31 мкг/л. Содержание Cu изменяется от 0,6 до 64,3 мкг/л, составляя в среднем 22,3 мкг/л, что более чем в 20 раз превышает ПДК_{рыб-хоз.}

Органические вещества. Содержание NH₄⁺ изменяется от 0,15 до 3,31 мг/л, при среднем значении 1,45 мг/л. Содержание NO₃⁻ изменяется от 0,1 до 3,3 мг/л, средняя концентрация равна 0,7 мг/л. Наибольшие концентрации NH₄⁺ и NO₃⁻ характерны для водотоков IV порядка. Содержание NO₂⁻ составляет сотые доли мг/л и характеризуется слабым увеличением концентрации в водах при переходе от водотоков IV порядка к I. Среднее значение перманганатной окисляемости при переходе от рек IV порядка к рекам I порядка уменьшается почти в 5 раз. Подобным образом ведут себя нефтепродукты и Fe_{общ}.

Микрофлора. Отмечается преобладание олиготрофных бактерий, усваивающих рассеянное органическое вещество; затем по численности следуют бактерии, выделяемые на органическом веществе естественной воды. Третьей по численности группой микроорганизмов являются нефтеокисляющие бактерии, содержание которых в водах рек II порядка возрастает примерно в 2,5 раза по сравнению с водотоками IV и III порядков. Индекс

олиготрофности составляет 3,24, 5,7 и 2,6 соответственно для водотоков IV, III и II порядков, т.е. в водах рек всех порядков микроорганизмы успешно справляются с органическим загрязнением.

Влияние органических веществ на формы нахождения некоторых элементов в водах

Железо в водах. Распределение концентраций железа в водах *болот* характеризуется изменением его значений от 0,3 до 12,5 мг/л, среднее его содержание составляет 2,33 мг/л, что превышает значение кларка более чем в 2,5 раза. Концентрация $Fe_{общ}$ в *озерах* варьирует от 0,05 до 6,19 мг/л, среднее значение равно 1,54 мг/л. Содержание железа в *реках* меняется от 0,85 до 9,4 мг/л,

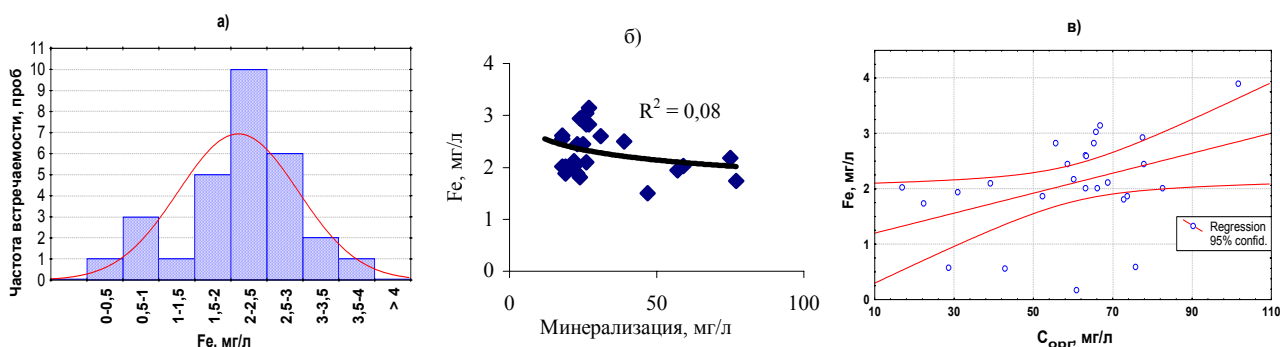


Рис. 4.5. а) Распределение железа в болотных и озерных водах; б) Зависимость содержаний железа от минерализации болотных и озерных вод района; в) Зависимость содержаний $Fe_{общ}$ и $C_{орг}$ в болотных и озерных водах района

Средняя его концентрация здесь (2,72 мг/л) превышает таковую в болотных водах почти на 17%. Наиболее часто встречающиеся концентрации $Fe_{общ}$ составляют 2-3 мг/л (рис. 4.5, а) и они практически не зависят от повышения минерализации вод (рис.4.5, б), что говорит о насыщенности воды соединениями этого элемента. Значительное влияние на его миграцию в этой системе оказывают органические вещества (рис.4.5, в).

