Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

На правах рукописи

Шмаков Андрей Валентинович

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ В ПОДТАЁЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ТИМИРЯЗЕВСКОГО БОЛОТА У Г.ТОМСКА)

25.00.07 – «Гидрогеология»

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

Научный руководитель:

доктор географических наук, профессор

Савичев Олег Геннадьевич

Томск – 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……. 4

ГЛАВА 1. ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД …….. 11

1.1 Краткая история исследований……... 11

1.2 Изученность водного режима болот…….. 14

1.3 Изученность химического состава торфов…… 18

1.4 Гидрохимическая изученность болот…… 20

Краткие выводы по главе……... 32

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАССМАТРИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ.. 34

2.1 Общая характеристика объекта исследования…….. 34

2.2 Геоморфологические и геологические условия…… 37

2.3 Гидроклиматические условия……. 42

2.4 Гидрогеологические условия…….. 45

Краткие выводы по главе……... 47

ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ИЗУЧЕНИЮ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВА ВОД МЕЗОТРОФНЫХ БОЛОТ ПО ГЛУБИНЕ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТИМЕРЯЗЕВСКОГО БОЛОТА)……... 48

3.1 Разработка устройств для исследования гидрогеохимических условий на болотах…… 49

3.2 Методика выбора места размещения пункта наблюдений…….. 56

3.2.1 Выбор объекта, с типичными физико-географическими климатообразующими факторами……. 56

3.2.2 Определение места размещения пунктов наблюдения……. 57

3.2.3 Методика установки скважин и подготовка к проведению наблюдений …… 68

3.2.4 Методика проведения гидрогеологических наблюдений и пробоотбора……. 73

3.2.5 Математические методы обработки полученной информации…… 83
3.2.6 Фильтрационный режим болотных вод…….. 92
3.2.7 Контроль надёжности получаемой информации …….. 98
3.2.8 Лабораторные методы определения химического состава болотных вод……. 100
Краткие выводы по главе……... 101
ГЛАВА 4. ЗОНАЛЬНО – ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД ВО ВРЕМЕНИ (НА ПРИМЕРЕ ТИМИРЯЗЕВСКОГО БОЛОТА)……... 102
4.1 Закономерность пространственного взаимно–относительного количественного распределения элементов химического состава болотных вод……. 104
4.2 Закономерность зонального взаимно–относительного количественного распределения элементов химического состава болотных вод…….. 112
4.3 Распределение органического компонента в разрезе торфяной залежи… 120
4.4 Связь минерализации от значений удельной электропроводности…… 125
4.5 Связь химического состава с фильтрационным режимом болотных вод.. 128
4.6 Определение изменений химического состава болотных вод от их фильтрационного режима…….. 133
4.7 Обобщение результатов исследования изменения гидрохимического режима в разрезе торфяной залежи изучаемого болота…….. 144
Краткие выводы по главе…… 149
ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ТОМСКОГО ПОДЗЕМНОГО ВОДОЗАБОРА НА ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТИМИРЯЗЕВСКОГО БОЛОТА…… 150
Краткие выводы по главе…… 169
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….. 170
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…… 172

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Болота, с одной стороны, отражают специфические условия на водосборной территории (избыточное увлажнение, слабая дренированность и так далее), а с другой стороны, оказывают существенное влияние на граничащие с ними природные комплексы и компоненты окружающей среды. В частности, в процессе возникновения и эволюции болот происходят значительные изменения водного и геохимического режима подземных вод, особенно в Западной Сибири, где заболоченных отдельных водосборов может превышать 60-70 %. Всё это и определяет актуальность исследований болот, особенно в подтаёжной зоне Западной Сибири, где в ряде случаев процессы болотообразования протекают с относительно большой скоростью, а последствия заболачивания или, наоборот, разрушения болот могут негативно сказаться на социально-экономическом развитии крупных населённых пунктов, включая административный центр Томской области – г.Томск.

Безусловно, в изучении разных аспектов функционирования болот, в целом, и болот Томской области, в частности, достигнуты существенные успехи благодаря работам:

в области гидрологии болот – благодаря работам А.Д. Дубах [1936, 1944], К.Е. Иванова [1975, Болота Западной Сибири…, 1976], С.М, Новикова и других [1964, 1988, 1990, 1991, 1999, 2001, 2003, Болота Западной Сибири...,1976, Гидрология заболоченных…, 2011], Б.С. Маслова [1963, 1970, 1982. 1986. 2008, 2009];

в области геоботаники и геоэкологии – работам Н.Я. Кац [1971, 1958], М.С. Боч [1972], В.А Смагина [1982, 1984, 2010], М.И. Нейштадта [1939, 1977], Н.И. Пьявченко [1963, 1965, 1980, 1985], Ю.А. Львова [1959, 1961, 1991], Н.Н. Пологовой [2000, 2014], Е.Д. Лапшиной [2000, 2003, 2013], В.А. Базанова и соавторов [2009, 2010, 2011], О.Л. Лисс и соавторов [1981, 2001, 2003], Л.И.

Инишевой [2003], С.Н. Кирпотина [Строение и динамика…, 1995. 2000], В.К.Бахнова [2004];

в области физики и химии торфов – И.И. Лиштвана [1975,1985, 2010], Е.Т. Базина [1966, 1985], В.Н. Ефимов [1986], Л.И. Инишевой и соавторов [1991, 1994, 1996, 1997, 1999, 2003, 2005], С.И. Смолянинова [1988, 1998, 1990], В.К. Бернатониса и соавторов [1990, 1991, 1994, 1999, 2000, 2002, 2005, 2011], С.Г. Маслова [1990, 1999, 2005, 2009], В.С. Архипова и соавторов [1988, 1990 1994,1998, 2000, 2005 2009], Е.Э. Езупенок [2001, 2003, 2004].

Важные результаты были получены и в части изучения гидрохимии болот: Е.Г. Нечаевой [1981,1985], С.Л. Шварцевым [1998, 2002, 2006, 2007 2012] , Н.М. Рассказовым и соавторами [1969, 1971, 1975, 2001,2002], О.Г. Савичевым [2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015], Д.В. Московченко [2006, 2010], Ю.А. Харанжевской [2006, 2007, 2008, 2010, 2011,2015], М.А. Здвижковым [2001, 2002, 2003, 2004, 2012] А.Д. Дубах [1940], В.Н. Ефимова [1986], Л.И. Инишевой и соавторов [1983, 1985, 1992, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2009, 2010, 2013], В.К. Бернатониса и соавторов [1991, 2012, 2013], В.С. Архипова и соавторов [2002, 2011, 2013], Е.Э. Езупенок [2003, 2004], В.А. Базанов [2003,2004, 2010, 2011] и другими.

Непосредственно в Западной Сибири комплексные гидрологические, геохимические и геоэкологические исследования в разные годы проводились специалистами Государственного гидрологического института (ГГИ), Московского государственного университета (МГУ), Томского государственного университета (ТГУ), Томского политехнического университета (ТПУ), Сибирского НИИ сельского хозяйства и торфа (СибНИИТ, г. Томск), Института почвоведения СО РАСХН (г. Новосибирск), Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН, г. Томск), Института водных и экологических проблем СО РАН (ИВЭП СО РАН, г. Барнаул), Томского государственного педагогического университета. Результаты этих исследований изложены в большом количестве статей и ряде монографий,

среди которых особо следует отметить [Болота Западной Сибири…, 1976; Лисс и др., 2001; Гидрология заболоченных…, 2011].

Тем не менее, многие вопросы, сопряжённые, например, с изучением закономерностей изменения химического состава болотных вод по глубине торфяной залежи и во времени (как внутри года, так и в многолетнем разрезе), остались недостаточно полно раскрыты, что негативно сказывается на достоверности оценок состояния гидравлически связанных болотных и подземных вод. В значительной степени это определяется методологической и технической сложностью опробования болотных вод в заданной точке без смешения вод различных горизонтов, а также трудоёмкостью болотных исследований в целом. Также следует отметить сохраняющиеся пробелы в понимании взаимосвязей болот с другими компонентами окружающей среды, что затрудняет объективную оценку фактического и допустимого антропогенного воздействия на болота и связанные с ними подземные воды. Необходимость такой оценки имеется в районе размещения многих крупных подземных водозаборов, в том числе и у г. Томска, расположенного в подтаёжной зоне Западной Сибири. Всё это и определило цель и задачи рассматриваемых исследований.

Объектом исследования являются болотные и подземные воды Тимирязевского болота переходного типа, расположенного в 2 км на юго-запад от п. Тимирязево и 3,5 км на запад от г. Томска в левобережной части долины р. Томи. Окраина исследуемого болота находится в 50-60 м от первой эксплуатационной скважины Томского подземного водозабора. Выбор объекта обусловлен его типичностью для условий подтаёжной зоны Западной Сибири и близостью к первой очереди Томского подземного водозабора, что определяет возможность изучения его влияния на окружающую среду. Общепризнанного названия у исследуемого болота нет, поэтому автором используется название по ближайшему значительному населённому пункту (п. Тимирязево).

Целью работы является выявление закономерностей гидрогеохимического режима переходного болота в подтаёжной зоне Западной Сибири и природно-антропогенных условий его формирования.

Задачи исследования:

1) разработка методического комплекса для проведения гидрогеохимических исследований на болотах с целью изучения закономерностей изменения химического состава болотных и грунтовых вод в вертикальном разрезе торфяной залежи и во времени;

2) выявление закономерностей изменения химического состава вод переходного болота в вертикальном разрезе торфяной залежи в течение года;

3) изучение факторов формирования гидрогеохимического режима переходного болота, включая анализ влияния Томского подземного водозабора на эколого-геохимическое состояние Тимирязевского болота.

Предмет исследования – гидрогеохимический режим заболоченных территорий и условия его формирования.

Методы исследования и исходный материал: ландшафтно-геохимический, географо-гидрологический, статистический; методы определения концентраций растворённых в воде веществ: инверсионно-вольт-амперометрический, атомно-абсорбционный, кондуктометрический, потенциометрический, атомно-эмиссионная спектрометрия, ионная хроматография, фотометрический, титриметрический. Определение химического состава вод выполнено в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета (ТПУ) с использованием аттестованных методов и современной приборной базы.

Фактический материал. В основу диссертации положен материал, полученный при изучении Тимирязевского болота у г. Томска (Западная Сибирь) в течение 2010–2015 гг. Было отобрано и проанализировано 59 проб болотных вод, выполнено определение 48 фильтрационных расходов болотных вод (с одновременным измерением уровней болотных и грунтовых вод) в разные фазы водного режима.

Личный вклад автора заключается в: разработке методического комплекса гидрогеохимических исследований, включающего в себя создание и апробацию оборудования для отбора проб болотных вод и методик его

размещения и применения; проведении полевых работ; анализе полученных данных, формулировке и обосновании защищаемых положений, подготовке статей для публикации.

Научная новизна работы заключается в разработке усовершенствования методического комплекса проведения исследований условий формирования гидрохимического режима болотных вод с позиций особенности вертикальной зональности, просматриваемой в результате анализа впервые полученных в ходе его применения данных, основанных на аналитической обработке результатов лабораторных исследований проб болотных вод, отобранных на новом качественном уровне.

Практическая значимость исследования состоит в том, что:

– разработанный комплекс для проведения гидрогеохимических исследований болот является важным этапом развития системы экологического мониторинга на заболоченных территориях и повышения его эффективности и достоверности;

– выявленные с помощью разработанного методического комплекса закономерности зонально-временных изменений химического состава болотных вод позволяют более объективно оценивать гидрогеохимические процессы, что важно при проектировании мероприятий по защите подземных вод от загрязнения в процессе добычи нефти и газа на заболоченных территориях Западной Сибири и Европейской части Российской Федерации;

– полученные с помощью разработанного методического комплекса данные позволяют более объективно оценивать характер и степень антропогенных воздействий на окружающую среду на заболоченных территориях (включая влияние одного из крупнейших в России Томского подземного водозабора).

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Разработан и апробирован методический комплекс исследования гидрогеохимических условий на болотах, представляющий совокупность

оборудования, методик его размещения, проведения гидрогеохимических наблюдений и обработки результатов полевых и лабораторных работ.

2. Выявлены закономерности зонально-временных изменений химического состава вод Тимирязевского болота, типичные для переходных болот подтаёжной зоны Западной Сибири и заключающиеся в следующем: 1) в разрезе торфяной залежи наименьшие значения минерализации болотных вод приурочены к деятельному горизонту (за счёт потребления минеральных солей в корнеобитаемом слое); 2) в течение гидрологического года максимальные концентрации главных ионов (за исключением Na^+ и K^+) наблюдаются в летнюю межень (при усилении биогеохимических процессов), максимальные концентрации микроэлементов, биогенных и органических веществ – в весеннее половодье (при увеличении поверхностного стока с прилегающих суходолов).

3. Зонально-временные изменения химического состава болотных вод в значительной степени определяются водным режимом болота. Ключевыми характеристиками водного режима является средний уровень болотных вод и амплитуда его колебаний, определяющие положение границы доступа кислорода, смены окислительно-восстановительных условий и фильтрационных свойств торфов. Влияние Томского подземного водозабора на гидрогеохимический режим Тимирязевского болота, расположенного в 50-60 м от ближайших эксплуатационных скважин, проявляется, главным образом, в увеличении амплитуды колебаний уровней болотных вод и, как следствие, в формировании полимодального профиля концентраций растворённых веществ по глубине торфяной залежи.

Достоверность защищаемых положений обеспечена использованием современных высокочувствительных аналитических методов и использованием комплексного подхода к изучению состояния гидрогеохимических условий заболоченных территорий на основе ландшафтно-геохимического, географо-гидрологического и статистических методов.

Апробация работы и публикации по теме диссертации. Результаты исследований докладывались и обсуждались в городе Томске на Международном

VIII Сибирском Форуме недропользователей и предприятий ТЭК в 2012 г. и Всероссийской научной конференции с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеологии Евразии» в 2015 г. По теме диссертации опубликовано четыре статьи, из которых три опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК России. Получено три патента.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 171 страницах основного машинописного текста и содержит 50 рисунков, 30 таблиц, список используемой литературы из 288 наименований. Общий объем диссертации – 201 страниц.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, профессору, д.г.н. О.Г. Савичеву за высокую требовательность, объективную критику и терпение при руководстве диссертационной работой, заведующей кафедры ГИГЭ к.г.-м.н. Н.В. Гусевой, профессору д.г.-м.н. С.Л. Шварцеву. Особую благодарность автор выражает директору НОЦ «Вода» к.г.-м.н. Ю. Г. Копыловой за всестороннюю помощь в проведении аналитических исследований. За выполнение лабораторных исследований автор выражает благодарность сотрудникам проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ - к.х.н. Р.Ф. Зарубиной, к.г.-м.н. А.А. Хващевской, к.г.-м.н., А.Н. Ефимовой, В.А. Шушариной, Н.И. Шердаковой, Т.Х. Шмаковой, Н.А. Мастовской, А.А. Скороходовой, начальнику научно-аналитического центра ТПУ В.А. Тарбокову, сотрудникам химической лаборатории НАЦ ТПУ – Л.А. Костиковой, М.П. Федотовой. За предоставление ценных научных и библиографических консультаций автор выражает благодарность профессору д.г.-м.н. В.К Попову, и ценные консультации профессору д.г.-м.н. Л.А. Строковой и профессору д.г.-м.н. Е.М. Дутовой, к.г.-м.н., К.И. Кузеванову, к.г.-м.н. А.Д. Назарову, к.г.-м.н. Н.Г. Наливайко, к.г.-м.н. А.Н. Никитенкову.

ГЛАВА 1. ИЗУЧЕННОСТЬ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

1.1 Краткая история исследований

Исследования болот Западно-Сибирской равнины, начатые в XIX – начале XX столетия, имели цель выявления наиболее пригодных для заселения земель. В 1950-1970 годах болотные исследования получили наиболее интенсивное развитие в связи с открытием крупных месторождений нефти и газа, а также с перспективами разработки торфяных месторождений региона Западной Сибири, а сами исследования стали важной частью научного обоснования хозяйственного освоения региона. Этот период стал определяющим в интенсификации всестороннего исследования болот и заболоченных земель Западной Сибири, выходя на уровень одного из приоритетных направлений. Решением этой задачи занимались многие известные ученые (П.А. Удодов, М.И. Нейштадт, Ю.А. Львов, С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, А.Д. Назаров, Л.А. Малик, Н.А. Караваева, Л.П. Кузнецова, В.М. Жуков, В.Н. Олюнин, Е.Л. Любимова, Л.А. Симакова, А.А. Назарова, А.Л. Ямпольский, Л.Г. Язвин, В.Л. Горова, Л.С. Потапова). Полученные в этот период результаты были обобщены в сводной монографии, изданной под редакцией М.И. Нейштадта [1977].

Непосредственно в Западной Сибири, ориентируясь на выше обозначенные задачи, проводились комплексные гидрологические, геохимические и геоэкологические исследования. В разные годы эти исследования проводились специалистами Государственного гидрологического института (ГГИ), Московского государственного университета (МГУ), Томского государственного университета (ТГУ), Томского политехнического университета (ТПУ), Сибирского ГИИ сельского хозяйства и торфа (СибНИИТ, г. Томск), Института почвоведения СО РАСХН (г. Новосибирск), Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН, г. Томск),

Института водных и экологических проблем СО РАН (ИВЭП СО РАН, г. Барнаул).

Важный вклад в исследованиях строения болот Западной Сибири и их гидрологического режима внес Государственный гидрологический институт, проводивший работы с 1958 года. Большая часть гидрогеохимических исследований этого и последующих периодов была проведена учеными Томского политехнического университета – Н.М. Рассказовым, А.Д. Назаровым, П.А. Удодовым, С.Л. Шварцевым, Т.Я. Емельяновой и другими [Основные гидрогеологические…, 1971].

С 1964 г. в центральной части Западно-Сибирской равнины проводился ряд полевых исследований, в которых принимали участие коллективы специалистов отдела гидрологии болот Западно-Сибирской экспедиции ГГИ под руководством начальников экспедиций: С.М. Новикова в 1964 г., А.П. Богородицкого в 1965-1968 гг., Ю.П. Азария в 1969-1974 гг. Научное руководство экспедиционными исследованиями осуществлялось доктором географических наук, профессором К.Е. Ивановым и кандидатом технических наук С.М. Новиковым. С 1965 года велась разработка программ Западно-Сибирской экспедиции ГГИ, проведение полевых изысканий и лабораторных исследований, а также обсуждение полученных результатов проводимое в сотрудничестве с отраслевыми предприятиями Миннефтепрома [Болота Западной Сибири…, 1976]. В состав исследований входило изучение морфологии и типологии болот, строения торфяной залежи, наблюдения за уровенным режимом болотных вод, водоотдачей торфяной залежи, режимом стока с болот и малых речных водосборов, метеорологическими условиями, термическим режимом, испарением и радиационным балансом.

Важная составляющая в изучении химического состава болотных вод относится к проводимым Росгидрометом (ранее Госкомгидромет СССР) стационарным наблюдениям за химическим составом болотных вод на сети специализированных болотных станций. Эти наблюдения выполняются на болотных массивах основных болотных провинций России. Заложенные и

оборудованные экспедицией ГГИ болотные станции, речные посты наблюдений и гидрометеорологические площадки, после завершения экспедиционных полевых работ, перешли в ведение местных подразделений Гидрометеорологической службы. Они до настоящего времени продолжают начатые наблюдения по стандартным программам, проводимым в соответствии со специально разработанными для этой цели Наставлениями Гидрометслужбы.

Помимо болотных станций и постов Гидрометслужбы, на территории Западно-Сибирской равнины, работает и ряд стационаров других ведомств, в рамках которых, в той или иной мере, ведутся комплексные работы по изучению болот. Так, учреждениями Академии наук СССР в 1960 г открыт Томский стационар в Тимирязевском районе Томской области, где проводились работы по изучению свойств торфов, условий происходящих водообменных процессов. Особое внимание уделялось проведению экспериментальных работ, направленных на совершенствования методов мелиорации заболоченных территорий. В частности, эти работы коснулись площади Чагинского болота, в результате чего, значительная его часть была осушена (Чагинское болото расположено вблизи объекта исследования).

В настоящее время проблема изучения болот сопряжена с необходимостью более тесной интеграции гидрогеологических, гидрологических, гидрогеохимических, геоэкологических и геоботанических методов исследований. В связи с этим следует отметить то, что в последние годы всё большее внимание уделяется изучению связей между болотными, подземными и речными водами в формировании водного и гидрогеохимического режима, общего эколого-геохимического состояния водосборных территорий. Ниже более подробно рассмотрены основные результаты отдельных видов исследований болот.