При наличии в *болотных* водах Fe^{2+} преобладает $FeФК$ (2-47 %); с ростом рН содержания $Fe(НCO_3)_2$ и $FeHCO_3^+$ увеличиваются от сотых долей % до 16,6% и 9,5% соответственно; сумма $FeCO_3^0$, $FeSO_4^0$, $FeHSO_4^+$, $Fe(ФК)_2^{2-}$, $FeCl^+$, $FeOH^+$ при наибольшей величине рН не превышает 2%. Среди форм Fe^{3+} преобладает $Fe(OH)_2^+$ (39-96%); комплексы $FeГК^+$, $FeФК^+$ и $Fe(ФК)_2^-$ в сумме составляют 30-40%; вклад $FeOH^{2+}$ достигает 23% и снижается до сотых долей % при рН более 7; доля $Fe(OH)_3$ увеличивается с ростом рН и в слабощелочных водах составляет более 50%. Согласно результатам моделирования, в *болотных* водах происходит осаждение из раствора минерала гётита в количестве до 0,5 мг из литра воды.

В водах *малых озер* среди соединений Fe^{2+} преобладает комплекс $FeФК$ (40-60%); вклад $FeH_2PO_4^+$ колеблется от 1 до 5,5 %; содержание какого-либо из остальных комплексов не превышает 1%. При наличии соединений Fe^{3+} наибольшую роль играют $Fe(OH)_2^+$ (92%) и $FeOH^{2+}$ (12%); сумма $FeФК^+$ и $FeГК^+$ составляет более 20%; содержание $Fe(НPO_4)_2^-$ не

превышает 6%, на долю остальных соединений приходится около 3% от общего числа комплексов Fe^{3+} . Теоретическое осаждения гётита из раствора для вод малых озер составляет, как и в болотах, около 0,5 мг из литра.

Марганец в водах. Содержание марганца в водах малых озер колеблется от 0,04 до 0,09 мг/л. Поведение его во многом определяется кислотно-щелочными и окислительно-восстановительными свойствами вод - наибольшие содержания марганца встречены в водах с Eh 100-123 mV. Наиболее часто встречающиеся его концентрации составляют 0,04-0,05 мг/л (рис 4.6-а) и контролируются, как и в случае железа, содержанием органического вещества и, в меньшей степени, минерализацией вод (рис.4.6-б, 4.6-в).

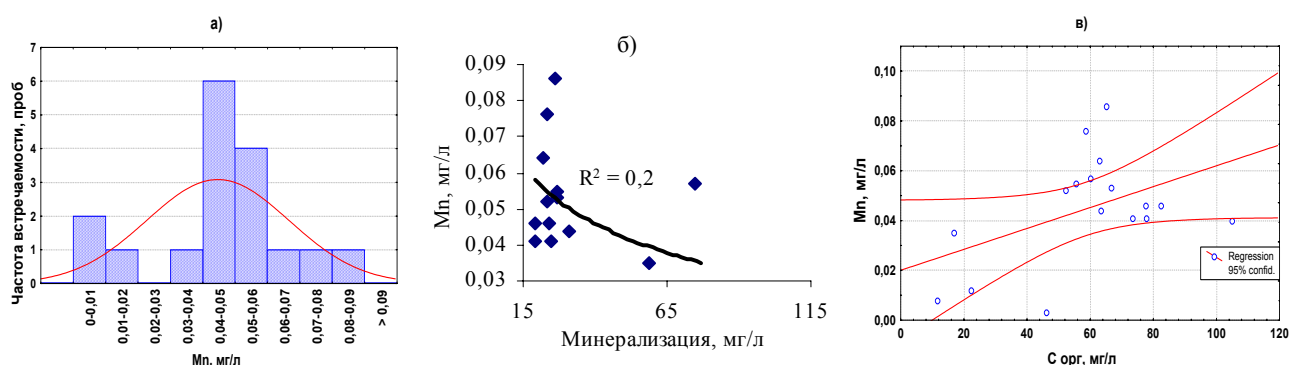


Рис. 4.6. а) Распределение Mn в водах малых озер; б) Зависимость содержания Mn от минерализации вод малых озер; в) Зависимость содержаний Mn и $\text{C}_{\text{орг}}$ в водах малых озер

Марганец в водах *малых озер* в основном находится в виде комплекса MnГК (40% и более); содержания MnФК , MnSO_4 , $\text{MnH}_2\text{PO}_4^+$, MnHCO_3^+ - 0,1-0,6%; на долю остальных комплексов приходится не более 0,01 %. Расчет насыщенности вод относительно вторичных минералов Mn показал, что равновесие с ними не достигается ни в одном типе вод.