1.2 Изученность водного режима болот

Гидрогеохимические условия неразрывно связаны с водообменом [Алёкин, 1970; Шварцев, 1998]. В случае болот, условия водообмена наиболее близки к соответствующим условиям подземного стока [Иванов, 1975; Болота Западной Сибири…, 1976], под которыми, согласно [Всеволожский, 1991; Куделин, 1960, 1972; Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика, 1983], понимаются процессы движения гравитационных вод в зоне насыщения. Водообмен в этом смысле представляет собой элемент круговорота воды в природе, связанный с комплексом климатических, геологических, гидрогеологических, геоморфологических, гидрологических и антропогенных условий. На основании этого, многие методы, применяемые в изучении подземного стока, находят место в подходах изучения гидрологического режима болот.

При изучении подземного стока обычно используют следующие методы:

1) гидролого-гидрогеологический метод основанный на расчленении гидрографов общего речного стока;

2) гидрометрический метод базирующийся на измерениях уровней подземных вод и проведении лизиметрических наблюдений, расходов речных вод в меженный период, оценках подземного стока косвенными способами;

3) гидрохимический метод основанный на анализе элементов гидрохимического баланса в среднем для многолетнего периода (включает разновидности обусловленные использованием разных индикаторов, в том числе и радиоактивные изотопы);

4) аналитический метод основанный на подходе аналитического или численного решения уравнений баланса вещества и энергии в виде систем дифференциальных или алгебраических уравнений движения подземных вод [Куделин, 1960, 1972; Бочевер и др., 1965; Попов, 1968; Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика, 1983].

Аналитические решений в гидрогеологической литературе часто соотносят с «гидродинамическим методом», а численные – с «математическим

моделированием», хотя, по мнению О.Г. Савичева [2005], оба способа решения являются лишь разными реализациями одного метода – математического моделирования.

Перечисленные методы фактически представляют разные стороны одного способа – определения баланса вещества и энергии, а их выделение отражает, преимущественно, историю развития гидрогеологии и гидрологии. Вкратце рассмотрим возможность использования этих методов применительно к изучению болот.

Гидролого-гидрогеологический метод наиболее полно обоснован в работах Куделина [1962, 1970], однако его использование возможно в основном при наличии выраженного руслового потока, что встречается далеко не всегда. Кроме того, вследствие относительно интенсивного водно-минерального питания, немаловажную роль в изучении подземного стока оказывает влияние болот, часто расположенных в прибрежной части речной долины, обычно это болота евтрофного типа. Соответственно, гидролого-гидрогеологический метод целесообразно применять для изучения водообмена либо больших болотных массивов с комплексом разных видов внутриболотных экосистем, либо евтрофных (низинных) болот. В качестве одного из последних примеров использования этого метода, можно привести работы Ю.А. Харанжевской [2011], в которых рассматриваемый выше метод направлен на изучение подземного стока в бассейне реки Чая (левый приток Оби).

Точность и надёжность оценок, полученных прочими методами (включая гидрометрический, основанный на наблюдениях за уровенным режимом подземных вод) в значительной мере обусловлена объективностью схематизации гидрогеологических условий, а также распространением локальных оценок гидродинамических и иных параметров на всё болото. Причём чем выше репрезентативность значений получаемых рядов, часто связанных с возможностью сгущения наблюдательной сети, тем выше достоверность результатов оценки водного режима. С учётом этого использование практически всех методов сопряжено с возможными ошибками, возрастающими с

увеличением площади болота. Тем не менее следует отметить, что наиболее значительные результаты в изучении водного стока и режима болот Западной Сибири А.Д. Дубах [1940], К.Е. Ивановым, С.М. Новиковым и соавторами [Иванов, 1853, 1975; Новиков, 1963, 1964; Болота Западной Сибири…, 1976; Гидрология заболоченных…, 2009] были получены преимущественно на основе применяемых разновидностей гидрометрического метода. При этом указанными авторами широко используется подход, в соответствии с которым в торфяной залежи выделяются деятельный и инертный горизонты [Иванов, 1975]. В своих работах С.М. Маслов определяет их как «торфяная почва» и «торфогенная порода» соответственно. Термин «торфяная почва» в обозначении деятельного горизонта также используется в работах Л.И. Инишевой. Деятельный горизонт, обычно составляющий 0,2–0,7 м, характеризуется сезонным изменением уровней болотных вод в течение гидрологического года, соответственно характеризующих, режим доступа кислорода активизирующего протекание окислительных реакций приводящих к созданию уникальных условий гумификации этого горизонта. К этому горизонту в целом приурочена и корневая зона болотной растительности. Поверхность и верхняя часть деятельного горизонта с рядом оговорок наиболее близка к понятию «зона аэрации», используемому в гидрогеологии. Однако основная часть деятельного горизонта, характеризуется достаточно высоким влагосодержанием и относительно инертному горизонту высокими фильтрационными свойствами, в большей степени соответствует зоне насыщения. Именно к деятельному горизонту, согласно К.Е. Иванову [1975], и приурочена основная часть водного стока с болота и внутри него. Нижерасположенный инертный слой, с учётом гидрогеологической терминологии, больше всего соответствует зоне замедленного водообмена и характеризуется незначительными коэффициентами фильтрации.

Существенный вклад в изучение водного стока и гидрологического режима болот внесли такие ученные как: Б.С. Маслов [1970, 2007] – один из крупнейших отечественных специалистов в области мелиорации торфяных болот;

Ф.З. Глебов [1988], занимавшийся внедрением и обоснованием радиоизотопных методов в болотной гидрологии; Е.А. Романова [1960, 1961] и Л.И. Усова [2007], выполнившие ряд крупных работ, в том числе используя методы фитоиндикации в болотной гидрологии.

Следует упомянуть, что с учетом выделения горизонтов слагающих торфяную залежь, И.Д. Богдановской – Гиенэф [1948] был сделан вывод о том, что даже в самих водопроводящих горизонтах вода движется в торфе не сплошным фронтом, а отдельными струями. Результаты наблюдений В.М. Матюшенко свидетельствуют о просачивании воды из стен шурфов выходящей интенсивными, отдельными мелкими струйками. Так, например, де Лонэ [de Launay, 1922] отмечает, что вода пористых грунтов, циркулирует в виде настоящих подземных ручьев, а не в виде сети капилляров, обволакивающих всю массу, как долгое время полагали [Барановский, 2006].

Установлено, что движение воды происходит во многих случаях по морфологически дифференцированной системе строения торфа с учетом морфометрических особенностей поверхности болота, образуя тем самым поверхностные водотоки и внутризалежные водные жилы, играющие значительную роль при продвижении воды. Из факта существования в торфянике обособленной водопроводящей системы можно сделать вывод – фильтрация не является единственным способом движения воды в торфяной залежи. Но и недооценивать ее значение нельзя: вода путем фильтрации поступает из торфяников в ближайшие озера, озерки и речки, погребенные и поверхностные. Уменьшение водного потока в низовьях речек происходит также благодаря фильтрации. В тех частях массива, где водные жилы и тесно связанные с ними озерки отсутствуют, а речная сеть слабо развита, движение воды происходит, исключительно путем фильтрации. Хорошо согласующиеся между собой результаты опытов и наблюдений Мальмстрема (Malmstrom) [1923], А.Д. Брудастова [1925] и Я.Я. Гетманова [1928] показали, что большой фильтрационной способностью обладают не все виды торфа [В.И. Барановский, 2006]. Водопроводящими являются главным образом плохо разложившиеся

торфа: сфагновый, гипновый, осоковый, тростниковый, а также пнистые горизонты [Гетманов, 1928].

Фильтрационное движение воды в верховых торфяниках происходит главным образом в неразложившемся сфагновом торфе, преимущественно в слое, залегающем над среднеразложившимся магелланикум, или шейхцериевым торфом, отчасти поверхностном. Значительную роль в проведении воды играют мало разложившиеся прослойки между более гумифицированными слоями. Самодвижение воды может с течением времени несколько понизить степень разложения торфа, так как вода уносит часть гуминовых веществ в растворенном виде и, вероятно, также в виде тонкой взвешенной мути. Возможно, что низкая степень разложения (10%) водопроводящей прослойки у визиры представляет до некоторой степени вторичное явление, хотя, она с самого момента своего образования должна была отличаться несколько меньшей гумифицированностью по сравнению с залегающим ниже торфом [Барановский, 2006].

1.3 Изученность химического состава торфов

Изучение химического состава болотных вод и свойств, которыми они обладают невозможно без анализа условий среды их формирования, в том числе условий торфообразования и физико-химических свойств торфов. Формирование торфа определяется функционированием болотного фитоценоза и условиями трансформации органического вещества в торфяной залежи. Формирование торфа происходит в процессе увеличения дефицита доступа кислорода в условиях минимизации выноса продуктов разложения растительных остатков. Интенсивность трансформации торфов деятельного горизонта зависит от условий водного питания и климатических условий, оказывающих значительное влияние на состояние болотного фитоценоза, определяющего, особенности водного и термического режима торфяной залежи, условия накопления веществ в болотных водах.

Торф имеет сложный химический состав, который определяется условиями генезиса, химическим составом растений-торфообразователей и степенью разложения торфа. Среднее содержание элементов торфа (на массу сухого торфа): углерод – 50–60%; кислород – 30–40%; водород – 5–6,5%, сера – 0,1–1,5 %; азот – 1–3%. Средний состав органического вещества торфа характеризуется содержанием водорастворимых веществ в размере 1–5%, битумов – 2–10%, легкогидролизуемых соединений – 20–40%, целлюлозы – 4–10%, гуминовых кислот – 15–50%, лигнина – 5–20% [Болота Западной Сибири…, 1976].

Классификация торфов основывается на дифференциации растений-торфообразователей (по степени преобладания их сообществ), с учетом выделения основных гидролого-геоботанических обстановок. На основании этого подхода предложена классификация торфяной залежи в соответствии которой выделяют низинный, переходный, смешанный и верховой типы, лесной, лесо-топяной и топяной подтипы и ряд видов: ольховый; березовый; еловый и др. [Торфяные месторождения и их разведка, 1977].

Несколько сложнее обстоит вопрос с классификацией болот в целом по причине того, что до сих пор нет единой согласованной позиции специалистов разных областей соприкосновения, в специфических вопросах касающихся понимания болота как компонента окружающей среды. Так, почвоведы рассматривают болото как специфический почвенный объект, геоботаники – как лесное угодье или фитоценозы, геологи – как геологический объект, гидрологи – как поверхностный водный объект, а болотные воды – как поверхностные воды, гидрогеологи традиционно оценивают болотные воды – как подземные (причем торфяное болото – как специфические условия в зоне аэрации) [Березин, Базанов, Савичев, 2005].

1.4 Гидрохимическая изученность болот

Непосредственно изучением химического состава болотных вод и торфов Западной Сибири в разное время плодотворно занимались А.Д. Дубах [1940], В.Н. Ефимов [1986], Л.И. Инишева и соавторы [1983, 1985, 1992, 1995, 1996, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2009, 2010, 2013], В.К. Бахнов [2002], В.К. Бернатонис и соавторы [1991, 2012, 2013], В.С. Архипов и соавторов [2002, 2011, 2013], Е.Г. Нечаева [1981, 1985], С.Л. Шварцев[1998, 2002, 2006, 2007 2012] , Н.М. Рассказов и соавторы [1969, 1971, 1975, 2001,2002], О.Г. Савичев [2002, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015], О.Л. Лисс и соавторы [2001], Д.В. Московченко [2006, 2010], Ю.А. Харанжевская [2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2015], М.А. Здвижков [2001, 2002, 2003, 2004, 2012], Е.Э. Езупенок [2003, 2004], В.А. Базанов [2003, 2004, 2010, 2011] и другие. Также следует отметить, что только в последние 10-12 лет по соответствующим темам (или тесно с ними связанным) применительно к болотам Западной Сибири и прилегающей территории были защищены докторские диссертации А.И. Сысо [2004] и Д.В. Московченко [2010], кандидатские диссертационные работы М.А. Здвижковым [2005], Е.Э. Езупёнок [2005], А.М. Межибор [2009], Ю.А. Харажевской [2011], О.А. Камневой [2012], Р.М. Манасыповым [2013], И.С. Ивановой [2013], О.С. Наймушиной [2014], Д.А. Селивановой [2015], Т.С. Большуновой [2015].

В работах указанных авторов выполнено обобщение гидрогеохимических материалов по болотам разных природных зон, типу торфяной залежи, геоморфологическим условиям и ряду других показателей, причём во многих случаях гидрохимические исследования имели подчинённый характер и выполнялись в рамках обоснования тех или иных аспектов формирования торфов, болотных экосистем и т.д. В частности, по мнению В.Н. Ефимова [1986], в процессах развития, формирования болот и изменении их экологического состояния большое значение имеет химический режим вод в торфяной залежи. Ионный состав почвенно-грунтовых вод верховых, переходных и низинных

торфяников, химический состав и свойства торфяных почв свидетельствуют о влиянии физико–химических свойств воды в формировании единого генетического ряда торфяных почв [Ефимов, 1986].

Вопросы в изучении факторов и условий формирования химического состава болотных вод начинает просматриваться с тридцатых годов прошлого века, в тот период, когда А.А. Бронзовым проводились исследования по выявлению связи между химическим составом вод и типом болота. В этот период сделан вывод о том, что характер болотной растительности, в целом соответствует водно-минеральному питанию и косвенно связан с минеральным составом постилающего грунта. Более детально это положение охарактеризовано в публикациях С.Л. Шварцева [1998, 2002], Н.М. Рассказова [1969, 2005], К.И. Лукашева [1970], В.А. Ковалёва [1974], А.Л. Жуховицкой [1974], М.И. Нейштадта [1939] и ряда других авторов. Химический состав болотных вод, по мнению Н.М. Рассказова [1975], формируется в геохимической обстановке, влияние которой на этот сложный процесс изучено недостаточно. Это относится, в частности, к взаимосвязи между концентрацией основных химических элементов в торфах и болотных водах. В результате проводимых исследований выделяются взаимосвязанные процессы между гидрогеохимической средой и условиями болотного минералообразования. К сожалению, этот вопрос изучен недостаточно [Рассказов, 1969].

Следует отметить, что торфяные воды по минерализации значительно отличаются от вод, стекающих с болота и вод поступающих в него в виде осадков и поверхностным стоком. Это определят свойства болота как естественного реактора, в котором ионообменные процессы протекают в основном в кислой среде, так как водородный показатель кислотности (pH) большинства природных вод меньше 7.

Изучение химического состава торфов и питающих торфяник вод показало, что критерием для определения типа минерального питания болота может быть содержание в болотных водах кальция, магния, железа и гидрокарбоната. Их содержание в водах и торфах уменьшается по мере перехода

от низинных торфяников к верховым [Пичугин, 1947, 1958]. Ряд исследователей работавших в этом направлении считают, что главная роль в определении минерального питания принадлежит кальцию. Зависимость между формирующимся типом торфа от содержания в нем кальция было отмечено М. Флейшером [Fleicher M., 19220]. М.Н. Никонов [1956, 1960] считает, что кальций, снижает почвенную кислотность и его следует рассматривать как регулятор торфообразовательного процесса. Количество сульфатов, хлоридов, кремнезема в болотных водах каждого типа торфяника очень непостоянно, поэтому их нельзя принимать за основу при определении типа минерального питания.

Изучение условий формирования химического состава болотных вод по типам болот является одним из важных направлений. С этой позиции были проведены исчерпывающие исследования в геохимии вод различных типов болот. Результаты полученные исследователями в разные периоды времени, позволили обобщить результаты проводимых исследований и сделать вывод о том, что воды типичной низинной торфяной почвы имеют слабокислую и даже нейтральную реакцию при минерализации около 136 мг/л, при pH 6.1 – 7.2. В составе катионов преобладает кальций, железо, а затем магний. Среди анионов доминирует HCO_3^-, на втором месте SO_4^{2-}. Содержание других ионов очень невелико. Воды имеют гидрокарбонатно – кальциевый состав. Содержание таких важных биогенных ионов как K^+, $H_2PO_4^-$, являющихся элементами питания, в этих водах незначительное причем содержание нитратного иона значительно больше, чем в водах верховых и переходных болот. Содержание и годовая динамика ионного состава просматривается незначительно за счет усиления потребления таких важных биогенных ионов как K^+, NH_4^+, NO_3^- и $H_2PO_4^-$, живыми растениями в период вегетации, их содержание уменьшается от весны к лету [Ефимов, 1986].

Обобщение данных о химическом составе вод переходных болот показало, что эти воды характеризуются более кислой реакцией по сравнению с водами низинных болот. Их минерализация составляет ориентировочно 31 мг/л при pH 4.4–5.7. В составе катионов преобладает кальций. Второе место среди катионов занимает Fe^{2+}, Fe^{3+}. Этим отличается катионный состав вод переходного болота от

вод верхового болота. Повышенное содержание железа в почвенно-грунтовых водах переходного болота обычно связывают с привносом его в ионной форме грунтовыми водами из суходолов. Грунтовые воды поступающие в болота с окружающих его суходолов, подпитывают болото и содержат меньше железа, чем сами болотные воды. Повышенная концентрация железа в болотных водах и торфах объясняется высвобождением железа при разрушении делювиального наноса в профиле торфяной почвы, имеющей в своём составе железосодержащие минералы. Значительная часть железа высвобождается из оглеенных подстилающих минеральных пород при воздействии на них органических кислот [Лукашев, 1970].

В маломощных торфяниках восстановленное в минеральном слое железо, может легко подтягиваться к верхнему аэрированному слою почвы, окисляться и осаждаться в нём. В составе анионов вод преобладают HCO_3^- в следствии того, что концентрация ионов водорода уменьшается по сравнению с водами верхового болота, на втором месте SO_4^{2-}. Содержание ионов К , NH_4^+, NO_3^- и $H_2PO_4^-$ столь же мало, как и в водах верхового болота [Ефимов, 1986].

Воды верховых болот, характеризуются ионным составом определяющим их минерализацию: анионы гидрокарбонатные HCO_3^-, сульфатные SO_4^{2-}, хлоридные Cl^- и катионы кальция Ca^{2+}, магния Mg^{2+}, натрия Na^+, калия K^+.

П.П. Воронков [1951, 1963] установил, что минерализация почвенно-грунтовых вод верховых торфяников очень незначительна (4–5 мг/л). В составе катионов в водах преобладает Ca^{2+}, а из анионов – SO_4^{2-}; источником минеральных веществ в них являются атмосферные осадки, содержащие ионы SO_4^{2-} и Cl^-, и сам торф. Высокая концентрация ионов водорода связана с содержанием органических кислот [Перельман, 1982].

Содержание в водах ионов биогенных веществ, определяет жизнедеятельность водных организмов, но эти вещества мало влияют на минерализацию воды, это – нитратные NO_3^-, нитритные NO_2^-, ионы аммония NH_4^+, ионы фосфорной кислоты $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-}, ионы кремниевой кислоты $HSiO_3^-$, SiO_3^{2-}, ионы железа Fe^{2+}, Fe^{3+} и др.

Неоднозначное изменение концентраций элементов химического состава в вертикальном разрезе торфяной залежи, также характерное для большинства изученных веществ (NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, PO_4^{3-}, Br^-, Co, Mn, Sr, Zn, Cu, Ba, Ni, F^-, Li, ФК) отмечается в ряде работ. Полученные результаты проводимых исследований сводятся к выводу, что подобное изменение рассматриваемых элементов связанно с атмогенным химическим загрязнением и изменениями уровенного режима подземных вод [Бахнов, 2001; Межибор, 2009].

Важным условием формирования уровня содержания обозначенных элементов в болотных водах является процесс взаимодействия рассматриваемых вод с взаимодействующими с ними торфами, определяя тем самым процессы болотообразования в условиях избыточного увлажнения, низкой теплообеспеченности и слабой дренируемости [Савичев, 2012].

В катионном составе болотных вод, при небольшой концентрации ионов магния, преобладают ионы кальция. Увеличение минерализации болотной воды происходит за счет высвобождения большей частью сульфат-ионов SO_4^{2-}, ионов кальция Ca^{2+}, магния Mg^{2+} и реже гидрокарбонатов HCO_3^- в результате условий повышения интенсивности минерализации торфа. Сульфиты накапливаются в болотной воде при окислении органических веществ торфа и сульфидных минералов железа в результате расширения зоны аэрации торфа, в условиях увеличения границ доступа кислорода вызванного значительным увеличением амплитуды колебания болотных вод [Савичев, 2012].

Повышение в болотных водах ионов кальция и магния связано с их выносом при минерализации торфа, в котором они содержались преимущественно в ионной форме. Как атмосферные, так и почвенно-грунтовые воды верховых болот характеризуются кислой реакцией (pH 4.6 – 4.2).

Общая минерализация торфяных вод уменьшается от низинных болот к верховым. Верховые болота имеют кислую реакцию среды. Содержание иона HCO_3^- в болотных водах при pH меньше 4 крайне незначительна вследствие высокой концентрации ионов водорода, следовательно, и малой диссоциации H_2CO_3 [Ефимов, 1986].

Внешние факторы миграции в основном включают химическую обстановку среды миграции. Значительно меньшее значение на поверхности земной коры имеет температура, изменяющаяся в незначительных пределах. Химическая обстановка гипергенной миграции элементов в первую очередь определяется значениями водородного показателя (pH) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh) среды миграции [Геохимическая характеристика вод…, 1974].

Максимальная кислотность (5-3) свойственна водам торфяников, обогащённым органическими кислотами. В условиях низких значений pH значительно увеличиваются растворимость и миграционная способность металлов. Таким образом, аномально кислые воды помимо непосредственного отрицательного влияния на растительность и животный мир транспортируют в повышенном количестве многие металлы, неблагоприятно влияющие на развитие биосферы. Например, такие катионы как Co^{3+}, Cr^{3+}, Bi^{3+}, Sn^{2+}, Th^{4+}, Zr^{4+}, Sb^{3+}, Sc^{3+}, переносятся только в весьма кислых растворах, не свойственных зоне гипергенеза, и легко осаждаются при повышении их щёлочности. Из этого следует, что переносу большинства микроэлементов, наиболее благоприятны кислые и слабокислые природные воды с pH меньше 6 [Геохимическая характеристика вод, 1974].

В восстановительной обстановке болотного режима железо может присутствовать и мигрировать в закисной форме, соединение которой более растворимы, чем соединения Fe^{3+}. Например, при впадении кислых болотных вод в относительно обогащённые кислородом речные воды происходит резкое понижение их кислотности и резкое повышение окислительного потенциала раствора. В результате этого, Fe^{2+} - ион переходит в Fe^{3+} - ион, что способствует осаждению гидроокиси трёхвалентного железа [Геохимия окружающей среды…, 1976].

Изучение окислительно-восстановительных потенциалов среды миграции объясняет формы переноса микроэлементов и позволяет делать обоснованные выводы о возможности переноса или осаждения тех или иных металлов в

конкретных геохимических условиях. Окислительно-восстановительные потенциалы химических реакций находятся в тесной зависимости от pH водного раствора и заметно изменяются при его изменении. Это объясняется ведущей ролью в окислительно-восстановительных реакциях концентрации ионов водорода и OH^-, определяющих pH растворов. Многие окислительно-восстановительные реакции, идущие в сторону окисления катиона, требуют значительно меньшего Eh в щелочных условиях [Перельман, 1982].

Таким образом, торфяная залежь является многокомпонентной системой, где одновременно протекают реакции окисления и восстановления разной природы и с разными скоростями в системе торфяная залежь – болотные воды.

Изученность органических веществ, входящих в химический состав природных вод, в целом значительно хуже по сравнению с минеральной частью [Геохимия окружающей среды, 1976]. В качестве исключения можно отметить работу С.Л. Шварцева и соавторов [2012], посвященную анализу состава органических веществ в болотных водах в бассейне Томи. Для количественной характеристики вещества пользуются косвенными показателями, такими как содержание углерода, окисляемость и биохимическое потребление кислорода (БПК). Наибольшие их содержание отмечается в болотных водах и реках с болотным питанием (до 50 мг/л). Вывод органических веществ из воды осуществляется в результате химических и биохимических процессов, а так же адсорбции взвесями. Органические вещества, растворённые в воде, связывают многие микроэлементы в хорошо растворимые комплексы, чем значительно увеличивают их миграционную способность [Геохимия окружающей среды, 1976].

Сток органического вещества с болотных массивов определяется в частности от накопления в почве и содержания в ней органического вещества – гумуса, образующегося только в процессе почвообразования путём сложного превращения растительных остатков под влиянием микроорганизмов и животных, обитающих в почве. По расчётам С.Л. Шварцева [1978], в подземном химическом стоке ведущее значение имеет «биогенная составляющая», т.е. разложение

растительных остатков в почве. Следовательно, в болотных ландшафтах – со специфичным растительным покровом, главным источником формирования химического состава поверхностных и грунтовых вод является та среда, где наиболее энергично идёт разложение растительных остатков – почва, откуда ионы поступают в воду [Глебов, 1988].

В состав гумуса входят сложные молекулярные соединения, важное значение среди которых имеют фульво- и гуминовые кислоты. Фульвокислоты образуют комплексные элементоорганические соединения с трёхвалентными металлами. В процессе почвообразования происходит интенсивное воздействие фульвокислот на соединения торфяных почв приводящие к торфообразующим процессам. Высвободившиеся при этом катионы образуют с фульвокислотами комплексные соединения – фульваты, большая часть которых хорошо растворяется в воде или слабых растворах кислот и легко вымывается почвенными водами. Гуминовые кислоты не растворяются в воде но растворимы в щелочной среде. Известны гуматы меди, железа, никеля и др. элементов [Глебов, 1988].

Обстоятельные исследования почвенных процессов на торфяных почвах и влияние почвенных растворов на водные ресурсы, выполнены И.Н. Скрынниковой [1961], В.Н. Ефимовым [1980], И.М. Емельяновой [1982], В.А. Шаманаевым и др. По мнению Л.И. Инишевой [2006], верхний метровый горизонт профиля торфяных почв правильнее рассматривать как часть почвенного профиля современной стадии почвообразования с более активными биохимическими процессами. Но и нижележащие горизонты также биохимически активны.

Таким образом, биохимические процессы в глубине торфяного профиля, безусловно, проявляются но происходит изменение качественных характеристик биохимической активности. Высказанная точка зрения подтверждается изменением химического состава торфов по профилю торфяных почв. Так констатируется, что с глубиной в одних и тех же видах торфов снижается содержание водорастворимых и легкогидролизуемых веществ, а содержание

гуминовых кислот увеличивается. Эти явления не могут быть случайными, так как образование последних происходит за счет процессов превращения некоторых компонентов легкогидролизуемых веществ. Это еще раз подчеркивает, что процессы изменения химического состава торфообразователей в анаэробном слое не прекращаются. В глубине залежи вместо микробиологических процессов аэробного характера (в основном гидролиз) продолжают развиваться другие биохимические процессы, способствующие трансформации органических веществ в направлении гумификации [Бахнов, 1986].

Естественный гидрохимический и водобалансовый (гидрологический) режим болотных вод характеризует процесс развития и условия формирования гидрохимического состава болот.

Несмотря на обозначенную связь химического состава болотных вод и водовмещающей её торфяной залежи, вопрос изученности изменений химического состава этих вод по глубине залежи и во времени, зависит от неоднородности распространения видового состава, слагающего торфяную залежь, и в настоящее время остаётся недостаточно исследованными. Не смотря на то, что многие исследователи придерживаются этой точки зрения, и разрабатывают теоретическую базу отражающую эти взгляды, для их однозначного доказательства, на данный момент, не хватает надёжных экспериментальных методов исследования. И здесь, по мнению Н.М.Рассказова, причина в недостатке разнообразия методов, с помощью которых необходимо проводить исследования столь сложных, обусловленных трудностями исследований, процессов объясняющих механизм обогащения болотных вод различными органическими соединениями под воздействием остатков растений, торфов, атмосферных осадков, почв, горных пород, поверхностных и подземных вод.

Еще одним из важных направлений является изучение особенностей формирования химического состава болотных вод, с учётом региональных зависимостей определяющихся сочетанием ряда природных и антропогенных факторов. В работах С.Н. Тюремнова [1949], Н.Я. Каца [1948, 1958], М.Н.

Никонова [1960], В.В. Романова [1953] показано, что положение болот и заболоченных территорий определяются географическими закономерностями. Подобное распределение болот характеризуется широтной и меридиальной зональностью. Н.Я. Кац считает, что это связано с изменением климата в пределах страны, соотношением количества осадков и величиной испарения влаги на различных территориях.

Проведенные исследования установили, что химический состав торфов и болотных вод определяется географическим и геоморфологическим положением болота. Особенно это проявляется на верховых болотах атмосферного типа питания, минерализация болотных вод увеличивается с севера на юг России. Это связано с возрастанием минерализации атмосферных осадков и усилием процессов разложения самого торфа в данном направлении.

Проведенными в 1964 г. В.М. Дроздовой исследованиями установлено, что минерализация атмосферных осадков в европейской части РФ возрастает с СЗ (10 – 15 мг/л) на ЮВ (до 25 мг/л). По этому даже на верховых торфяниках, где приток грунтовых вод исключен, минерализация болотных вод возрастает от 4 – 14 мг/л в Ленинградской области и до 26 – 44 мг/л в Калининской и Московских областях [Тюремнов, Ларгин, 1966]. Подобное влияние атмосферных осадков объясняется интенсивным массообменном между водными объектами, сушей и воздушными массами, происходящими в атмосферной среде. Механизм этого влияния исключительно сложен и многообразен, но без его понимания невозможно объективно оценить причины, определяющие эколого-геохимическое состояние поверхностных водных объектов, что обусловливает актуальность соответствующих атмогеохимических исследований.

В формировании гидрохимического режима болот имеет место влияние климатических условий, геоморфологического и геологического строения территории, почвы и растительности. Климатический фактор является основным. Получены результаты исследований свидетельствующие о значительном влияние геоморфологических и морфометрических условий. К этим условиям относится наличие понижений в рельефе на обширных плоских водоразделах,

затрудняющих сток с территории, что усиливает значения климатического фактора.

Атмосферные воды, попав на поверхность болота, не только участвуют в формировании профиля торфяной почвы, но и сами претерпевают значительную трансформацию в связи с разрушением осажденных минералов атмосферной пыли и биогенностью почв. [Межибор, 2009; Савичев. 2012].

А.Ф. Цыганенко [1962] впервые предпринял попытку уточнения ионного баланса на примере верхового болота. Сопоставив химический состав атмосферных осадков, болотных вод, болотного озера и реки Сестры, было установлено, что из верхового торфяника ионы кальция и магния выносятся в больших количествах, чем поступают с атмосферными осадками. Дополнительный источник этих элементов, по мнению А.Ф. Цыганенко, заключен в атмосферной пыли, попадающей на поверхность болота не с дождями и снегом, а в твердом состоянии и растворяющейся в кислых водах болота. Литературные источники, по химическому составу болотных вод, приводят однолетние данные, тогда как для более полного выявления закономерностей формирования химизма болотных вод и для балансовых расчетов необходимы многолетние наблюдения. В течение шести лет им исследовался химизм вод ряда торфяных почв Ленинградской области. Вода на анализ отбиралась на площадках в центре болота из скважин и оборудованных прикопок по сезонам года в середине мая, июля и октября. [Ефимов, Ефимова, 1972, 1973].

Применяемый комплекс стационарных наблюдений за химическим составом болотных вод на сети специализированных болотных станций Росгидромета проводимый по гидрологическим, метеорологическим, гидрофизическим и гидрохимическим наблюдениям и исследованиям позволил рассмотреть формирование химического состава болотных вод и вынос органических и минеральных компонентов в неразрывной связи с элементами гидрологического и метеорологического режимов болотного массива. По проводимым исследованиям установлено, что основным источником поступления минеральных компонентов в воды олиготрофных и частично мезотрофных болот

являются атмосферные осадки. Сезонное содержание ионов в болотной воде близко к их содержанию в атмосферных осадках [Михайлов, 1991]. Величина общей минерализации вод верховых болот незначительна, весьма близка к минерализации атмосферных осадков района и составляет в среднем 8 – 14 мг/л [Перельман, 1982]. Однако мнения ученых занимающихся этим вопросом не всегда однозначны.

Особенность формирования химического состава болотных вод, в соответствии с данными С.Н. Тюремнова и И.Ф. Ларгина [1966] может проявляться не только на уровне региональных зависимостей, определяющихся сочетанием ряда природных и антропогенных факторов но и в пределах одного болота, где возможно проявление неоднородности химического состава вод даже в пределах одного верхового торфяника. В связи с тем, что интенсивность процессов разложения торфа на верховом болоте возрастает от центра к окраинам, это приводит к увеличению минерализации почвенно-грунтовых вод в этом направлении. Общая минерализация и химический состав вод низинных болот формируются под влиянием почвенно-грунтовых вод элювиальных ландшафтов.

Кроме внешних условий обуславливающих формирования химического состава вод, отмечается возможность разнозонального строения торфяников, создающих оптимально возможную среду формирования дополнительных условий развития геохимических барьеров, обусловливающих химический состав болотных вод [В.Н. Ефимов, 1986]. Так как химический состав болотных вод в решающей степени зависит от типа торфяной залежи и слагающих ее видов торфов, то вода, входящая в состав торфяной залежи представляет собой сложный по составу раствор высокомолекулярного органического и минерального вещества в коллоидном, молекулярном и ионном состоянии.

Исследования этого вопроса показали, что болотные воды, особенно деятельного горизонта, представляют собой коллоидную систему, которая в первый наиболее длительный период своего формирования развивается в состоянии золя. В этот период дисперсионная среда явно преобладает над

дисперсионной фазой. В дальнейшем под влиянием протекающих различных процессов, коллоидная система переходит в состояние геля что, по сути, является завершающим этапом формирования генетически самостоятельной прослойкой видового торфяного слоя входящего в стратиграфическое строение торфяной залежи [Зайдельман, 1994].

По результатам проводимых в последние годы в Томском политехническом университете исследований, целью которых было изучение изменение ионного состава болотных вод в разрезе торфяной залежи, было сделано подтверждение того, что границы торфов различного видового состава, слагающих торфяную залежь, имеют различные фильтрационные свойства (барьерные прослойки). Подобные межвидовые горизонты (слои) различных фильтрационных свойств имеют относительно не большую толщину (мощность), но достаточную для ограничения интенсивности водообменных процессов [Савичев, 2015; Шмаков 2014, 2015].

Сам вопрос функционирования природных барьеров раскрыт в значительной мере в работах А.И. Перельмана [1982] и многих других, однако проявление их как механизма участвующего в процессе выстраивания многослойной структуры торфяной залежи и как фактора, влияющего на полимодальность химического состава болотных вод, до настоящего времени остается открыт для дальнейших исследований.

Краткие выводы по главе. Болота являются важным индикатором общего состояния водосборных территорий и характеризуют природно-антропогенные изменения гидрогеологических и гидрогеохимических условий в целом. Это определяет актуальность исследований болот, в рамках которых достигнуты значительные успехи, в том числе и в гидрогеохимии и геоэкологии болот благодаря работам М.И. Нейштадта [1939, 1977], Н.И. Пьявченко [1963, 1965, 1980, 1985], О.Л. Лисс и соавторов [2001], В.К. Бахнова [2002], В.Н. Ефимова [1986], С.Л. Шварцева [2006], Н.М. Рассказова и соавторами [1963, 1975, 2001], Л.И. Инишевой [2000], О.Г. Савичева [2008, 2010, 2015]. Д.В.

Млосковченко [2006] и многих других. Результаты наиболее крупных болотных исследований в Западной Сибири изложены в [Болота Западной Сибири…, 1976; Болотные системы…, 2001; Большое Васюганское…, 2002; Васюганское болото…, 2003; Гидрология заболоченных…, 2009].

Тем не менее, многие вопросы сопряженные, например, с изучением закономерностей изменения химического состава болотных вод по глубине торфяной залежи и во времени (как внутри года, так и в многолетнем разрезе) остались недостаточно полно раскрыты, что негативно сказывается на достоверности оценок состояния болот и подземных вод, гидравлически связанных с болотными экосистемами. В значительной степени это определяется методологической и технической сложностью опробования болотных вод в заданной точке без смешения вод различных горизонтов, а также трудоёмкостью болотных исследований в целом, что определило цель и задачи рассматриваемого исследования.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАССМАТРИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

2.1 Общая характеристика объекта исследования

Исследуемое болото расположено в 2 км на юго-запад от п. Тимирязево и 3,5 км на запад от г. Томска, в левобережной части долины р. Томи в северо-восточной части междуречья р. Оби и р. Томи (рисунок 2.1).

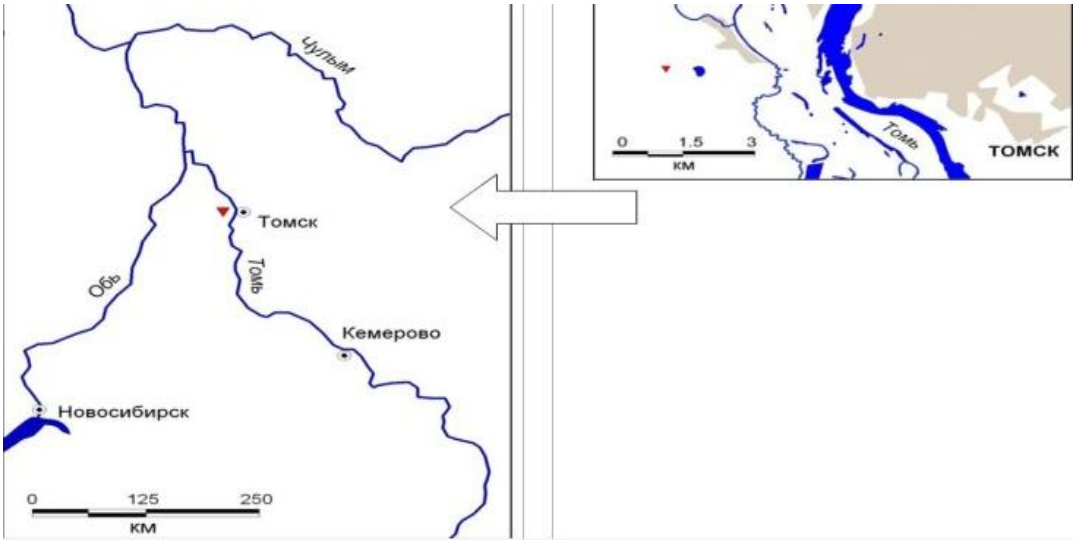


Рисунок 2.1 – Схематическая карта северной части междуречья Оби и Томи

Это – бессточное долинное мезотрофное болото площадью 6.15 га, расположено в котловине на аллювиальных отложениях второй надпойменной террасы реки Томь. Указанная терраса возвышается над поймой на 2–3 м и сложена песками, супесями, суглинками. Болото по преобладающему фитоценозу характеризуется как сосново-сфагново-кустарничковое. Форма поверхности болота – выпуклая. Превышение наиболее высокой части болота над окраинами составляет до 2 м. Линии стока направляются от центра болота к окрайкам, граничащими с суходолом образовывая полосу избыточного обводнения шириной 2–3 м по границе суходола (рисунок 2.2). Форма минерального дна болота (минеральное ложе), в отличие от поверхности, напротив, вогнутая, что

определяет придонный сток болотных вод (от краёв к центру) в условиях отсутствия поверхностного стока. Максимальная мощность торфяной залежи составляет 6.7 м.

Рисунок 2.2 – Тимирязевское болото весной (граница суходола)

Общепризнанного названия у исследуемого болота нет. Поэтому автором используется название Тимирязевское болото, принятое по названию ближайшего населённого пункта (п. Тимирязево). При этом следует отметить, что рядом расположено болото Чагинское с мощностью торфяной залежи до 5-7 м, в состав которого, по устным высказываниям ряда исследователей, входит и исследуемое болото. В начале 1970-х годов в восточной части Чагинского болота проводилась осушительная мелиорация, в ходе которой эта часть болота была изменена, в результате направления стока с его площади в озеро Песчаное. Вследствие осушения части болота в её пределах начался процесс замещения болотного фитоценоза на лесной. На основании выполненного исследования сделан вывод, что в настоящее время Чагинское и исследуемое Тимирязевское болота – два разных объекта с различными гидрогеологическими условиями. Между болотами расположена гряда высотой 2.5–3.0 м и шириной 50 – 60 м, покрытая смешанным лесом (сосна, берёза) (рисунок 2.3, 2.4).

Рисунок 2.3 – Фотоплан расположения исследуемого объекта 1– болото Тимирязевское; 2 – эксплуатационная скважина водозабора; 3 – Озеро Песчанное; 4 – болото Чагинское

Рисунок 2.4 – Тимирязевское болото в летний период

Тимирязевское болото с севера и запада ограничивает склон суходола 5-7 м высотой, покрытый сосновым бором (северная окраина Тимирязевского болота находится в 30 метрах от первой эксплуатационной скважины Томского подземного водозабора (скв. 1э). Южную сторону ограничивает склон суходола высотой 1.5–5 м и уклоном поверхности в сторону болота. На этом участке суходола растительность образованной площадки представляет молодой смешанный лес с влаголюбивым подлеском.