Алюминий в водах. Содержания Al в водах колеблется от 0,02 до 0,21 мг/л, наиболее часто встречаются концентрации от 0,02 до 0,12 мг/л (рис. 4.7-а). Сравнивая с поведением марганца и железа в водах, можно сказать, что концентрации в водах Al еще меньше зависят от минерализации вод и содержания в них органического углерода (рис. 4.7-б, 4.7-в). В водах *болот* среди соединений Al при pH от 5 до 6 отмечается резкое преобладание $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3^0$, количество которого может достигать почти 94%. Увеличение pH сопровождается ростом роли комплексов $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ (0,04-13%), $\text{Al}(\text{OH})_3^0$ (0,001-15%), $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ (0,001-58% (последнее - при pH более 7)).

Доля $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ достигает 43% при pH 5,5 и минимальной концентрации алюминия в болотных водах (0,015 мг/л). При pH 4, а также при pH 6, количество $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ составляет 3-5%. Вклад комплекса AlSO_4^+ составляет в кислых водах болот более 12%, при pH вод более 5 его доля составляет менее 1%, а при дальнейшем увеличении pH доля этого комплекса уменьшается еще почти на три порядка. Суммарное содержание соединений AlФК^+ , $\text{Al}(\text{SO}_4)_2^-$, AlCl_2^+ в водах болот не превышает 0,1%. Физико-химическое моделирование показало, что из

болотных вод возможно осаждение каолинита (до 1,65 мг из литра) и монтмориллонита (до 1,12 мг из литра).

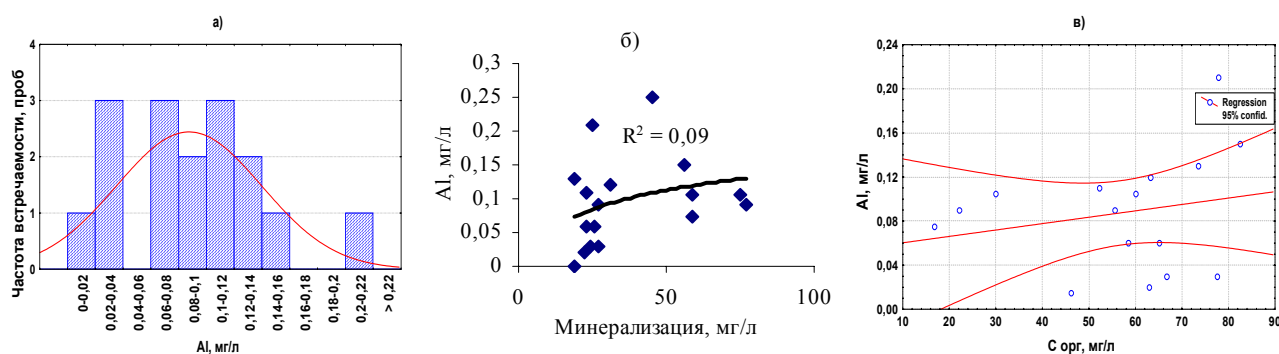


Рис. 4.7. а) Распределение Al в болотных и озерных водах; б) Зависимость содержаний Al от минерализации болотных и озерных вод; в) Зависимость содержаний Al и $C_{орг}$ в болотных и озерных водах

В водах малых *озер* преобладает $Al(OH)_2^{2+}$ (7-40%); содержание $Al(OH)_2^{2+}$ составляет 0,1-8,2% с максимумом при pH 5; количество $AlSO_4^+$ изменяется от 1,5 до 5,4%; на долю комплексов $Al(OH)_3$, $Al(OH)_4^-$, $Al_2(CO_3)_3$, $AlFK^+$, $Al(SO_4)_2^-$, $AlCl^{2+}$ в сумме приходится не более 3,5% от общего содержания Al^{3+} . Моделирование показало, что возможно осаждение монтмориллонита $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$ на уровне 1,3 мг из литра.