К востоку от исследуемого болота (в 660 м) расположено озеро Песчаное. Котловина оз. Песчаного – блюдцеподобная, с максимальной глубиной до 6 м. Озеро расположено среди соснового бора. На берегах озера имеется ряд уступов, возвышающихся друг над другом на десятки сантиметров, возникших вследствие озёрной абразии при различных уровнях воды в озере. В весенний период котловина полностью заполняется водой.

2.2 Геоморфологические и геологические условия

Рассматриваемое болото расположено на границе Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной страны, на северо-восточной границе Обь-Томского междуречья, которое представляет собой плоскую, слабо расчленённую озёрно-аллювиальную равнину среднечетвертичного возраста с неглубоким на юге и глубоким на севере залеганием палеозойских пород [Дюкарев, Пологова, 2013]. Левая часть междуречья относительно крутая, высокая, а правая — низкая и пологая. Это объясняется тем, что восточный склон равнины в прошлом размывался и снижался левыми притоками реки Томь а западный в это время подвергался более интенсивному размыву реки Обь. Углы наклона в среднем составляют 0,006-0,01, коэффициент расчлененности территории (КР): горизонтальной 0,25-0,30 км/км^2; вертикальной 0,007-0,012 км/км^2. Особенностью рельефа Обь-Томского междуречья является наличие комплекса ложбин древнего стока, расположенных в направлении с северо-востока на юго-запад. Абсолютные

высотные отметки поверхности изменяются в диапазоне от 90 до 150 м [Геологическое положение и рельеф…, 1977].

Главная артерия гидрографической сети в районе исследования – р.Томь. Она имеет ширину до 400 м. Долина Томи на уровне высокой поймы и I-ой надпойменной террасы – 3-5 км, а с учетом II-ой (Боровой) надпойменной террасы, широко развитой на левобережье, – до 12-14 км. В пределах долины Томи выделяются следующие террасовые уровни: низкая пойма с высотой над руслом 2-4 м, развитая вдоль русла р.Томи; высокая пойма, имеющая высоту от 5 до 9 м и развитая преимущественно в левобережье; I-я надпойменная терраса поздненеоплейстоценового возраста высотой 8-12 м (развита незначительно); II-я надпойменная терраса с высотой над руслом 20-25 м (хорошо выражена в рельефе); II-я надпойменная терраса (широко развита по левобережью, в литературных источниках она часто именуется как «Боровая терраса»).

На II-й надпойменной террасе расположен п.Тимирязево. Возраст отложений террасы – середина позднего неоплейстоцена. Склоны долины крутые, местами заметно асимметричные. Правый склон речной долины имеет заметно выпуклый крутой профиль, вплоть до обнажений скальных пород в нижней части. Левый склон долины более пологий, неясно террасированный как II-ой и III-ей аллювиальными террасами, так и структурно-денудационными псевдотеррасами (рисунок 2.5). Такая асимметрия связана с приспособлением нижних частей долины к неотектоническим разломам северо-северо-западного простирания, к которым приурочены долины притоков Томи.

Таким образом, наличие котловин и бессточных понижений, в которых избыточное увлажнение создавалось за счет близко расположенных к дневной поверхности грунтовых вод и верховодки, стало одной из причин возникновения болот. При этом следует отметить, что имеет место компенсация первичного эрозионного процесса, последующей аккумуляцией торфов с последующим усилением развития эрозионных процессов по границе болот.

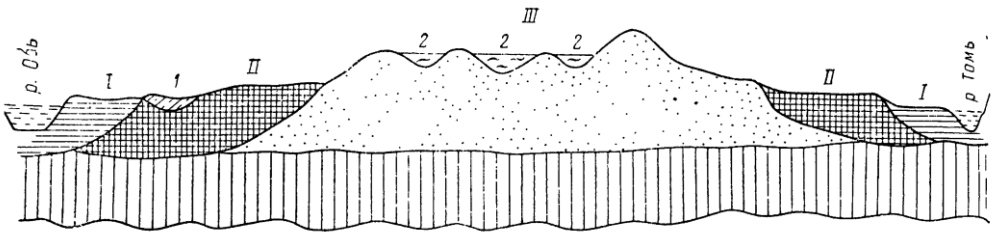
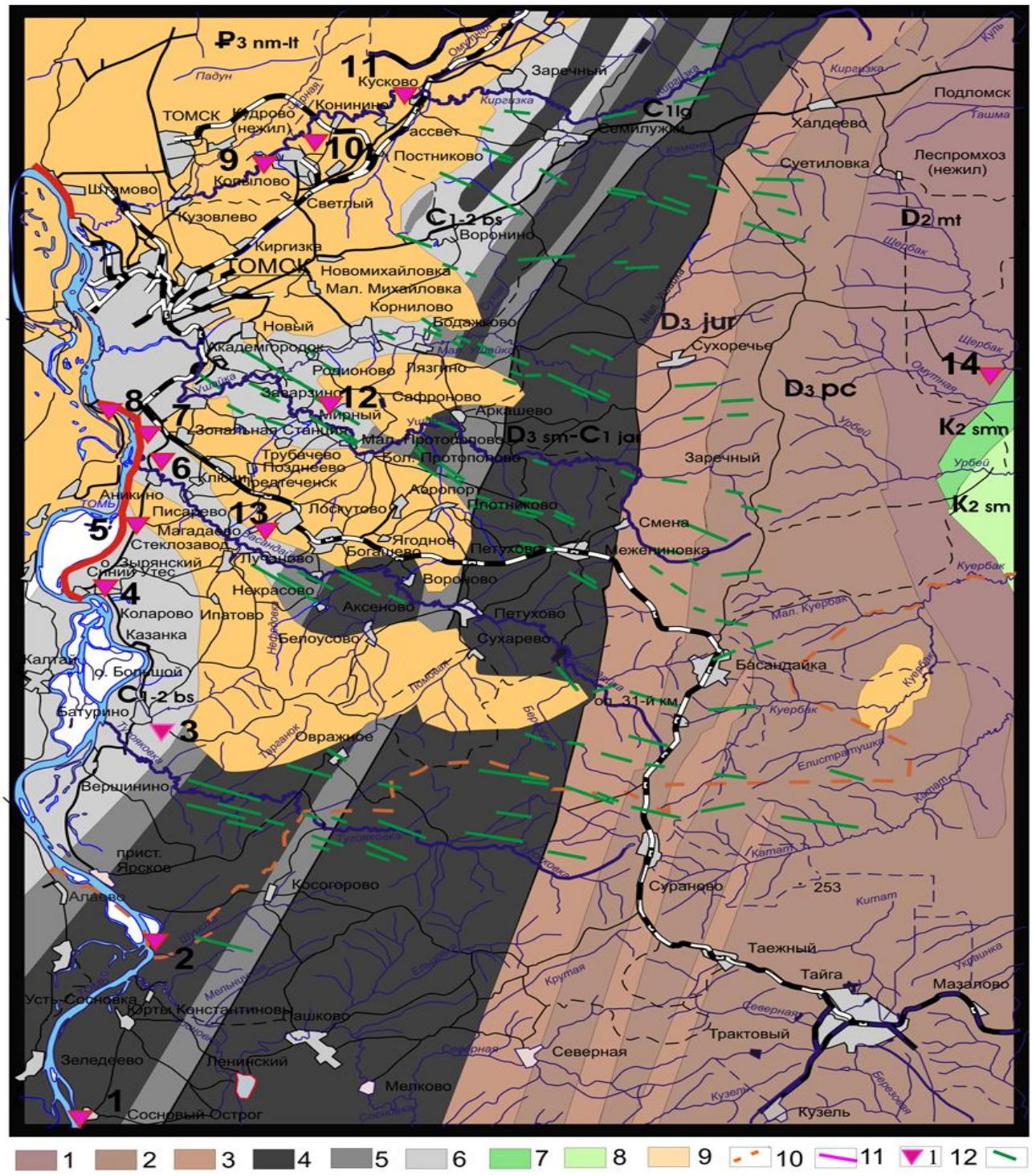


Рисунок 2.5 – Схема геоморфологического строения северной части междуречья Обь–Томь [Платонов, 1963]: *I* - пойма; *II* – надпойменная терраса; *III* – водораздел.1– низинные болота; 2– верховые болота

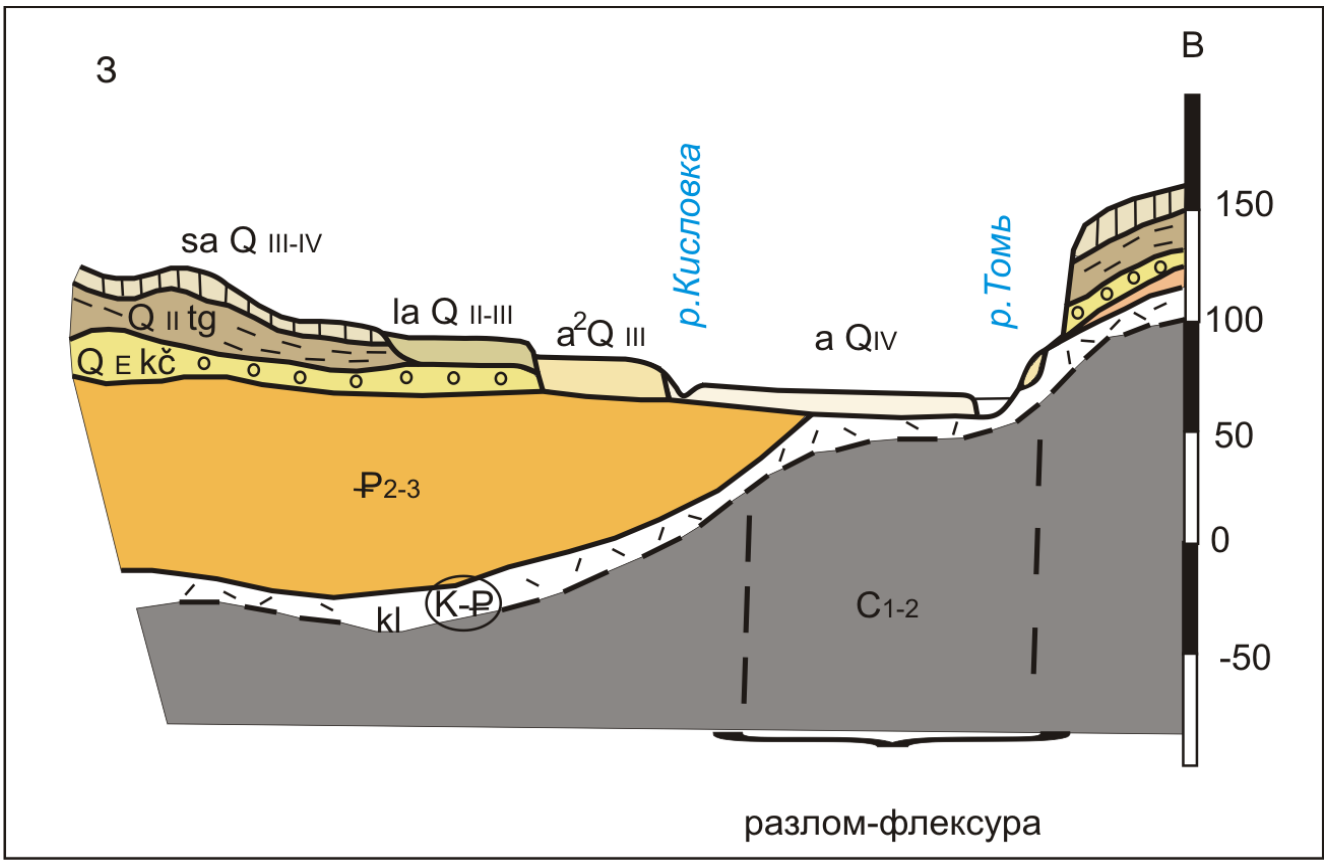
Район исследования приурочен к погружению палеозойских структур Колывань-Томской складчатой зоны под мезозойско-кайнозойские отложения Западно-Сибирской плиты (рисунок 2.6 и 2.7). Палеозойские породы слагают фундамент эпигерцинской платформы, а рыхлые отложения мезозоя и кайнозоя образуют платформенный чехол. Стратифицированные образования района представлены разнообразными осадочными комплексами в диапазоне от карбона до четвертичных [Состояние геологической среды…; Геологическое строение окрестностей г.Томска», 2009].

В целом, геоморфологические и геологические условия в районе исследования благоприятны для возникновения и устойчивого функционирования болотных экосистем за счёт слабой дренированности территории и наличии локальных водоупоров.



1 - митрофановская свита (D2 mt); 2 - пачинская свита (D3 pc); 3 - юргинская свита (D3 jur); 4 - нерасчлененные отложения саломатовской и ярской толщ (D3 sm-C1 jar); 5 - лагерносадская свита (C1 lg); 6 - басандайская свита (C1-2 bs); 7 - симоновская свита (K2 cmn); 8 - сымская свита (K2 sm); 9 - нерасчлененные отложения новомихайловской и лагернотомской свит (P3 nm-lt); 10 - граница Томской области; 11 - опорный литолого-стратиграфический разрез по р. Томь; 12 - опорные обнажения и их номер; 13 - дайки

Рисунок 2.6 – Схематическая геологическая карта района (Составили: Н.Ю. Ахмадшин, А.Ф. Рубцов, Е.В. Черняев и др., с добавлениями). Масштаб 1:500000



Масштаб горизонтальный 1:200 000
вертикальный 1:5 000

aQIV	Голоцен. Пойменные отложения р.Томь
saQIII-IV	Верхний неоплейстоцен-голоцен. Субаэральные покровные суглинки
a²QIII	Верхний неоплейстоцен. Отложения II -ой н/п террасы р.Томь
laQII-III	Средний-верхний неоплейстоцен. Отложения каналов стока
QII tg	Средний неоплейстоцен. Глины тайгинской свиты
QE kč	Эоплейстоцен. Галечники кочковской свиты
P2-3	Палеогеновые отложения нерасчлененные (юрковская, новомихайловская и лагернотомская свиты)
kl (K-P)	Каолиновая кора выветривания мел-палеогенового возраста
C1-2	Каменноугольные отложения (лагерносадская и басандайская свиты)

Рисунок 2.7 – Фрагмент геологического разреза южнее г.Томска (приложение к геологической карте листа 0-45-XXXI, 1975 г. с дополнениями С.С. Гудымовича)

2.3 Гидроклиматические условия

Климат района континентальный с теплым летом и холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха на территории района изменяется от минус 0,3°С до минус 0,4°С. Абсолютная минимальная температура равна минус 55°С, абсолютная максимальная температура достигает 34,7–39,6°С; среднемесячная температура самого холодного месяца (января) минус 19°С, самого теплого месяца (июля): 18,2–18,3°С. Продолжительность безморозного периода в среднем 115–116 дней. Повторяемость юго-западных ветров составляет 14–19%, западных, северных и северо-восточных 11–17%. Максимальная скорость ветра наблюдается в декабре и марте (до 9.5 м/с), минимальная – в июле и августе (до 4.5 м/с). В течение года отмечается до 20 дней с сильным ветром (свыше 15 м/с) обычно южного и юго-западного направлений. Преобладающими являются южные ветры с наибольшей повторяемостью зимой (47–51%).

Снежный покров устанавливается в конце октября – начале ноября и сохраняется на открытых местах до первых чисел мая, в лесах – до середины мая, высота его достигает 35–70 см. Осадков на территории района выпадает в среднем около 400 мм в год, причем наибольшая часть их выпадает в летние месяцы. По количеству атмосферных осадков территория относится к зоне избыточного увлажнения, что обуславливает широкое развитие процессов заболачивания.

В целом, избыточное атмосферное увлажнение и относительно умеренное испарение в сочетании с геоморфологическими и литологическими условиями приводят к заболачиванию понижений рельефа [Г.М. Платонов, 1977].

Важную роль в образовании болот играет водный режим реки Томь и её притоков (ближайший – «водная система формируемая слиянием рек Жуковка и Еловка образующих реку Кисловка с ее дальнейшим переходом в относительно слабопроточные вода протоки Бурундук»).

В питании р. Томь и ее притоков участвуют талые воды сезонных и горных снегов, жидкие осадки и подземные воды [Ресурсы поверхностных…, 1972]. Доля подземного питания р.Томь у г.Томска составляет 18 % [Савичев, 2003], а ее

притоков (в нижнем течении) 28–45 % [Савичев, 2003]. По классификации П.С. Кузина, р.Томь относится к рекам горно–лесной зоны, для которых характерно весенне-летнее половодье, летние и осенние паводки, относительно высокая летняя межень и ледостав средней продолжительности [Кузин, Бабкин, 1979]. Хорошо выраженное весеннее половодье, паводки в летне-осенний период и низкая зимняя межень свойственны и для притоков Томи – малых водотоков в северной части водосборного бассейна, хотя сроки наступления и продолжительности весеннего половодья и меженного периода этих рек могут несколько отличаться от соответствующих показателей для Томи.

Сроки наступления весеннего половодья на Томи и ее притоках варьируют в значительных пределах, причем наблюдается статистически значимое их смещение в последние десятилетия на более ранние даты. Окончание половодья в среднем приходится на начало июля, но может наблюдаться в широком диапазоне от середины июня до середины августа [Ресурсы поверхностных…, 1972]. После прохождения половодья устанавливается летне-осенняя межень продолжительностью с середины июня – начала июля до конца октября. Летне-осенняя межень часто нарушается дождевыми паводками. Наименьшие расходы воды за период летне-осенней межени обычно наблюдаются в августе-сентябре [Ресурсы поверхностных…, 1972]. Зимняя межень устанавливается примерно в ноябре (с установления ледостава) и продолжается до начала подъема половодья в апреле. Доля стока за зимнюю межень составляет 3.6%.

Весенний подъем уровня начинается в среднем в первой половине апреля (ранний срок – конец марта, поздний – начало мая). Резкие подъемы воды чередуются с кратковременными спадами. Нарастание уровня воды р.Томь при подъеме колеблется по длине реки достигает 185 см/сут. Спад половодья происходит с интенсивностью 60–100 см/сут. Наивысшие уровни наблюдаются в конце апреля – первой половине мая, т. е. вскоре после ледохода в верхнем течении и в период ледохода в нижнем. До 1950-х гг. в период весеннего половодья на р.Томи у г.Томска достаточно часто наблюдались мощные ледовые заторы и зажоры, являвшиеся причиной значительных наводнений. В

последующие десятилетия интенсивность и характер ледовых явлений изменились, предположительно – под воздействием сбросов теплых сточных вод Сибирского химического комбината и увеличения пропускной способности русла в результате его углубления на 1.5-2.5 м в процессе русловой добычи песчано-гравийного материала.

После прекращения в середине 1980-х добычи ПГМ в русле р.Томи у г.Томск опять наметилась определенная тенденция к увеличению максимальных уровней воды, не связанная с изменением водного стока реки. Причиной этого повышения, по ориентировочным данным, является восстановление условий формирования заторов и зажоров на участке от коммунального моста до устья р.Ушайка вследствие накопления здесь песчано-гравийного материала (ПГМ) и ухудшения пропускной способности русла. Летняя межень, продолжающаяся с июля по октябрь, на р.Томи неустойчива, часто прерывается дождевыми паводками. Среднемноголетний уровень воды в г.Томске в гидростворе (г/с) за летний период, как показало обобщение данных ТЦГМС за 1960–2000–е гг., составляет 71.08 м БС. Подъем уровней воды в период дождевых паводков достигает 1.5…3 м. Низшие уровни воды в период открытого русла устанавливаются в первой половине сентября. Наименьший зимний уровень у г.Томска достаточно часто наблюдается в начале марта. Амплитуда колебания уровней воды составляет от 6 до 10 м, в отдельные годы – более 10 м.

Проверка на однородность и случайность рядов среднегодовых расходов воды р.Томь и ряда других рек обского бассейна, проведенный авторами работы [Земцов и др., 2000] и затем уточненный в [Савичев, 2010], показал, что расчет нормы стока р.Томи у г.Томск целесообразно проводить не для всего периода наблюдений (с 1918 г.), а только с 1942 г., когда при определении расходов воды стали более корректно учитывать подпорные явления. Выполненные вычисления позволили получить норму стока р.Томи у г.Томска для этого периода, оценить погрешность ее определения, а также определить среднегодовые расходы воды заданной обеспеченности.