Кремний в водах. Содержание Si в водах болот и озер сопоставимо с концентрацией железа, наиболее часто встречающиеся значения - 2-2,5 мг/л (рис 4.8, а). Содержания железа и кремния примерно в равной степени зависят от величины общей минерализации вод (рис. 4.8, б). Однако у железа в водах болот и озер связь с $C_{орг}$ более тесная, чем у кремния, имеющего

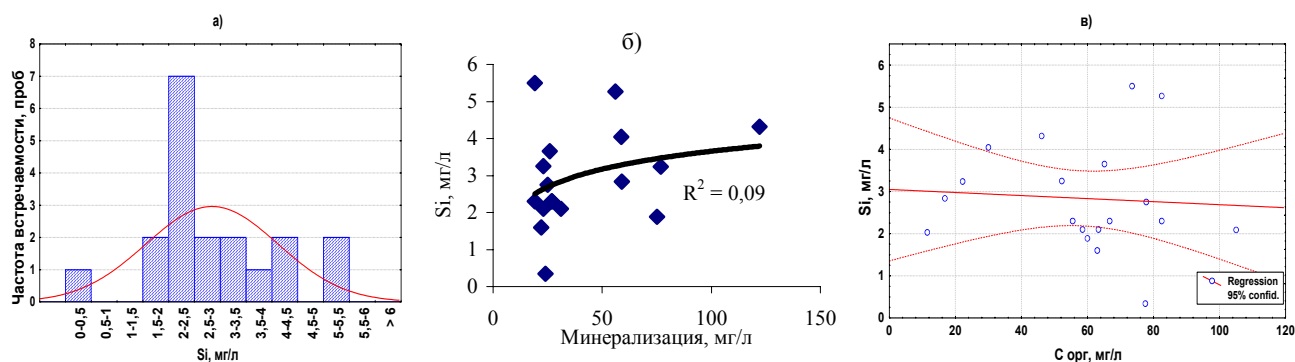


Рис. 4.8. а) Распределение Si в болотных и озерных водах; б) Зависимость содержания Si от минерализации болотных и озерных вод; в) Зависимость содержаний Si и $C_{орг}$ в болотных и озерных водах

наименьший (отрицательный) среди упомянутых элементов коэффициент корреляции (рис. 4.8, в), характеризующий уменьшение содержания Si с ростом концентрации органического вещества. Кремний в водах *болот* и *озер* находится преимущественно в виде H_4SiO_4 (70,4 %); доля SiO_2 в водах составляет 28,3-28,4 %, а вклад H_4SiO_3 находится на уровне 1,21%. Результаты физико-химического моделирования свидетельствуют об отсутствии равновесия Si с его оксидами и гидроксидами.

Равновесие вод с карбонатными и алюмосиликатными породами

Расчет насыщенности вод относительно кальцита показал, что болотные (кроме низинных болот с минерализацией 0,3–0,4 г/л) (рис. 4.9) и озерные воды повсеместно ненасыщены относительно кальцита. Насыщение речных вод карбонатами происходит при минерализации более 0,5 г/л и рН более 7,5 (рис. 4.10).

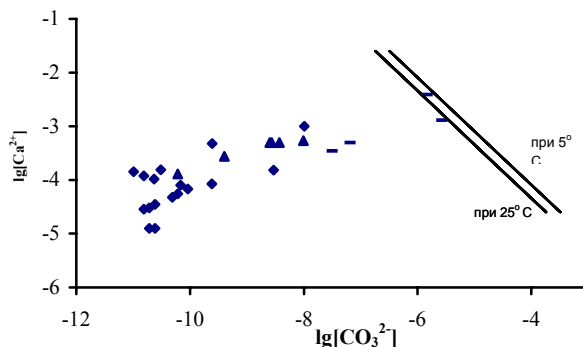


Рис. 4.9. Степень насыщенности болотных вод относительно кальцита;

◆ - воды верховых болот; ▲ - воды переходных болот; ■ - воды низинных болот

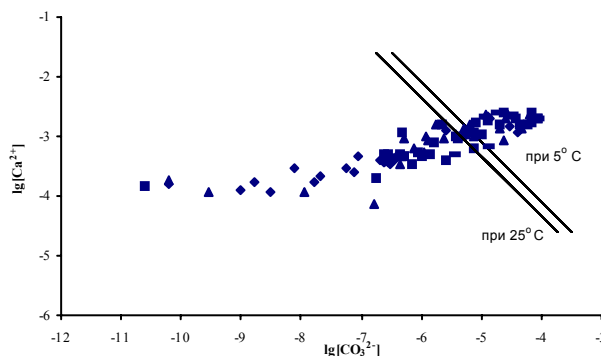


Рис. 4.10 Степень насыщенности речных вод относительно кальцита; порядок речных долин:

◆ - IV, ▲ - III, ■ - II, ■ - I

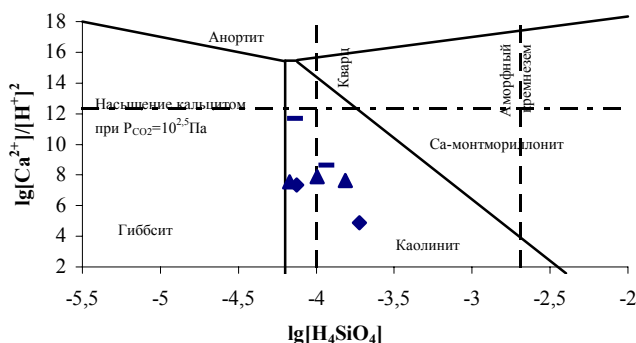


Рис. 4.11. Диаграммы равновесия в системе вода-алюмосиликаты при $t = 25^\circ\text{C}$ и $P = 10^{2,5}$ Па с нанесением данных по составу болотных вод:

◆ - воды верховых болот; ▲ - воды переходных болот; ■ - воды низинных болот

На диаграмме равновесия болотных вод с алюмосиликатными минералами (на примере кальция – рис. 4.11) видно, что все точки попадают в поле устойчивости каолинита, т.е. с другими минералами равновесие не устанавливается.

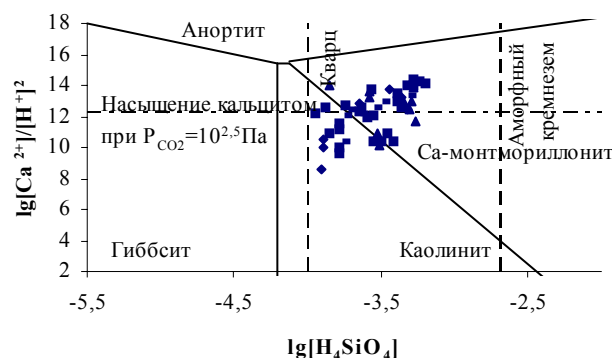


Рис. 4.12. Диаграммы равновесия в системе вода-алюмосиликаты при $t = 25^{\circ}\text{C}$ и $P = 10^{2.5}$ Па с нанесением данных по составу речных вод;

порядок речных долин: \blacklozenge - IV, \blacktriangle - III, \blacksquare - II, \times - I

Диаграмма равновесия речных вод с алюмосиликатами показывает (рис. 4.12), что практически одновременно с насыщением вод кальцитом наступает их равновесие и с монтмориллонитом. С повышением pH до 7,5 (и более) и общей минерализации до 0,5 мг/л наблюдается также равновесие с калиевым полевым шпатом, а в некоторых случаях и с мусковитом.

Геохимические типы вод

Исследованные воды *болот* и *малых озер* отнесены нами к кислому кремнисто-органическому геохимическому типу (табл. 4.4), в котором наблюдается равновесие с каолинитом; *речные* воды отнесены к алюминиево-кремнистому и кремнисто-кальциевому геохимическим типам (Шварцев, 1998).