Наибольшие расходы воды наблюдаются в конце апреля – середине мая. Максимум в створе г.Томска составил в 1937 г. 13600 $м^3/с$, что более чем в 10 раз превышает норму стока. При этом следует отметить, что достаточно высокие расходы воды весеннего половодья, в зависимости от осеннего увлажнения и интенсивности снеготаяния, могут формироваться и при снегозапасах, близких к норме. Минимальный сток обычно наблюдается в феврале – марте, но в ряде случаев очень низкие расходы воды были отмечены и в начале зимнего периода, в том числе и абсолютный минимум расхода р. Томь у г. Томск – 52.6 $м^3/с$. Минимальные расходы периода открытого русла обычно превышают соответствующие показатели для ледостава примерно в 1.5–2 раза и достаточно часто приурочены к концу августа – началу сентября.

Воды Томи и её притоков не затапливают рассматриваемое болото, но приуроченность к террасе речной долины сопряжено с часто наблюдаемым подтоплением район, что является важным фактором болотообразования.

2.4 Гидрогеологические условия

Обь–Томское междуречье, на северо-восточной окраине которого расположено исследуемое болото, представляет собой часть Западно–Сибирского артезианского бассейна. В разрезе мезозойско–кайнозойских отложений этого бассейна выделяются два гидрогеологических этажа, разделенных мощным региональным водоупором верхнемелового–палеогенового возраста. Верхний гидрогеологический этаж в целом характеризуется свободным водообменом и представляет собой водонасыщенную систему, состоящую более чем из 20 водоносных горизонтов с возрастом отложений от олигоцена до современных. Этот этаж сложен песками, глинами, алевритами, песчано–гравийно–галечниковыми отложениями. С глубиной интенсивность водообмена снижается. Водное питание подземных вод верхнего этажа осуществляется, по данным [Состояние геологической среды..., 2009], преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков. В долинах рек возможен водообмен между

водотоками и подземными водоносными горизонтами. Зоны разгрузки приурочены к русловой сети и элементам речных террас [Состояние геологической среды..., 2009].

Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений является первым от поверхности, причём имеются существенные отличия по водообильности для водораздельных равнин и речных долин. Водовмещающие отложения представлены супесями и песками. Распространены относительно небольшие по площади торфяные болота. Подземные воды – пресные, гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Палеогеновый водоносный комплекс – самый водообильный. Именно он и эксплуатируется Томским подземным водозабором. Водоносные отложения представлены песками, алевритами. Песчано-галечниковыми отложениями, глинами с линзами углей. Подземные воды этого комплекса – напорные и высоконапорные, по минерализации – пресные, по химическому составу – гидрокарбонатные кальциево-магниевые, содержат железо в количестве до 17 мг/дм^3. Водоносный комплекс верхнемеловых отложений характеризуется наличием высоконапорных подземных вод с минерализацией 0,3–1 г/дм^3 и более [Шварцев, 1998; Ермашова, 1998; Колоколова, 2003] (таблица 2.1).

Необходимо отметить, что расположенный на территории Обь–Томского междуречья Томский подземный водозабор, работающий с 1972 г и эксплуатирующий палеогеновый водоносный комплекс, является одним из крупнейших в Российской Федерации. Водоотбор, в соответствии с проектом выполненным институтом ООО Сибгипрокоммунводоканал, составляет 260 тыс.м^3/сут. Эксплуатация Томского подземного водозабора привела к формированию обширной депрессии не только в продуктивном, но и в связанном с ним неоген-четвертичном водоносном комплексе. Местами, в том числе и в районе первой линии водозабора, произошло обсыхание ряда неглубоких скважин и колодцев. В ряде случаев отмечено и изменение химического состава вод [Состояние геологической среды...; Проблемы использования…, 2003].

Таблица 2.1 – Химический состав подземных вод Обь–Томского междуречья

Показатель	Подземные воды в Обь-Томском междуречье							
	HCO^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Σ_{mi}
	Мг/л							
зоны аэрации [Ермашова, 1999]	430	9,2	25,6	121	15,5	18,2 (Na^++K^+)	–	410
неоген-четвертичных отложений [Шварцев, 1998]	281	0,41	4,09	56,9	15,0	12,8	1,22	375
палеогеновых отложений [Шварцев,1998]	345	0,32	6,42	75,8	14,5	14,3	1,26	466
неоген-четвертичных отложений [Колоколова, 2003]	304,8	0,4	3,8	69,0	10,2	7,8	1,6	397,6
Верхнемеловые отложения [Колоколова, 2003]	302,9	0,0	205	50,1	28,8	134,9	4,0	725,7
Полеогеновых отложений [АО Томскгеомониторинг]	345	-	6,2	75,8	14,5	14,3	1,3	457,1
неоген-четвертичных отложений [Кузеванов, Наливайко, Дутова. Покровский, 2005]	-	28,6	37,0	115	10,3	8,0	1,68	200,6
Полеогеновых отложений [Кузеванов, Наливайко, Дутова. Покровский, 2005]	-	2,3	8,2	79,6	17,4	10,6	1,36	119,5

Краткие выводы по главе. На рассматриваемой территории, расположенной в подтаёжной зоне Западной Сибири, наблюдаются благоприятные условия для заболачивания понижений рельефа в долинах рек и на их водосборах – атмосферное увлажнение, недостаточно компенсируемое испарением и стоком, наличие приповерхностных водоупоров, бессточные понижения рельефа в пределах более крупных орографических элементов. Непосредственно в районе расположения исследуемого болота важную роль играет подпор подземного стока водами р. Томь в период весеннего половодья.

ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ИЗУЧЕНИЮ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД МЕЗОТРОФНЫХ БОЛОТ ПО ГЛУБИНЕ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТИМИРЯЗЕВСКОГО БОЛОТА)

Изучение гидрогеохимических условий включает в себя решение задач выявления зонально-временных изменений химического состава вод. Но применительно к болотам мы сталкиваемся с целым рядом вопросов «методологического» и «технического» (инженерного) характера. В частности, торфяное болото представляет собой постоянно изменяющуюся деформируемую среду с переменными по территории и глубине фильтрационными свойствами свойствами (в южно-таёжной зоне Западной Сибири средняя скорость прироста торфяной залежи [Нейштадт, 1972; Львов, 1990; Пологова, Лапшина, 2002] составляет около 1 мм/год, а амплитуда сезонных колебаний поверхности Тимирязевского болота, по полученным нами данным, может превышать 20 см). С учётом этого требуется разработка оборудования, пригодного для отбора проб болотных и грунтовых вод на разных глубинах в различные фазы водного режима, определения колебаний средней поверхности болота и уровней болотных и грунтовых вод, а также характеризующего гидродинамический режим болота по толщине залежи. Причём необходимо не оказывать существенного влияния на болотную экосистему, учитывая постоянно происходящие в ней процессы формирования торфов разного типа и изменение условий водно-минерального питания болотной растительности.

Всё это определяет специфику соответствующих оборудования и методик по сравнению с аналогичными оборудованием и методиками, обычно применяемыми в гидрогеологии, и предполагает: 1) разработку устройства, позволяющих на новом качественном уровне проводить отбор болотных вод и определение характеристик гидрологического режима болота; 2) разработку методик размещения и использования устройства, в том числе: 2.1) методику выбора места размещения пункта наблюдений; 2.2) методику установки скважин

и подготовки к проведению наблюдений; 2.3) методику проведения пробоотбора и гидрогеологических наблюдений. Указанные выше задачи и были последовательно рассмотрены в рамках диссертационного исследования.

3.1 Разработка устройств для исследования гидрогеохимических условий на болотах

Устройства для гидрогеохимических исследований болот должны обеспечивать: возможность периодического отбора проб воды с фиксированных интервалов вертикального разреза торфяной залежи в течение всего периода проведения работ; минимизацию вероятности смешения вод опробируемого и смежных с ним интервалов торфяной залежи, а также исключение контакта отбираемой пробы болотной воды с атмосферным воздухом; получение значений фильтрационного режима, характеризующего относительную интенсивность фильтрации на различных интервалах опробования при отборе проб воды; контроль требуемых условий отбора проб при использовании применяемого оборудования; надёжную работу оборудования и принцип комплексности проведения исследований. Устройства, применяемые в системе государственного мониторинга недр и водных объектов, к сожалению лишь частично соответствуют указанным выше требованиям.

В связи с этим был разработан комплекс для отбора проб воды (рисунок 3.1) [Комплекс для отбора проб…, 2015].

Устройство для отбора проб воды состоит из обсадной трубы, пробоотборника для отбора проб воды и определения фильтрационных расходов в разрезе торфяной залежи (рисунок 3.2).

Обсадная труба – скважина, 12 представляет собой трубы, диаметром 40 мм, соединенные между собой наружными резьбовыми муфтами. Нижняя часть первой трубы оснащена конусом – наконечником (в забое скважины) 13, облегчающим её вхождение в грунт. По их длине расположены боковые отверстия 14 с калиброванным диаметром, через которые вода поступает в

скважину. Оптимальный для условий исследования диаметр отверстий определяется опытным путём.

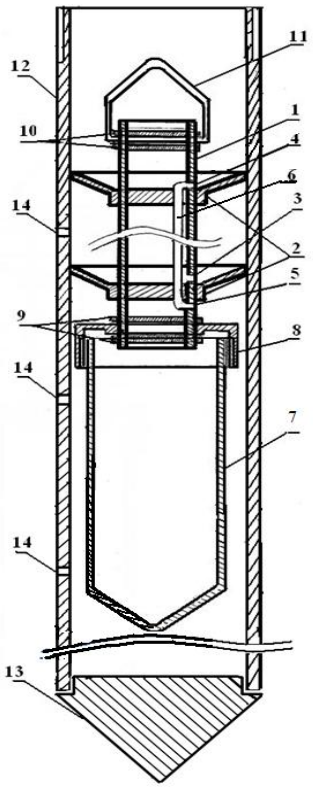


Рисунок 3.1 – Комплекс для отбора проб воды

Эксплуатационным диаметром отверстий расположенных по длине обсадной трубы принят 5 мм при котором в различных условиях фильтрационного режима не допускалась кольматация скелета торфа в фильтрационном сечении и соблюдалась пропорциональность определяемых фильтрационных расходов воды опробируемых слоёв в вертикальном разрезе торфяной залежи [Комплекс для отбора проб…, 2015]. Проведённые полевые экспериментальные работы показали, что при более крупном диаметре продольной перфорации, интенсивность фильтрационно поступающей воды в скважину через определенное время (в пределах суток) снижается в 1.5 – 2 раза. Возможно, это является следствием увеличения интенсивности фильтрационного потока, обретающего транспортирующую способность ведущую к перемещению мело–дисперсных частицы разложившегося торфа, концентрация которых приводит к кольматации скелета торфа. Для уменьшения транспортирующий

способности фильтрационного потока, диаметр линейной перфорации был уменьшен до эксплуатационного размера 5 мм, тем самым были созданы оптимальные условия, в которых скорость поступления воды в скважину имеет скорость естественного фильтрационного потока. Опытным путём было установлено, что расходы поступающей в скважину воды в этих условиях остаются постоянным во времени.

Выбор интервала, линейно расположенных по трубе отверстий, определяется размерами пробоотборника, а также соображениями типичности интервала исследований.

Пробоотборник (рисунок 3.2) состоит из цилиндрического корпуса 1, на котором расположены две эластичные резиновые манжеты 2.

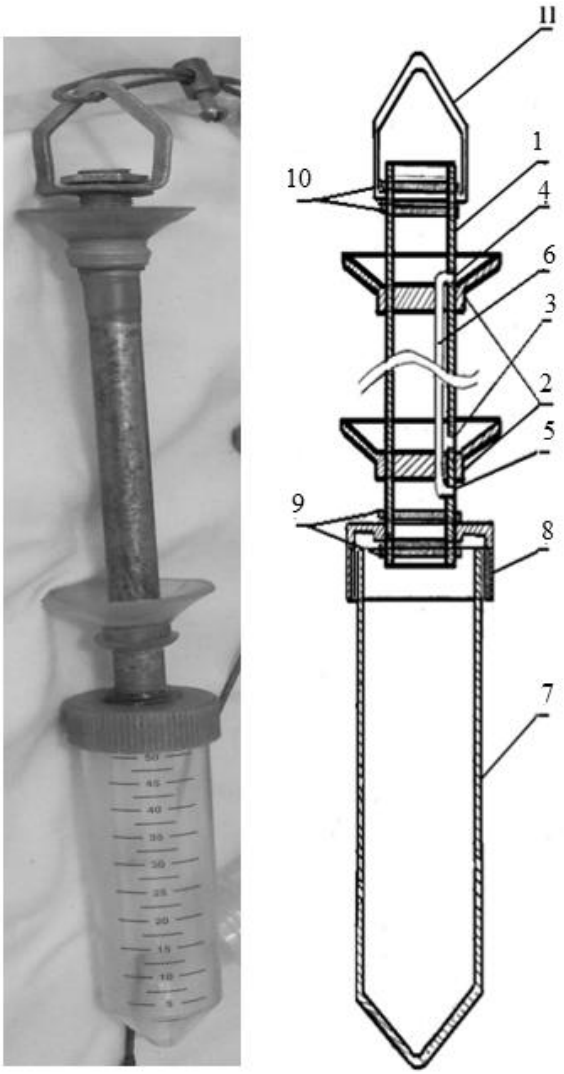


Рисунок 3.2 - Устройство отбора проб воды

В стенке корпуса выполнены боковые отверстия. Среднее отверстие 3 – для приема воды из рабочего горизонта расположено между двумя манжетами. Верхнее 4 расположено над верхней манжетой, нижнее 5 – под нижней манжетой. Верхнее и нижнее отверстия – транзитные и соединены между собой трубкой 6, проходящей внутри цилиндрического корпуса 1 пробоотборника. Нижняя часть цилиндрического корпуса соединена с водоприемником 7 через фланец 8, прикрепленный к цилиндрическому корпусу 1 гайками 9. К верхней части цилиндрического корпуса с помощью гаек 10 прикреплен кронштейн 11 для подъема пробоотборника и соединенного с ним водоприемника 7. Диаметр водоприемника 7 меньше, чем внутренний диаметр трубы–скважины (рисунок 3.2) [Комплекс для отбора проб…, 2015].

В зависимости от цели отбора воды водоприемник изготовлен в двух вариантах. В случае определения количество воды поступающей из определённого интервала торфяной толщи за единицу времени, используется водоприемник ёмкостью 50 мл, изготовленный из прозрачного пластика с нанесенной на корпусе градацией с точностью до 2.5 мл. В случае отбора объёма воды для проведения расширенного химического анализа используется водоприемник емкостью 600 мл.

Преимуществом разработанного комплекса для отбора проб воды является то, что конструкция пробоотборника обеспечивает проведение отбора проб воды непосредственно путём фильтрации из обозначенного фиксированного вертикального интервала водонасыщенного слоя. Это исключает контакт отобранной воды с внешней средой и обеспечивает тем самым неизменность химического состава и физических свойств, представляя возможность изучения послойного изменения химического состава болотных вод, с обеспечением достоверности полученных результатов.

Кроме того, использование разработанного пробоотборного комплекса позволяет возможность получения значений балансового химического состава вод в стратиграфическом разрезе торфяной залежи.

В ходе проведения контроля корректности поинтервального отбора проб, включающего в себя проверку герметичности фиксированных вертикальных интервалов пробоотбора исключающего возможность поступление вводы в водоприемную емкость пробоотборника из смежных с ним интервалов, использовался газоотборник. Газоотборник - это устройство, имеющее цилиндрический корпус, состоящий из трёх основных частей (рисунок 3.3) [Комплекс для отбора проб газа…, 2015], предназначенный для:

- контроля наличия герметичности между вертикальными интервалами пробоотбора по длине обсадной трубы скважины;

- отбора выделяемого газа с заданного вертикального интервала торфяной залежи;

- определение относительной интенсивности газовыделения.

Газоотборник [Комплекс для отбора проб газа, 2015] и его основные части (рисунок 3.3) выполнены из нержавеющей стали, состоит из цилиндрического корпуса диаметром 34 мм и длиной 50 мм и трёх основных частей, нижней (ресиверной) части (1), промежуточной муфтой (2) и верхней части прибора (3). Нижняя часть прибора, это камера приёмник (ресивер) (24), а верхняя часть прибора, камера коллектор. Камера приёмник служит для накопления в ней поступающего газа через боковые отверстия (4), из отверстия линейно перфорированного сегмента обсадной трубы скважины. Верхняя часть, камера коллектор (23), предназначена для распределения, создаваемого в ней давления воздуха в две (или при необходимости в одну) пневматические камеры (5). Камера приёмник и камера коллектор закрываются крышками, верхний (6), и нижний (7). Крышки уплотняются резиновыми уплотнительными кольцами (8). Нижняя и верхняя части пробоотборника соединяются промежуточной муфтой. На наружной поверхности соединительной муфты имеется резьба, а в середине сделана проточка для уплотнительного резинового кольца (9), которое обеспечивает герметичность частей прибора.

В центре (по оси) промежуточной муфты сделано продольное отверстие и в нём нарезана внутренняя резьба. С обеих сторон промежуточной муфты, во

внутреннее отверстие, ввернуты две трубки, верхняя (проходящая через камеру коллектор) – нагнетательная (10), а нижняя (входящая в камеру приёмник) – приёмная (11). Внутри промежуточной муфты между этими трубками образован зазор, в которым расположен клапан (12).

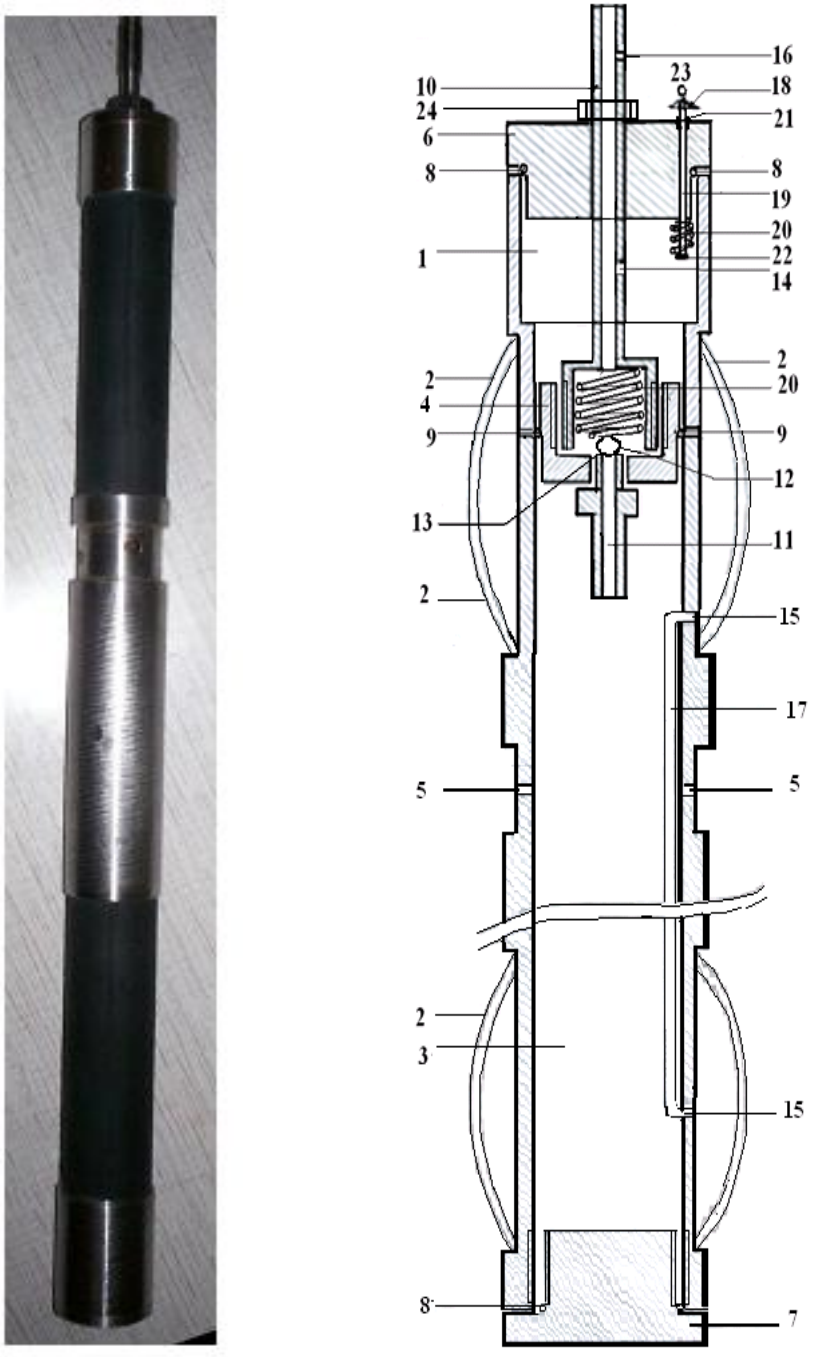


Рисунок 3.3 – Газоотборник

При создании давления в нагнетательной трубке клапан, находящийся в промежуточной муфте, в зазоре между трубками, прижимается к седлу приёмной

трубки (13) ввернутой в промежуточную муфту снизу и перекрывает поступление воздуха в камеру приёмник пробоотборника (нижняя часть прибора). Верхняя нагнетательная трубка проходит через камеру – коллектор (верхнею часть корпуса пробоотборника), и крышку, которая герметично закрывает эту камеру и выходит наружу. На этой трубке расположены два ниппель – клапана. Один, впускной (14), находится в нутрии камеры коллектора. Через него нагнетается воздух в камеру – коллектор и поступает по воздушным каналам (15) к пневматическим камерам. Сами камеры соединяются между собой впаянной в нижнюю камеру трубку (25). Другой ниппель - клапан, предохранительный (16), находится с наружи пробоотборника. При создании избыточного давления в пневматических камерах через него происходит сброс избыточного давления воздуха. Это ограничивает давление в пневматических камерах и предотвращает их разрыв. Пневматические камеры на пробоотборнике расположены, одна выше, а другая ниже приёмных отверстий в корпусе пробоотборника, через которые происходит поступление газа в камеру ресивер прибора. Пневматические камеры выполняют задачу фиксатора пробоотборника в скважине и блокируют поступление воды и газа из выше и нижерасположенных отверстий по всей длине (или только на интересующем отрезке) из отверстий расположенных вдоль обсадной трубы скважины. Через описываемый узел прибора (промежуточная муфта) сначала происходит наполнение двух (или какой либо одной) пневматических камер, а, затем, при создании вакуума проверка герметичности требуемого интервала обсадной трубы, или поступление в камеру приёмник газа из опробуемого интервала. При создании вакуума, в нагнетательной трубке, два ниппель клапана закрываются, а клапан открывает отверстие нижний трубки, происходит откачка имеющегося в камере накопителе воздуха. В режиме отбора газа, или определения создаваемого давления, газ поступающий с заданного интервала поступает в камеру накопитель (ресивер) при создании необходимого давления скапливающийся газ открывает запорный клапан нижний трубки и по силиконовой трубки поступает в накопительную ёмкость.

В крышке верхней части прибора установлен выпускной клапан (17). Шток клапана (18) проходит через крышку (6) и действием пружины (19) прижимает клапан к седлу (20), тем самым предотвращает выход воздуха из пневматических камер. Пружина фиксируется на штоке гайкой (21). Сверху клапана имеется отверстие (22), через которое проходит металлический трос [Комплекс для отбора проб газа, 2015].

3.2. Методика выбора места размещения пункта наблюдений

Выбранный объект проведения исследовательских полевых работ представляет собой натурную модель на примере которой проводилось изучение зонально-временных изменений химического состава болотных вод. Изучение факторов, оказывающих влияние на этот процесс, таких как ботанический состав болотного объекта, стратиграфическое строение торфяной залежи характеризующий ее типо–видовой состав, а так же характерный фильтрационный режим для этих слоев. На основе обозначенной модели отрабатывалась методика исследований, велась разработка, создание, апробация приборов и оборудования адаптированного для производства работ в условиях данной модели в соответствии с порядком проведения работ.

3.2.1 Выбор объекта, с типичными физико-географическими климатообразующими факторами

Выбор болотного массива определялся исходя из задач, для решения которых проводилась разработка комплекса проводимых исследований. Результаты исследований являются основой для разработки приборно-методической базы по изучению химического состава и гидродинамического режима болотных вод.

Исходя из этого, выбор болотного массива был основан на следующих принципах:

- выбираемый болотный массив должен быть типичным для подтаёжной зоны Западной Сибири;

- критерием при выборе болотного массива для обеспечения непрерывности проведения намеченных полевых работ на организованном пункте наблюдений является доступность объекта исследований с точки зрения близости с населённым пунктом, наличии транспортной и других видов связи в районе проведения работ.

3.2.2 Определение места размещения пунктов наблюдения

Выбор места размещения пункта наблюдений определялся на основе анализа целей и задач исследований, картографического материала и данных дистанционного зондирования Земли, фондовых и опубликованных материалов, данных рекогносцировочного обследования, топогеодезических и промерных работ. Цель анализа – определение участка с относительно однородными условиями формирования химического состава болотных и связанных с ними подземных вод – достигается путем последовательного выделения типа (по растительности), класса (по почвенному покрову), рода (в соответствии с рельефом) и вида (по механическому составу подстилающих пород) ландшафтов с учётом [Требования к производству…, 2002].

В рассматриваемой работе выбран фрагмент долинного переходного Тимирязевского болота в районе в котором берет начало линия первой очереди Томского подземного водозабора (рисунок 3.4).

Полевые работы, проводимые в пределах выбранного массива, имели цель определение выбора места размещения пункта наблюдений с размещением на нем устройств обеспечивающих проведения исследований. Полевые работы включали в себя:

1) геодезические работы;

2) работы по определению ботанического состава растительного покрова исследуемого объекта;

3) работы по исследованию стратиграфического строения торфяной толщи в месте размещения пункта наблюдений.

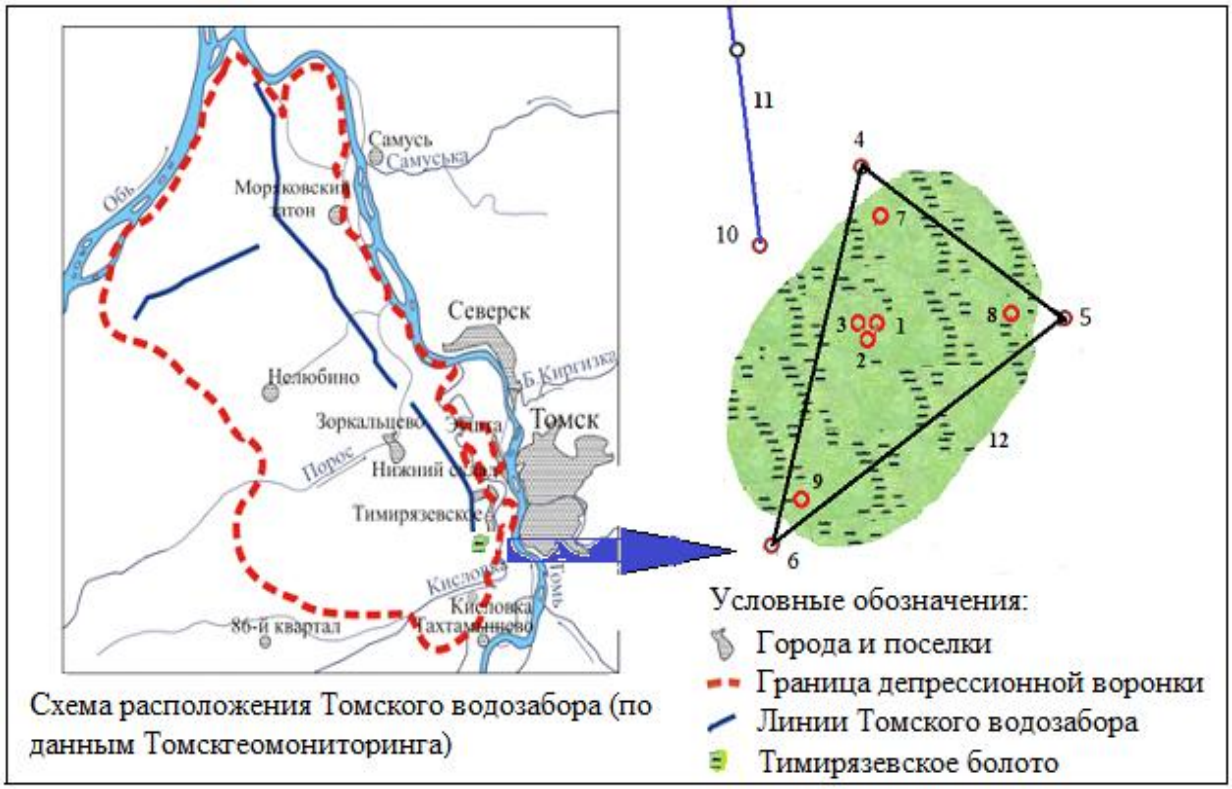


Схема расположения Томского водозабора (по данным Томскгеомониторинга)

Рисунок 3.4 – Расположение скважин на Тимирязевском болоте; условные обозначения: 1 – опорная скважина; 2 – вспомогательная скважина; 3 – место постоянного отбора болотных вод из деятельного горизонта торфяной залежи; 4–6 – дополнительные скважины для измерения уровней грунтовых вод; 7–9 – дополнительные скважины для измерения уровней болотных вод; 10 – ближайшая эксплуатационная скважина Томского подземного водозабора (скв. 1э); 11 – линия водозабора; 12 – Тимирязевское болото

В состав проводимых геодезических работ входило: создание профиля исследуемого болота; создание планово-высотного обоснования и приведение устройств наблюдения к единой условной системе высот.

Для создания профиля болота была выполнена инструментальная съемка по магистрали, проходящая в направлении северо-запада на юго-восток с пересечением точки расположения скважины 1.

Направление маршрутно-высотной съемки определило, в том числе, расположение линии таксации определяемое из условий морфометрической особенности строения торфяной залежи определяющего характер рельефа выбранного участка болота и ориентировано вдоль линий стекания болотных вод (рисунок 3.5). В связи с этим проходящая линия магистрали определена положением линии таксации с пересечением места расположения опорной скважины 1, визуально максимально превышающую поверхность торфяной залежи. Это обеспечивает комплексное решение задачи направленной на выполнение проведения наблюдений за изменением средней высоты поверхности болота и выполнением маршрутной съемки производимой в выбранном направлении.

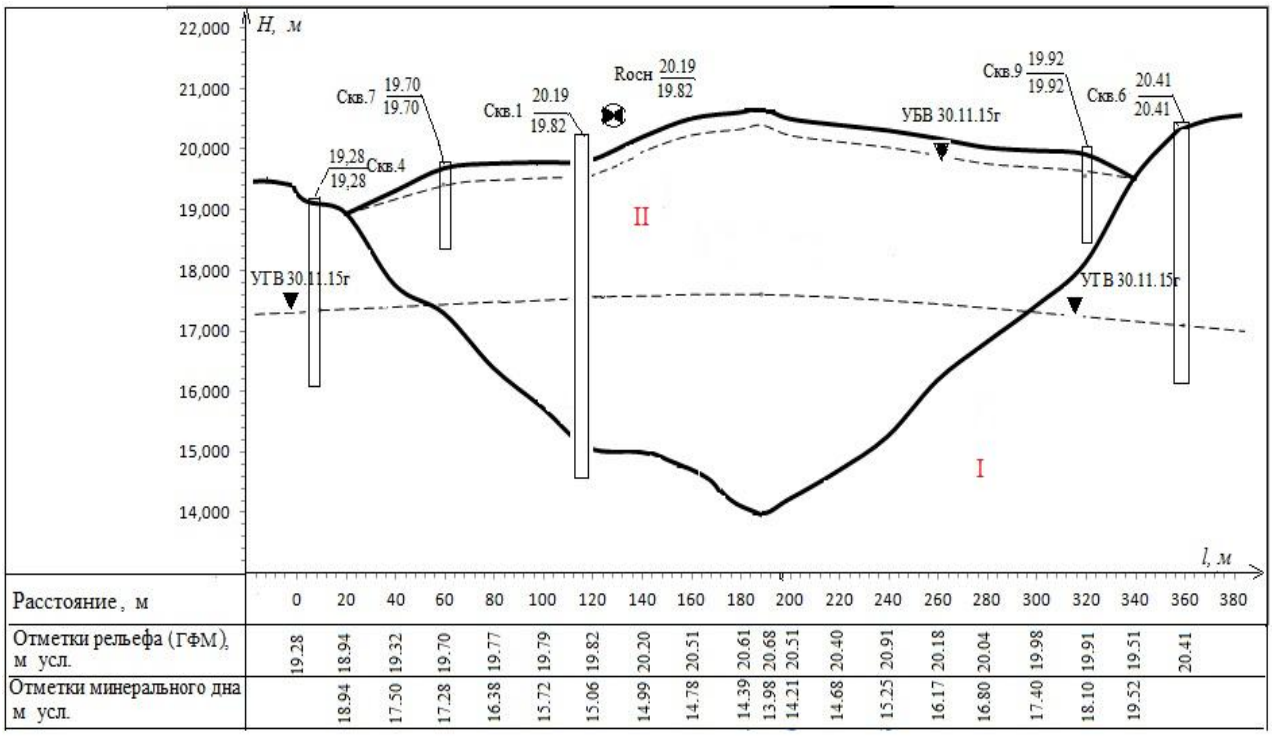


Рисунок 3.5 – Схематичный профиль Тимирязевского болота (с северо-востока на юго-запад); условные обозначения: УГВ и УБВ – уровень грунтовых и болотных вод (уровни воды приведены по состоянию на 30.11.2015 г.); I – минеральный грунт (пески); II – торфяная залежь; 1, 4, 6, 7, 9 – номера скважин, указанных на рисунке 2

Наблюдение за изменением средней высоты поверхности болота, выполнялось методом линейной таксации в соответствии с [Наставление…, Вып. 8, 1990]. Суть метода заключается в съемке профиля вертикального сечения ГФМ, т. е. в определении высот поверхности микрорельефа болота на линии заданной длины (линии таксации) по определенному количеству точек. В ходе проведения маршрутной съемки решалась задача создания профиля исследуемого болота, в связи с чем проводилось определение значений высотных отметок минерального дна болота, высоты поверхности микрорельефа болота и мощности торфяной залежи. На прокладываемой магистрали устанавливались пикеты через 20 метров определяющие расположение промерных вертикалей, на которых проводилось определение высотных отметок с приведением их к нижнему и верхнему значению измеренной вертикали (отметки минерального дна и поверхности болота) к нулю графика поста.

В результате этого определенны морфометрические характеристики исследуемого объекта включающие в себя особенности строение подстилающего минерального дна болота, микрорельефа его поверхности. Результаты полученных в ходе проведения съемки значений представлены в таблице 3.1.

По значениям, приведенным в таблице 3.1, построен условный профиль с отображением на нем скважин (рисунок 3.5).

Из рисунка 3.5, видно, что превышение поверхности болота на максимально возвышающейся отметке над его поверхностью в месте расположения опорной скважины 1, составляет 0.86 м, а от высотной отметки на границе суходола превышение составляет 1.7 метра.

Из этого можно сделать вывод о замедлении прироста торфа в центральной части болотного массива, причём это замедление распространяется от центра болота к периферии.

Кроме того, в состав геодезических работ входило создание геодезического планово–высотного обоснования, включающего в себя присвоение значения высотной отметки реперу поста, определение высотных значений и географических координат всех установленных устройств, к которым

относится и опорная скважины 1 (рисунок 3.4), принятая в качестве основного репера ($R_{осн}$).

Таблица 3.1 – Сводная таблица значений нивелировочных работ относительно скважины 1

«0» графика поста 10.00 м			Отметка репера 20.19 м усл.			
	Расстояние, м	Мощность залежи, м	Превышение по поверхности		Минир. дно, м	Поверхность болота, м
п/п			+	-		
1	0	0			19,282	
2	20	0,00		0,88	18,942	18,942
3	40	1,57		0,50	17,750	19,321
4	60	2,42		0,12	17,280	19,697
5	80	3,39		0,05	16,381	19,773
6	100	4,07		0,03	15,721	19,793
7	118,6	4,76		0,0	15,060	19,820
8	140	5,22	0,38		14,985	20,203
9	160	5,73	0,69		14,780	20,511
10	180	6,22	0,79		14,391	20,614
11	188,6	6,70	0,86		13,980	20,680
12	200	6,30	0,69		14,211	20,508
13	220	5,72	0,58		14,683	20,404
14	240	5,06	0,49		15,252	20,314
15	260	4,01	0,36		16,171	20,184
16	280	3,23	0,22		16,801	20,035
17	300	2,58	0,16		17,402	19,983
18	320	1,81	0,10	0,30	18,110	19,921
19	340	0,0		0,0	19,521	19,521

Тем самым устье рабочей колоны этой скважины принято за постоянную высотную отметку в условной системе высот, имеющую значение 20.190 м и приведено к «0» графика поста. Выполнены работы по определению географического положения всех установленных устройств и приведению их к единой условной высотной отметке. К этим устройствам относятся шесть дополнительных скважин, две вспомогательные скважины, и три репера обеспечивающие оперативный контроль неизменности высотного положения дополнительных скважин. Три дополнительных репера установлены на суходоле за пределами болота в удалении 25 – 30 м от его окраины.

В состав дополнительных скважин входят три для наблюдения за уровенным режимом грунтовых вод (скважины 4 – 6) и три для наблюдения за уровенным режимом болотных вод (скважины 7 – 9).

Площадка пункта наблюдений с расположенными на ней опорной и вспомогательными скважинами для отбора проб и измерения уровней болотных вод находиться на участке болота в границах условного треугольника образованного дополнительными скважинами, расположенными в его вершинах. Расположение скважин отображено на рисунке 3.6.

Рисунок 3.6 – Расположение наблюдательных скважин на объекте исследования: 1 – место пункта наблюдений; 2 – скважина 4 для наблюдения уровней грунтовых вод; 3 – скважина 5 для наблюдения уровней грунтовых вод; 4 – скважина 6 для наблюдения уровней грунтовых вод; 5 – первая эксплуатационная скважина Томского водозабора

Скважины для наблюдения за уровенным режимом грунтовых вод (скважины 4 – 6) расположены по углам выше обозначенного треугольника со сторонами 254–357–372 м, расположенных на суходоле на расстоянии 20–25 м от окраины болота, а скважины для наблюдения за уровенным режимом болотных

вод (скважины 7 – 9) расположены по углам треугольника на расстоянии 195–270–290 м в пределах болота на расстоянии 25–30 м от него границы.

Дополнительная скважина 4 установлена в северной стороне болота и имеет отметку 19.470 м (усл). Эта скважина находится в восточном направлении от первой эксплуатационной скважины Томского поземного водозабора, на расстоянии 85 м. Дополнительная скважина 5 расположена в восточной стороне болота и имеет отметку 19.579 м (усл). Дополнительная скважина 6 расположена в юго-западной стороне болота и имеет отметку 20.404 м (усл).

Контрольный репер 4 ($R_{к1}$), посредством которого осуществляется контроль за высотными отметками устья скважин 4 и 7, установлен в северной части болота с отметкой 20.84 м (усл). Контрольный репер 5 ($R_{к2}$) для контроля скважин 5 и 8, расположен в восточной части болота и имеет отметку 19.59 м (усл). Контрольный репер 6 ($R_{к3}$) для контроля скважин 6 и 9, расположен в юго-западной части болота с отметкой 20.39 м (усл).

Для установления закономерностей взаимодействия болотных вод с торфяной почвой, необходимо изучение физических и химических процессов происходящих на различных глубинах торфяной залежи, изучение фильтрационных свойств слоёв слагающих торфяную толщу, и направленности химических процессов происходящих в них. В связи с этим в месте размещения пункта наблюдений, проведено исследование стратиграфического строения торфяной толщи. С этой целью выполнены работы по определению ботанического состава растительного покрова исследуемого объекта. Образцы торфа отбирались разработанным для этой цели торфоотборником, в результате чего, по глубине торфяной залежи был произведён отбор проб торфа. Определение ботанического состава торфа проведено в соответствии с ГОСТ 28245-89, основываясь на классификации ГОСТ 21123-85. Остатки растительности торфобразователей идентифицировались с целью определения видов торфов по атласам и определителям [Кац и др.,1977].

Ботанический состав определялся по коре и древесине, листочкам сфагновых и бурых (гипновых) мхов, исследовались останки корней и корневищ

осок, тростника, хвоща и других трав. Было установлено, что соотношение этих остатков в торфе существенно изменяется по сравнению с составом торфообразующих фитоценозов не только вследствие разложения или плохой сохранности ряда растительных видов, но также под влиянием вторичных изменений, вызванных проникновением в торф корневищ позднее поселившихся растений.