Таблица 4.4

Геохимические типы болотных, озерных и речных вод района

Объект	Геохимический тип вод	Геохимический тип выветривания	Контролирующие показатели	Необходимое химическое условие	Характеристика вод	
Воды болот	Кислый кремнисто-органический	Подзолообразование	Si, C _{орг} , pH, Al, ФК, ГК	Вынос Al и Fe, равновесие с каолинитом и кварцем	M, мг/л	12 - 80
					pH	3,6 - 6,0
					Si, мг/л	1,9 - 5,3
					Fe _{общ} , мг/л	0,18 - 4,35
					Al, мг/л	0,01 - 0,25
					ФК, мг/л	6 - 86
Воды малых озер	Кислый кремнисто-органический	Подзолообразование	Si, C _{орг} , pH, Al, ФК, ГК	Вынос Al и Fe, равновесие с каолинитом и кварцем	M, мг/л	19 - 31
					pH	4,0 - 5,1
					Si, мг/л	0,34 - 5,50
					Fe _{общ} , мг/л	1,9 - 3,1
					Al, мг/л	0,02 - 0,21
					ФК, мг/л	70 - 99
Речные воды	а) Алюминиево-кремнистый	Моносиаллитный	Al, Si, pH	Равновесие с каолинитом	M, мг/л	15,5 - 513,0
	б) Кремнисто-кальциевый	Бисиллитный	Si, Mg, Ca, K, pH	Равновесие с монтмориллонитом	pH	4,0 - 8,4
					Si, мг/л	3,4 - 8,4
					Ca ²⁺ , мг/л	21,1-40,6

Антропогенное влияние на воды района

Антропогенное влияние на водные объекты района оценивалось на основе содержания в болотных, озерных и речных водах нефтепродуктов и СПАВ.

Содержание нефтепродуктов достигает 0,9 мг/л, что больше ПДК_{рыб-хоз} в 4-7 раз. Коэффициент парной корреляции между концентрацией нефтепродуктов и ХПК составляет

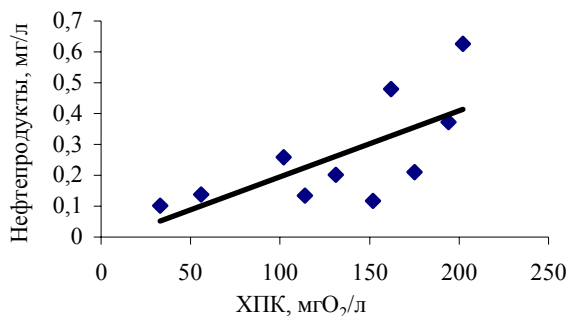


Рис. 4.13 Зависимость содержания нефтепродуктов в водах болот и озер от

0,59 (рис. 4.13) Это позволяет предполагать, что высокие содержания органического углерода в большой мере обусловлены концентрацией нефтепродуктов естественного происхождения. Воздействие объектов нефтяной отрасли на водные системы исследуемой территории можно проследить лишь в отдельных пробах, т.е. технологическое загрязнение нефтепродуктами

имеет локальный характер. Содержание СПАВ в исследованных водах болот, озер и рек в большинстве проб составляет <0,01 мг/л, что характеризует антропогенное воздействие на водные объекты как незначительное.

Глава 5. Формирование состава болотных вод

В главе охарактеризованы видовой состав и геохимические особенности растений и торфов как факторов формирования состава вод. Обобщены данные по среднему содержанию химических элементов в водах, растениях и торфах Васюганского болотного массива и особенностях их миграции. Охарактеризованы процессы формирования вод и источники химических элементов в них.

Геохимические особенности болотных растений

В ходе исследований установлено, что геохимические особенности растений-торфообразователей зависят от трофического статуса различных участков болота. Основным фактором, определяющим распределение химических элементов в торфах, является прижизненное их накопление растениями-торфообразователями; доля растительной (конституционной) золы в зольности торфов колеблется от 53,6 до 95,3%. При этом концентрации химических элементов увеличиваются в ряду олиго-мезо-евтрофные растения и во мхах всех трофических типов. Мхи являются концентраторами Na, Co, Sc, Sm, Hf, Th, Cs, Fe, Sb, La и Eu, травы – Rb и Br, кустарники и кустарнички – Au, Ca, Cr и Ba, деревья – Se.

Геохимические особенности торфов

В торфах различного типа установлено увеличение содержаний химических элементов в направлении от верхового к низинному типам. Химические элементы накапливаются в осушенных и естественно дренируемых торфяниках, на геохимических барьерах различного

типа, в залежах с проточным режимом, а также на участках, где разгружаются подземные или поверхностные воды и привносят минеральные вещества в растворенном и взвешенном состоянии.

Средние содержания химических элементов в водах, растениях и торфах Васюганского болотного массива и их миграция

Геохимические особенности болотных систем характеризуются преобладанием элементов в растениях и торфах по сравнению с водной составляющей. Концентрации Ca, Fe, Na и микрокомпонентов в исследованных водах пропорционально снижаются примерно на три порядка относительно растений и торфов.

Анализ особенностей накопления химических элементов в растениях показал, что их содержание практически не зависит от типа болота (т.е. кислотности среды и ее насыщенности минеральными солями), в то время как в торфах в большинстве случаев оно зависит от концентрации микроэлементов в растительности (при переходе от верхового к низинному типу болот).

Перераспределение химических элементов в природной болотной системе исследовано на основе расчетов коэффициентов водной миграции K_x (Перельман, 1972), биофильности и геохимической подвижности (Шварцев, 1998).

Анализ рядов водной миграции, геохимической подвижности и биофильности элементов показывает, что наибольшей подвижностью (рассеянием) в условиях влияния растительности обладают Ce, Eu, Sc, Th, Co, La, Fe, Cs, а в условиях торфообразования – Rb, Sm, Ce, Hf, Eu, La, Sc, Th, Co, Sb, Cr, Cs. При этом можно отметить схожесть состава этих рядов с некоторым смещением элементов в ряду подвижности, что наблюдается для Ce, Eu, Sc, Th, La, Co, Cs. Высокая биофильность Se, Sb, Ag, Hg, Br, Hf, Eu, Sm, Cs в условиях влияния растительности и Ag, Sb, Hg, Se, Cs, Hf, Br, Sm, Eu, Co при торфообразовании препятствует накоплению этих элементов в водах и не способствует росту их содержания.

Процессы формирования состава вод

Воды *верховых* болотных массивов и дренирующих их мелких водотоков характеризуются большим количеством органических веществ, сопоставимым со значением минерализации вод (близкой к атмосферным осадкам), а в некоторых случаях кратно ее превосходят. В водах болот низкая скорость водообмена и отсутствие кислорода способствуют гумификации органического вещества. Этот процесс сопровождается образованием ряда водорастворимых кислот, включая гуминовые и фульвовые. Все это определяет низкое значение pH верховых болот, образование комплексных органо-минеральных соединений элементов-гидролизатов (Fe, Al, Mn и др.), содержание которых в водах растет.

Состав воды *низинных* болотных массивов зависит от степени их разбавления более щелочными и минерализованными грунтовыми водами. Разложение растительных остатков здесь находится на более ранней стадии, поэтому количество растворенных в воде органических веществ значительно меньше, чем в верховых болотах. Об этом свидетельствует снижение интенсивности образования органно-минеральных комплексов с ростом рН воды.

В составе вод *рек* прослеживается в основном смена восстановительной среды болот на окислительную и увеличение содержания минеральных солей и микроэлементов. Это происходит по мере увеличения морфометрических характеристик водотоков, времени взаимодействия с подстилающими породами и роста доли грунтовых вод в питании рек. В соответствии с этим их средний химический состав приближается к составу вод рек Западной Сибири.

Источники химических элементов в водах

Количественное соотношение составляющих поверхностного химического выноса характеризуется повсеместным преобладанием биогенной компоненты над хемогенной: в болотных водах - в четыре раза, в озерах – почти на порядок, а в реках – в два раза.

Сравнение составляющих поверхностного и подземного химического выноса показало схожесть изменения биогенной и хемогенной составляющей в разных типах вод. Однако, биогенный сток в болотных водах в среднем вдвое больше, чем в речных, а хемогенный находится примерно на том же уровне. Это говорит о том, что в водах болот (даже низинных, воды которых по кислотности и макросоставу близки к речным) проходят совершенно разные биохимические процессы, связанные с непрерывным преобразованием органического вещества. Скорости этого преобразования зависят от интенсивности водообмена, который контролирует разнообразие среды, микрофлоры, состава вод, антропогенного воздействия и т.д.

Заключение

В районе исследований развиты верховые, переходные и низинные болота. В этом ряду происходит рост рН вод, их солёности и уменьшение содержания растворенных органических веществ, концентрация которых превышает сумму минеральных веществ. Все исследованные воды характеризуются гидрокарбонатным составом и низкой минерализацией. Наличие органических соединений обуславливает комплексообразование, которое установлено на примере Fe, Mn и Al. Основная роль в образовании органоминеральных комплексов принадлежит соединениям с угольной и гуминовыми кислотами.

Показано, что почти все болотные, озерные и, частично, речные воды ненасыщены относительно кальцита. Все воды неравновесны с первичными алюмосиликатами, но воды болот и озер равновесны с каолинитом, а речные - с каолинитом и монтмориллонитом В

условиях болот и озер формируется состав вод, соответствующий кислому кремнисто-органическому геохимическому типу, а в реках района - кремнисто-кальциевому.