По результатам проведенного исследования была составлена стратиграфическая колонка строения торфяной залежи в месте проведения исследований. В основу выделения стратиграфической классификации единиц торфяных залежей, положено преобладание и порядок чередования торфов различных типов и видов.

По результатам проведенных исследований было установлено, что торфяная залежь в месте размещения пункта наблюдений сложена торфами следующих видов: 0,00–0,10 м – очёс; 0,10–0,64 м – комплексный верховой; 0,64–1,16 м – переходный гипновый торф; 1,16–2,40 м – низинный осоковый - гипновый торф; 2,40–3,50 м – низинный осоковый торф; 3,50–4,20 м – низинный гипновый торф; 4,20–4,76 м – низинный осоково-гипновый торф (рисунок 3.7).

В ходе стратиграфического исследования определена последовательность напластования торфов различного ботанического состава и свойств, отражающих смену условий торфонакопления в залежах. Установлено чередование генетически однородных пластов, вызванных сменой фитоценозов, происходящих в результате изменений климатических и экологических факторов. Результат стратиграфического исследования и ботанического анализа торфов мезотрофного Тимирязевского болота указывают на то, что наиболее вероятный, путь появления болота – это заболачивание бессточной котловины и образование в ней низинного осоково-гипнового и гипнового болота. Болотообразовательный процесс шел главным образом за счет разрастания болота вширь и заболачивания прилегающего к болоту суходола.

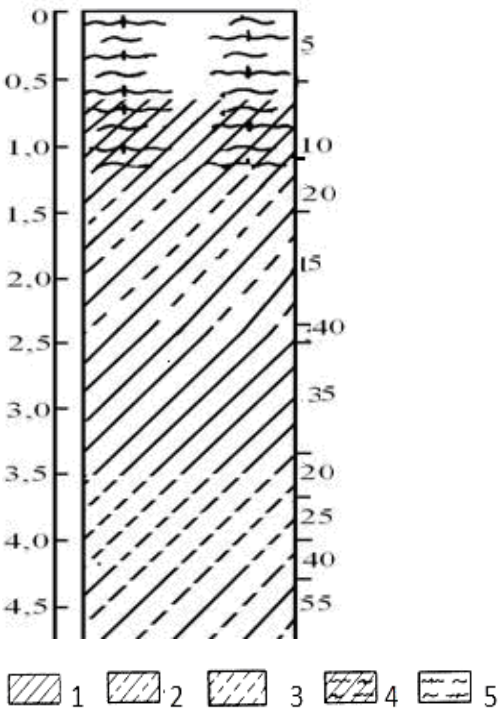


Рисунок 3.7 – Строение торфяной залежи Тимирязевского болота: *низинные торфа:* 1 – топяно-осоковый, 2 – топяно-осоко-гипновый, 3 – топяно-гипновый; 4 – *переходный* – гипновый (комплексный); *верховые:* 5 – комплексный

Болото, образовавшееся в результате заболачивания котловины, имеет максимальную мощность торфяной залежи до 6.7 м. Торф подстилается песком темного цвета, ниже супесью. Нижние слои залежи представлены осоково-гипновым низинным торфом мощностью 56 сантиметров.

Осоково–гипновый торф (Sedge-Hypnum peat). Низинный торф травяно-моховой группы, в ботаническом составе которого от 40 до 65% остатков гипновых мхов, от 40 до 65% осок и не более 15% древесины. В залежах этого вида строения преобладают по мощности слои осоково–гипнового низинного торфа, которые или прикрываются пли подстилаются другими торфами топяного подтипа. Послойное распределение по вертикали качественных показателей в этих залежах как правило, довольно постоянно, с некоторым повышением ко дну торфяника степени разложения и зольности и понижением влажности.

Выше его расположен гипновый слой низинного торфа мощностью 70 сантиметров. *Гипновый низинный торф (Low-moor Hypnum peat)* моховой группы,

в содержащий в своём ботаническом составе (без учёта гумуса) не менее 70% остатков мхов, из которыхрых более половины составляют остатки зелёных мхов (Bryales), образуется в условиях повышенной обводнённости и минерализации питающих вод. Участки болот с преобладанием зелёных мхов образуют топи, располагаясь на склонах террас, в проточных котловинах водоразделов и старицах. *Гипновый низинный торф* откладывается сообществами гипновых мхов в притеррасной части пойм, староречий, в углубленных водораздельных котловинах. Встречается преимущественно либо в поверхностных слоях залежи, либо в нижних частях ее, нередко в придонном слое. В прошлом гипновые фитоценозы имели более широкое распространение, о чем свидетельствуют хорошо выраженные слои гипнового торфа в основании залежи болот как озерного, так и суходольного происхождения. Гипновый низинный торф хорошо отличается от других, так как в нем остатки гипновых мхов сохраняются в виде листочков коричнево–бронзовой окраски. При окислении на воздухе свежий образец торфа очень быстро темнеет. В растительном волокне торфа преобладают остатки гипновых мхов (70–80%): *Drepanocladus, Calliergon, Meesia, Scorpidium* и др. Из других остатков особенно характерны корешки осок разных видов. Единичны остатки тростника, вахты, белокрыльника, корки ивы. Степень разложения в среднем 25%, зольность небольшая (6–8%), но в условиях увлажнения жесткими водами может достигать 20%.

Над ним расположен осоковый торф мощностью 110 сантиметров. *Осоковый низинный торф* (*Low-moor sedge peat).* Низинный торф травяной группы, в ботаническом составе которого среди остатков травянистых преобладают осоки, не более 35% мхов и не более 15% древесины. *Осоковый торф* – один из наиболее распространенных травянистых торфов. Отличается от других мелковойлочной структурой: в свежем торфе заметны серые или бело-серые корешки осок, пронизывающие его во всех направлениях. Остатки осок значительны (60–80% всех остатков), в качестве примеси отмечаются остатки вахты тростника, сабельника. Из мхов представлены остатки гипновых мхов, остатки сфагновых единичны. Степень разложения в среднем составляет 25-30%,

зольность 6–12%. В зависимости от преобладания в волокне торфа корешков различных осок различают подвиды осокового торфа: лазиокарпа-торф (водораздельные болота в условиях обедненного питания) – зольность пониженная (5-7%), невысокая степень разложения (25–35%); омскиана-торф (пойменные болота в условиях периодического затопления) – зольность более высокая (8-12%);

Заканчивает низинный тип торфа осоковый – гипновый мощность которого в месте расположения скважины составляет 124 см.

Выше низинный торф сменяется торфом переходного типа, слоем около 52 см, сложенным – гипновым переходным торфом. Переходный тип торфа объединяет виды торфа, растительное волокно которых слагается остатками олиготрофных (на 10–90% от общей их массы), евтрофных и мезотрофных растений. Переходные торфа образованы остатками мезотрофных и олиготрофных сфагновых мхов, корешками осок, корой сосны и березы, а также остатками некоторых евтрофных растений. Наиболее характерные из них *Sphagnum obtusum, Sph. subsecundum, Sph.fallax, Sph. papillosum, Sph. magellanicum, Sph. angustifolium;* из гипновых мхов – *Drepanocladus fluitans, D. Vernicosus.* В отличие от низинного типа торфа в переходном типе торфа видовой состав растительного волокна постоянен не только для групп, но и видов торфа.

Переходные торфы в залежах располагаются между слоями низинных и верховых, обычно имеют небольшую мощность. Переходные болота развиваются в условиях обедненного водно-минерального питания, поэтому зольность торфов мала (4–6, реже 8%), характерна слабокислая реакция.

Выше его залегает комплексный верховой торф верхового типа, мощность которого 54 см. *Комплексный верховой торф (Complex high-moor peat).* Верховой торф моховой группы, в ботаническом составе которого от 70 до 100 % остатков сфагновых мхов, из которых более 15 % мочажинных сфагновых мхов вместе с остатками мочажинных травянистых растений.

Комплексный верховой торф близок по основным свойствам (зольности, влажности, степени разложения) предыдущему виду. Имеет более темную

окраску – светло–коричневую, характеризуется соломистой структурой. Торф этого вида откладывается в грядово–мочажинных, грядово–озерковых и грядово–озерных комплексах, преимущественно под фитоценозами бугров и кочек. В растительном волокне торфа представлены те же остатки, что и в сфагновом мочажинном, но значительно возрастает содержание остатков сфагновых мхов: *Sph. fuscum, Sph. magellanicum,* произрастающих на повышениях микрорельефа.

Поверхность торфяной залежи завершает слой мохового очеса, мощностью 10 см.

В зависимости от степени увлажнения в период образования и влияния других факторов в строении генетически неоднородной залежи наблюдаются различия в степени разложения торфа.

По результатам исследования видовых составов торфов слагающих торфяную залежь, была определена последовательность напластования торфов различного ботанического состава и свойств, отражающих смену условий торфонакопления в залежи. Установлено чередование генетически разнородных пластов, вызванных сменой фитоценозов, происходящих в результате изменений климатических и экологических факторов.

3.2.3 Методика установки скважин и подготовка к проведению наблюдений

Методика установки скважины и подготовка к проведению наблюдений предполагает последовательное выполнение таких мероприятий как:

1) подготовка площадки для размещения наблюдательных скважин, включая устройство деревянных настилов для прохода по болоту и предотвращения компрессионного воздействия на торфяную залежь в процессе наблюдений;

2) промерные работы и установку дополнительных скважин для измерения уровней болотных и грунтовых вод, определения направления фильтрационного потока;

3) установку опорной скважины (скважин) для пробоотбора с заглублением в минеральный грунт до уровня, расположенного ниже уровней грунтовых вод на прилегающем суходоле и глубины промерзания торфяных и минеральных грунтов;

4) установку дополнительных и вспомогательных скважин для наблюдений за:

4.1) уровнями грунтовых вод на прилегающем суходоле;

4.2) уровнями болотных вод;

4.3) колебаниями болотной поверхности;

4.4) отбора болотных вод из приповерхностного слоя. Расположение скважин выбирается с учётом возможности определения фильтрационного потока и размеров исследуемого объекта.

В ходе выполнения этих работ, в месте размещения стационарного пункта наблюдений, установлено две скважины – опорная скважина 1 пробоотборного комплекса, вспомогательная скважина 2 и место постоянного отбора проб болотных вод – 3 (рисунок 3.8).

Установка опорной скважины *1* была выполнена 10.05.2010 г.

Обсадная труба (рабочая колонна) имеющая конусный наконечник устанавливалась в торфяную залежь без предварительного бурения методом ударного вдавливания в грунт (рисунок 3.9).

Подобный метод выбран с целью предотвращения нарушения целостности структуры торфа, неизбежно нарушаемом в ходе предварительного бурения скважины. Применение этого метода позволило достичь наиболее плотного облегания рабочей колонны торфом, что обеспечило эффективную герметизацию затрубного пространства (естественная опресовка) исключая тем самым в вертикально направленное перетекание в этом пространстве воды.

Обсадная труба после прохождения торфяной залежи мощностью 4.76 метров была углублена в подстилающее минеральное дно болота на глубину 0.85 м.

Рисунок 3.8 – Расположение скважин на оборудованном пункте наблюдений 1 – скважина 1; 2 – скважина 2; 3 – скважина 3

Рисунок 3.9 – Установка скважины

Глубина вхождения скважины в минеральный грунт обусловлена необходимостью соответствия расположения линейной перфорации

расположенной на расстоянии 50 см друг от друга по длине скважины с стратиграфическим строением торфяной залежи.

После установки рабочей колонны, в течение трёх дней, происходило ее «вживление» в слой торфа, а затем проводились работы по откачки воды и проверки герметичности вертикальных интервалов планируемого отбора проб.

По завершению установки скважины, устье обсадной трубы имело превышение над поверхностью микрорельефа болота 0.39 м.

Уровень воды определялся превышением высоты устья скважины над уровнем в ней воды, а значение уровня – его суммированием этого значения к значению высотной отметки устья скважины приведенной к условной высоте. Измеренный уровень воды, через десять минут после установки скважины, составил 4.76 метра от устья.

Скважина 2 выполнена в соответствии с требованиями представленными в наставлениях болотным станциям и постам [Наставление…, Вып. 8, 1990] в структуре Росгидромета для измерения уровня воды и определения ее химического состава (применяемых на болотных станциях).

Для отбора проб болотных вод, на болотных станциях структуры Росгидромета, устанавливают специально изготовленную скважину–трубу, представляющую собой частично перфорированную винипластовую трубу диаметром 50–65 мм (90–100 мм для маломощных торфяных залежей), нижний конец которой имеет вид конуса. Такие трубы–скважины устанавливают в весеннее–летний период в отверстия, пробуренные торфяным буром. Для удобства заглубления в верхней части винипластовой трубы–скважины просверливают отверстие, в которое вставляют металлический стержень. Скважину устанавливают так, чтобы верхний край ее выступал над поверхностью болота не более чем на 10–15 см. Общую длину скважины и длину отстойника h_0 рассчитывают с учетом получения пробы воды объемом не менее 2 л и среднего многолетнего значения минимального уровня болотных вод изучаемого микроландшафта. Верхний край перфорированной части трубы-скважины после ее установки должен находиться на 10–15 см ниже минимального уровня воды.

Скважины, ориентированные на наблюдение за изменениями уровней болотных вод освещают эти изменения только в пределах деятельного горизонта, не учитывая гидродинамического режима всей толщи торфа [Наставление…, Вып. 8, 1990].

Скважина 2, расположена в двух метрах от опорной скважины 1. Её назначением является наблюдение за изменением уровенного и гидрохимического режима болотных вод на болотных станциях. Гидрохимический состав этой скважины характеризует физико-химические свойства воды в условиях её формирования, приуроченных к деятельному слою активного водообмена торфяной залежи.

В соответствии с установленной в наставлениях методикой проведения работ, уровень болотных вод считается параллельным поверхности болотного микроландшафта и определяется превышением уровня воды в скважине над приведённым к поверхности микрорельефа репером. Из этой скважины также производился отбор проб воды для определения происходящих изменений химического состава деятельного горизонта.

Оборудованный постоянный пункт отбора проб с поверхности болота – 3 представляет собой сделанное углубление на поверхности болота на глубину 50 см, расположенную в трёх метрах от скважин 1 и 2. Для предотвращения разрушения, стенки углубления армированы пластиковой сеткой.

Вода в этой точке опробирования представляет характерный химический состав воды корнеобитающего слоя, в который её поступление обусловлено фильтрацией вод с поверхности микрорельефа болота, поступающих на его поверхность в виде атмосферных осадков и вод капиллярного поднятия с нижерасположенных слоев деятельного горизонта.

Эта скважина находится в непосредственной близости к поверхности болота в связи с чем, её уровень воды, оперативно реагирует на изменения гидрологического режима, происходящего в деятельном слое торфяной толщи в отличие от существенной инерционности наблюдаемой в скважине 2.

Уровни в скважинах 2 и 3 не всегда совпадают в одномоментном изменении, в виду наличия инертности этих изменений во влагонасыщенном слое деятельного горизонта характеризуемой уровенным режимом в скважине 2, но тенденция взаимной связи этих изменений просматривается. Назначение этих скважин, сводится к выявлению зависимости гидрологического режима деятельного горизонта, его верхний (корнеобитающей) части и режима охватывающего всю толщу торфяной залежи.

Дополнительные скважины 4 – 9 установлены при использовании метода предварительного бурения с последующей опресовкой. При опресовки скважин использовались специально изготовленные скважины-трубы, представляющие собой частично перфорированные винипластовые трубы диаметром 50 мм. Назначение этих скважин сводится к наблюдению за уровенным режимом болотных и грунтовых вод.

3.2.4 Методика проведения гидрогеологических наблюдений и пробоотбора

Существующие в настоящее время способы, приспособления и устройства для отбора проб воды часто конструктивно различны в зависимости от решаемых задач. Однако в проведении исследовательских работ приходится сталкиваться с тем, что поставленные задачи, требуют совершенствование этих устройств и их адаптации под особые условия исследований, а иногда возникает необходимость создания новых приборов и устройств с принципиально новым подходом в решении этих задач. Принцип работы, конструктивные особенности, технические характеристики приборов и методик их применения различны, но в целом они сводятся к двум способам. Вода транспортируется на поверхность по трубам (шлангам) или поднимается в закрытых и герметичных емкостях, в которые она попадает с требуемых слоев водной массы. Вода может подниматься с разных слоёв водяного столба в соответствии с конструктивной особенностью применяемого оборудования но, несмотря на различие методы и разность

подходов, эти методы объединяет то, что отбор проб производят из одной массы воды, находящейся в колодце или скважины. Отбираемая вода имеет достаточно длительный контакт с условиями внешней среды. Отбираемые пробы воды в этом случае представляют их балансовый состав поступающий из локального слоя деятельного горизонта обусловленного параметрами перфорации выполненной на обсадной трубе скважины. В этом случае, отобранная проба не отражает химический состав и физические свойства воды той части горизонта, который не охвачен перфорацией обсадной трубы. Изменения состава воды поступающей из одного водоприемного узла обусловлены в основном, либо наружным воздействием, либо происходящими изменениями локального слоя водоносного горизонта с которого происходит ее поступление в скважину.

Применяемые на болотных станциях Росгидромета скважины позволяют наблюдать изменения уровней болотных вод приуроченных к деятельному горизонту, но не характеризуют происходящие изменения в разрезе всей торфяной толщи.

По результатам химического анализа отобранных таким образом проб воды делается вывод о ее качестве, изменении ее химического состава от времени и глубины отбираемой пробы. В связи с этим, химический состав этих проб характеризует воды только отдельных водовмещающих слоев, не дифференцируя происходящие изменения их состава обусловленных глубиной залегания. При исследовании химического состава болотных вод на разных вертикальных интервалах торфяной залежи, в отдельных случаях используют интервальный способ отбора проб воды с плановым разбросом точек опробования.

Одна из поставленных задач в изучении изменений химического состава болотных вод заключается в периодическом отборе проб воды с фиксированных точек расположенных в одной плановой вертикали распределенной в разрезе торфяной залежи, проводимом в течение всего года без нарушения структуры торфяных масс и протекающих в них гидродинамических условий. Известные технические решения, закреплённые в нормативных документах Росгидромета [Наставление…, Вып. 8, 1990], не позволяют обеспечивать подобные условия в

рамках существующих возможностей отечественной системы экологического мониторинга.

Для получения достоверных данных по результатам анализа физических свойств и химического состава отбираемых вод, соответствующих отбираемому вертикальному интервалу, была проведена разработка методов и методик, позволяющих проводить отбор проб в соответствии требованиям к условиям проводимых исследований.

Для решения этой задачи применена методика отбора проб воды производимой на одной вертикали в фиксированных точках опробирования расположенных на разных глубинах. [Комплекс для отбора проб воды…, 2015].

Для проведения комплекса исследований были осуществлены мероприятия направленные на выполнение условий технически обеспечивающих возможность проведения работ при минимальном механическом воздействии на поверхность торфяного слоя. Место расположения поста было оснащено лёгким съёмным (переносным) настилом, устанавливаемым в момент проведения работ в месте расположения скважин.

Наблюдения за уровенным режимом и отбор проб воды проводились в опорной скважине 1, вспомогательной скважине 2 и специально оборудованном постоянном месте отбора проб.

Методика проведения пробоотбора и гидрогеологических наблюдений включает в себя последовательное проведение:

1) наблюдений за уровнями воды в опорной, вспомогательных и дополнительных скважинах (в одной системе высот) с учётом [Наставление…, Вып. 8, 1990];

2) наблюдений за средней поверхностью болота выполняемых методом линейной таксации в соответствии с [Наставление…, Вып. 8, 1990];

3) отбора проб воды из вспомогательных скважин из приповерхностного слоя с учётом [Наставление…, Вып. 8, 1990];

4) проведения наблюдений за уровенным режимом болотных вод в опорной скважине 1, вспомогательной 2, в дополнительных скважинах 7–9, а также за наблюдениями уровней грунтовых вод в дополнительных скважинах 4–6;

5) отбора интервальных и смешанных проб воды из опорной скважины в основные фазы водного режима (половодье, паводки, межень). В последнем случае использовалось два способа пробоотбора из опорной скважины 1;

6) наблюдений за гидродинамическим режимом болотных вод в разрезе торфяной залежи на фиксированных интервалах опробирования.

Опорная скважина 1, предназначена:

- для наблюдения за изменением балансового уровня воды на участке исследуемого болота характеризующего водообменные процессы проходящие в торфяной залежи;

- поинтервального и смешенного отбора проб воды.