Среднее содержание химических элементов в болотных системах характеризуется преобладанием ряда водных и воздушных мигрантов в растениях и торфах по сравнению с водной составляющей примерно на три порядка. Установлены ряды подвижности элементов в водах, растительности и торфах, которые показали высокую миграционную способность даже малоподвижных элементов.

Формирование состава болотных вод контролируется интенсивностью водообмена и стадией преобразования органического вещества, сменой восстановительной среды верховых болот на окислительную в низинных, степенью связи их с горными породами и долей питания подземными водами. Расчет поверхностного химического выноса показал повсеместное преобладанием биогенной составляющей над хемогенной: в болотных водах - в четыре раза, в озерах – почти на порядок, а в реках – в два раза.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Здвижков М.А. Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности малых водотоков и водоемов Каргасокского района Томской области / М.А.Здвижков, Т.Н.Сидоренко, Н.К.Смирнова // Гидроминеральные ресурсы Восточной Сибири.- Иркутск, 2001. – С. 71-80.
2. Здвижков М.А. Разработка методов оценки ресурсов и эколого-геохимического состояния природных вод (на примере бассейнов Томи и средней Оби) и подготовка кадров нового уровня / М.А.Здвижков, С.Л.Шварцев, Ю.Г.Копылова // Интеграция науки и высшего образования России. – Самара, 2001. – Ч.2. - С.20-22.
3. Особенности гидрологического и эколого-геохимического режима малых водотоков и болот на примере водных объектов бассейнов р.Васюган и р.Чая / М.А. Здвижков [и др.] // Экология Южной Сибири. – Абакан, 2001. - С. 27-28.
4. Здвижков М.А. Гидрогеохимические особенности болотных вод на примере бассейна р. Чая / М.А. Здвижков // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2002. - С. 182-183.
5. Здвижков М.А. Электропроводность и минерализация природных вод / М.А. Здвижков, Н.В.Назарова // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2002. - С. 190-191.
6. Здвижков М.А. Связь цветности вод с содержанием в них железа, органических и других компонентов / М.А. Здвижков, А.С.Чудинов // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2002. - С. 199-201.
7. Здвижков М.А. Метод оценки ионной составляющей компонентов болотных вод / М.А. Здвижков, Н.В.Назарова // Экология России и сопредельных территорий. – Новосибирск, 2002. - С.36-38.
8. Здвижков М.А. Цветность вод как индикатор классов болотных вод / М.А. Здвижков, А.С.Чудинов // Экология России и сопредельных территорий. – Новосибирск, 2002. - С.67-69.

9. Районирование Васюганского болота по геохимическим условиям как основа мониторинга региона / М.А. Здвижков [и др.] // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. - Томск, 2002. - С. 80-82.
10. Геохимия растений и торфов Васюганского болота / М.А. Здвижков [и др.] // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. – Томск, 2002. - С. 204-215.
11. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота / М.А. Здвижков [и др.] // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. - Томск, 2002. - С. 139-149.
12. Здвижков М.А. Микрофлора экосистем Большого Васюганского болота / М.А. Здвижков, В.К. Бернатонис, Н.А.Трифорова // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири. – Томск, 2003. - С. 117-121.
13. Здвижков М.А. Химический состав природных вод болотных ландшафтов с разной степенью антропогенной нагрузки / М.А. Здвижков, О.Г. Савичев, В.А. Базанов // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири. – Томск, 2003. - С.274-276.
14. Здвижков М.А. Распространение типов болотных вод, выделяемых по химическому и бактериологическому составу, в различных климатических зонах Большого васюганского болота / М.А. Здвижков, Н.М. Рассказов // Пятое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. - Томск, 2003. - С. 223-225.
15. Здвижков М.А. Содержание редкоземельных элементов в поверхностных водах Бакчарского и Шегарского районов Томской области / М.А. Здвижков // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2003. - С. 211-213.
16. Здвижков М.А. Железо в болотных водах Васюганского болотного массива / М.А. Здвижков, О.Г. Токаренко // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2004. - С. 187-189.
17. Здвижков М.А. Марганец в водах болотных озер юга Томской области // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2004. - С. 192-194.