Под балансовым уровнем понимается такое положение уровня воды в опорной скважине 1, которое соответствует балансу поступления вод с различных вертикальных интервалов (через боковые отверстия расположенные по длине трубы) к оттоку этой воды в нижерасположенные вертикальные интервалы от установившегося уровня. Так как поступление и отток воды в скважине происходит через равные расстояния между перфорированными отверстиями, то уровень определяемый в этой скважине является интегральной характеристикой гидродинамического режима в торфяной толще. В дополнение к этому, в процессе отбора проб воды с фиксированных вертикальных интервалов велось определение значения фильтрационных расходов с опробуемых интервалов. Эти наблюдения в своей совокупности выявляют условия формирования взаимосвязанных процессов фильтрации, проходящих в генетически разнородных слоях торфяной залежи. Полученные значения фильтрационных расходов позволяют делать вывод об изменчивости гидрологического режима на различных вертикальных интервалах торфяной залежи от гидрологических условий в этом вертикальном интервале (зависящих от сезонных и метеорологических условий) и выявлять

закономерность изменения химического состава и физических свойств интервально отбираемой воды.

Подобный подход рассматривается в аналитическом методе, предложенном в 1960 году П.Я. Полубариновой – Кочиной, С.В. Аверьяновым, Н.Н. Веригиным, А.В. Лебедевым и др. В основу этого метода положено решение дифференциальных уравнений неустановившегося движения подземных вод в разных геолого-гидрогеологических условиях. Этот метод позволяет определять: питание грунтовых вод сверху (инфильтрацию осадков, испарение грунтовых вод); разность между притоком и оттоком грунтовых вод в горизонтальном направлении; перетекание грунтовых вод в нижележащие подземные горизонты и обратно движение напорных вод в грунтовый поток; изменение запаса подземных вод и баланса воды в целом.

В течение периода проводимых работ, на участке организованного пункта наблюдений расположенного в пределах исследуемого болота отрабатывалась методика отбора проб воды с фиксированных глубин, а также проводились наблюдения за уровенным и фильтрационным режимом болотных вод.

При отборе проб воды в опорной скважине 1 применялись два метода.

1) Обобщенный метод применялся при смешенном отборе проб воды на

изучение балансового химического состава и сводился к отбору проб из общей массы воды поступающей в скважину с различных вертикальных интервалов по однорядной вертикально расположенной линейной перфорации расположенной вдоль трубы, посредством создания вакуума в водоприёмной емкости.

Под балансовым химическим составом, понимается компонентный химический состав воды, поступающий в скважину через линейно расположенную перфорацию по всей толщи торфа и смешанный в общей массе воды сосредоточенной в скважине получившей интегральные физические свойства и химический состав.

Отобранная таким образом проба воды представляет балансовую характеристику химического состава вод вмещенных в разрезе торфяной залежи.

Этот метод отбора проб на определение балансового химического состава производился поднятием отбираемой смешанной пробы по погруженному в общую массу воды силиконовому шлангу, под действием снижения давления воздуха в приемной емкости накопителе. Поступающая в емкость накопитель проба воды после завершения отбора, переливалась в подготовленную ёмкость, связанную соединительным шлангом с емкостью накопителем. По завершению отбора воды, емкость отсоединялась от накопителя и герметизировалась пробкой.

2) Базовый метод использовался при интервальном отборе проб и заключается в том, что вода отбиралась посредством ее непосредственного поступления в приёмную камеру пробоотборника с требуемой глубины торфяной залежи. В этом случае вода поступала фильтрационным потоком из опробуемого слоя торфа. При этом конструктивная особенность пробоотборника предусматривала её поступление только с конкретно отбираемого вертикального интервала, тем самым исключая ее поступления из смежных вертикальных интервалов.

Поинтервальные пробы воды, из опорной скважины 1, отбирались после проведения отбора на определение балансового химического состава. Отбор проводился с фиксированных глубин непосредственно естественным фильтрационным потоком с каждого вертикального интервала. Опробирование всех вертикальных интервалов проводилось в один период времени (день).

Определение фильтрационного режима вертикальных интервалов осуществлялось в момент отбора проб с этих интервалов. В этом методе отбор проб воды производился с фиксированных интервалов торфяной залежи разработанным пробоотборником [Комплекс для отбора проб воды…, 2015]. Вода отбиралась послойно, начиная с 0.11 м от устья скважины, и заканчивая отметкой в 3.5м торфяной залежи. Пробы отбирались с интервалом 0.5 метров.

Выбор подобного метода отбора проб при других известных альтернативных методах представляется как наиболее эффективный в условиях проведения долгосрочных (стационарных) наблюдений в соответствии с применяемой методикой исследований.

Примененный метод отбора проб воды с фиксированных вертикальных интервалов в разрезе торфяной залежи из опорной скважины 1, значительно отличается от известного и применяемого ранее способа отбора проб воды, где пробы отбирались с разных глубин из ряда скважин. Этот способ характерен расположением в эффективной близости скважин принимающих и аккумулирующих воду с различных глубин торфяной залежи.

Подобная технология отбора болотных вод относящихся к различным фиксированным горизонтам торфяной залежи, основанная на установлении определённого количества скважин, расположенных в разных плановых точках и принимающих воду с различных интервалов.

Этот метод отличается от технологии отбора проб разработанного и примененного нами в том, что в нашем случае отбор проб производится с различных фиксированных глубин торфяной залежи, по одной плановой вертикали. Кроме того преимущество примененного нами способа заключается в фиксации рабочей колонны в минеральном грунте, тем самым обеспечивая фиксированное высотное положении водоприемных отверстий в разрезе торфяной залежи. В другом случае, (описываемом выше) происходит плановый разброс вертикалей торфяной залежи, что приводит к нарушению целостности структуры торфяной залежи и утрате однородной взаимосвязи опробуемых вертикальных интервалов.

В связи с этим, результаты получаемые при применении разработанного метода имеют более высокую надёжность при продолжительном периоде времени его применении. Это связанно с тем, что:

1) пробы отбираются по одной вертикали, что является обязательным в соответствии с применяемой методикой проведения отбора проб;

2) при длительном использовании этого метода, минимизируются, а в некоторых случаях исключаются неизбежные погрешности, появляющиеся в многоточечных методах отбора проб. Эти погрешности, вызванные отсутствием целостной механической связи между вертикальными интервалами разбросанных в плане скважин, приводят к изменениям во времени высотных отметок,

некоторых вертикалей. Это происходит за счёт колебаний поверхности болота, изменений уровней болотных вод, погрешностей вызванных сложными условиями нивелировки при приводке к единой высотной отметки каждой из этих скважин, и т.п., что приводит к изменениям условий однородности результатов наблюдений на «выпавших» вертикалях.

Представляемый пробоотборник и разработанная методика отбора воды отличается принципиально другим подходом к отбору пробы воды и решаемой этим задачей. Метод примененный в исследованиях основан на методике отбора проб осуществляемой по всем фиксированным интервалам одной вертикали торфяной залежи в один период времени (день). Отбор проб производился из расчёта полученья 50–и мл воды с каждого опробируемого интервала. Для этого в скважину 1, помещался пробоотборник и под действием тяжести гнетущего груза на прикрепленном подъёмном тросе пробоотборник погружался в скважину с фиксацией на требуемой глубине отбора пробы воды (рисунок 3.10). После установки пробоотборника на требуемый интервал устье скважины закрывалось, в целях предотвращения попадания мусора, пыли, дождевой воды и т.п. Глубина опускания пробоотборника определялась по, разметкам (маркам) нанесённым на подъёмном тросе.

Для отбора проб на полный химический анализ, вода отбиралась в объёме 600 мл. Так как отбор воды такого объёма требовал значительного времени то перед началом отбора пробы, применяя пробоотборник, устанавливался расход поступления воды из опробируемого фиксированного интервала с целью определения времени наполнения требуемого объёма. После определения фильтрационного расхода, в интервале отбора пробы воды, рассчитывалось требуемое время нахождения пробоотборника на этом интервале.

Для отбора пробы воды объёмом 600 мл, водоприемник объёмом 50 мл, заменялся на накопительную емкость представляющую собой эластичный полиэтиленовый накопитель вмещающий 600 мл и предварительно обработанный.

Рисунок 3.10 – Пробоотборник

Пробоотборник устанавливался на требуемый интервал и устье скважины закрывалось для предотвращения попадания мусора, пыли, дождевой воды и т.п. В расчетное время пробоотборник извлекался из скважины, вода из накопительной ёмкости перемещалась в транспортировочную.

Оценка фильтрационного режима опробируемого интервала в разрезе торфяной залежи проводимая в сроки отбора проб воды с целю определения фильтрационного расхода воды поступающей в водоприёмный резервуар пробоотборника осуществлялась следующим образом. Пробоотборник размещался на требуемом интервале скважины, по истечении времени определяемым электронным секундомером, пробоотборник поднимался на поверхность и по градации нанесённой на прозрачном пластиковом корпусе водоприёмника, с точностью определения 2.5 мл, определялся объём поступившей в нее воды с данного интервала торфяной залежи за расчетное время. Затем водоприемник пробоотборного устройства отделялся от пробоотборника, плотно закрывался крышкой и тщательно взбалтывался, тем самым равномерно распределяя по всему объёму находящуюся в пробе воды взвесь. С целью уточнения определения объёма взятой пробы, вода из

водоприемника переливалась в мерный цилиндр, с точностью измерения 1 мл. Полученные результаты измеренных объёмов сравнивались, тем самым исключая возможную ошибку допущенную при измерении. По среднему значению двух измерений определялся окончательный объём. Объемный расход воды определялся по времени нахождения пробоотборника на измеряемом интервале (времени его наполнения) и установленному объёму воды попавшему в камеру – накопитель. Выраженный в размерности мл/мин, он характеризует интенсивность фильтрации характерную этому интервалу торфяной толщи. Полученные значения заносилось в таблицу полевого журнала.

Отбор проб воды из вспомогательной скважины 2 и постоянно оборудованного места отбора проб воды 3 с поверхности болота производился в период проведения работ по скважине 1.

Отбор проб воды из скважины 2, производился после определения в ней уровня. Порядок отбора проб воды выполнялся из общей массы воды поступающей в скважину, аналогично производимому в скважине 1 по отбору смешанных проб.

В ходе наблюдений за уровенным режимом опорной скважины 1, было отмечено значительное колебание уровенного режима болотных вод со значительной разницей наблюдаемых уровней во вспомогательной скважине 2. Наблюдаемая разность уровней в скважинах 1 и 2 в период отсутствия поступления жидких осадков на поверхность болота и отсутствии поступления склонового стока составляет более 3 метров. Изменения уровня воды в опорной скважине в разные периоды свидетельствует об изменении влагонасыщенности слоев торфа слагающих торфяную залежь. Из этого можно сделать вывод, что изменения уровенного режима вод поступающих в скважину с различных глубин торфяной залежи, является балансовой характеристикой гидродинамического режима болотных вод.

Порядок отбора проб воды и ее транспортировка осуществлялась в соответствии с требованиям ГОСТ Р 51592–2000 регламентирующий порядок отбора проб воды.

Непосредственно в период отбора проб определялись значения Eh, pH, УЭП, при использовании (прибора «Water-Test») в полевых условиях (рисунок 3.11).

Рисунок 3.11 – Электронный анализатор Water-Test

3.2.5 Математические методы обработки полученной информации

Аналитическая обработка полученной информации основывается на математических методах, включающих в себя метод статистического анализа и метод математического обобщения, т.е. унифицирования полученных данных, приведения их в единообразный, безразмерный вид с учётом пространственного распределения.

Методы статистического анализа. Методика исследования, включает в себя статистический анализ полученного в ходе проведения полевых работ ряда концентраций химических элементов определенных средствами лабораторного анализа по отобранным пробам воды, а также ряда фильтрационных расходов, полученного непосредственным измерением в ходе отбора проб воды, на начальном этапе. Определяемые статистические параметры включают в себя:

– предварительный анализ исходных данных;

– проверка ряда на случайность;

– проверка ряда на однородность;

– расчет параметров распределения;

– расчет погрешности параметров распределения.

Целью предварительного анализа является выявление грубых ошибок и анализ исходных данных в оценке исследуемых рядов. В ходе проведения подобного анализа проводилось сравнение в изменениях химического состава, за различные периоды опробирования и в применении различных методов, на отсутствие значимых расхождений. Кроме того в оценку достоверности ряда входил анализ точек единично-максимальных значений т.е. их допустимое выпадение из общего распределения. Также показатель надежности получаемых результатов характеризовался их сопоставлением с типичными данными приведенными в справочной литературе, фондовых материалах и опубликованных данных. Косвенное подтверждение надежности исходной информации проводилось на основе аналитической обработки, графического анализа (выражающегося в проявлениях тенденций распределения) и повторяемости исследуемого материала.

Обработка эмпирических данных осуществлялась для статистических совокупностей, вероятностная структура которой описывается в рамках математической модели случайной величины.

Для проверки соответствия исследуемого ряда на случайность определяется выбор наиболее адекватной математической модели описывающей вероятную структуру анализируемых рядов.

В качестве нулевой гипотезы принято утверждение, что ряд характеризует последовательность независимых значений исследуемой случайной величины. В данном случае применение критерия случайности основано на сопоставлении конкретных статистик эмпирических рядов к которым относятся ряды фильтрационных расходов и значений химического состава. В нашем случае была применена модель авторегрессии первого порядка (простая цепь Маркова) определяющий критерий значимости коэффициента автокорреляции:

$$r < \sigma_r \, t_{2a} = -0.11 < -0.24, \quad (1)$$

где: r–коэффициент автокорреляции, определяемый по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}[(x_i - \bar{x})(x_{i=1} - \bar{x})]}{(n-2)\sigma^2} = -0.11, \quad (2)$$

σ_r – его абсолютная погрешность; t_{2a} – нормированная ордината нормального закона распределения при уровне значимости $2a$ = 5%.

Значение σ_r рассчитывается по формуле:

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-2}} = 0.14. \quad (3)$$

Результат проведенного расчета свидетельствует о том, что гипотеза о случайности ряда не опровергается.

Следующим этапом проведена проверка ряда на однородность. Для проверки ряда на однородность использовался статистический критерий Фишера:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*}, \text{ где: } D_1^* > D_2^* . \quad (4)$$

Гипотеза об однородности ряда по дисперсии не опровергается, при выполнении неравенства: $F^* < F_{2a}$,

где: F_{2a}– теоретическое значение Фишера при уровне значимости $2a$ = 5%.

Расчет показал, что гипотеза об однородности ряда не опровергается и условия формирования исследуемого ряда остаются не низменным.

Статистические параметры распределения исследуемых рядов и значения их погрешности получены по результатам выполненных расчетов:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum \Delta_p^2}{n-1}} = 25.3714, \quad (5)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum \Delta_a^2}{n-1}} = 0.3019, \quad (6)$$

$$r = \frac{\Sigma\Delta_p\Delta_a}{\sqrt{\Sigma\Delta_p^2\Sigma\Delta_a^2}} = \frac{\Sigma\Delta_p\Delta_a}{n\sigma_p\sigma_a} = -089, \quad (7)$$

$$E_r = 0.674\frac{1-r}{\sqrt{n}} = 0.14. \quad (8)$$

Анализ рядов относительной интенсивности фильтрационных расходов воды по глубине торфяной залежи и приведенных к среднему значению сумм главных ионов позволил выявить статистически значимую связь (коэффициент корреляции составляет –0.89 при погрешности определения 0.14).

На рисунке 3.12, представлен график связи, характеризующий линейную корреляционную связь, выраженную через уравнение регрессии:

$$y = -70{,}05x + 84{,}79 \quad (9)$$

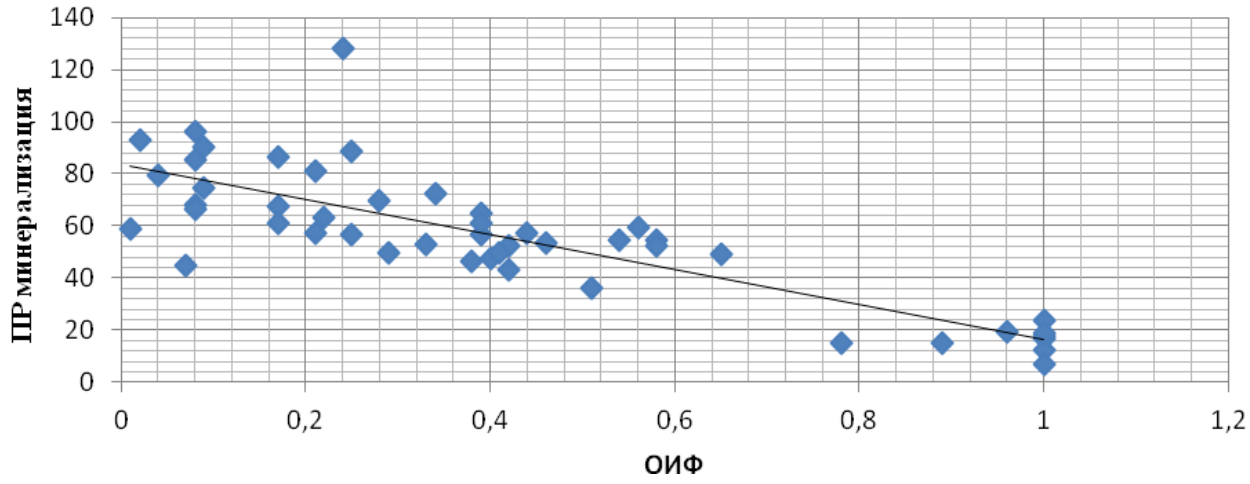


Рисунок 3.12 – График связи, определяющий корреляционную зависимость между приведенной суммой Σ главных ионов и относительной интенсивности фильтрационных расходов

Исходя из представленного графика видно, что увеличение плотности корреляционной связи между минерализацией и фильтрационным режимом происходит с уменьшением скорости фильтрации отбираемых проб.

При обработке полученных данных применен метод математического обобщения, т.е. унифицирования полученных данных, приведения их в единообразный, безразмерный вид с учётом пространственного распределения.

Суть этого метод сводится к переходу характеристик полученных в определяемой размерности к их безразмерным значениям. Цель применения подобного метод – получение возможности сравнения между различными определяемыми характеристиками имеющих различную размерность для выявления связи в их зональном и временном распределении.

Исходя из того, что значения рядов сумм главных ионов и значений фильтрационных расходов представляют собой две многопараметровые подобные системы, можно сделать вывод о существовании в этих системах отношений величин принадлежащих к одной и той же системе являющимися аналогичными отношениями для другой системы. Эти отношения будут одинаковые не только

для какой-либо одной пары подобных (рассматриваемых) систем, а для всех подобных систем независимо от того, какие между ними коэффициенты подобия.

Исследование рядов, подтвердило гипотезу, что при коэффициенте подобия, сохраняется постоянное значение для всех сходственных точек двух подобных систем, но не сохраняющееся для другой пары подобных систем, а при инварианте подобия наоборот – различны для разных точек системы, но не меняются при переходе одной системы к другой ей подобной. Исходя из этого, рассматриваемые разноразмерные величины были выражены через модульные коэффициенты.

Для обезразмеривания величин, координаты и параметры объекта разделены на характерные им размеры и параметры, выбранные в качестве масштабов измерения и имеющие те же размерности: $C/C_0 = k$, где C_0 – характерный показатель системы выбранный в качестве единицы измерения параметра C и имеющий с ним одну и ту же размерность; k – безразмерная величина, являющаяся результатом сопоставления параметра C с единицей измерения C_0. Подобный подход позволил выявлять характерные масштабы в исследуемых системах, определить границы приемлемости делаемых нами выводов. Это свойство наглядно демонстрируется с помощью инвариантов подобия. Кроме того, с их помощью более естественно и ясно удаётся произвести выбор единиц измерения типа C_0. В применении этого метода, при оперировании данными безразмерными величинами происходит гораздо более медленное накопление ошибки, что является приоритетном в оценке достоверности анализируемых данных.

Для изучения полученных в ходе лабораторных исследований результатов и значений фильтрационного режима, полученных при выполнении полевых работ непосредственно при отборе проб воды с различных глубин в разрезе торфяной залежи, представляет интерес сравнения полученных результатов. Это позволяет типизировать протекающие процессы в их зонально-временом распределении. Однако в определяемых размерностях, сравнение исследуемых величин и последующий анализ, основанный на подобном подходе,

представляется невозможным. В связи с этим был применен метод математического обобщения.

За весь период проведения полевых работ было отобрано 59 проб, 48 из которых отобраны по восьми фиксированным вертикальным интервалам в один период опробирования в целях исследования распределения макроэлементного состава в разрезе торфяной залежи. В ходе отбора проб воды были получены ряды фильтрационных расходов, а по результатам лабораторных исследований отобранных проб, проводимых в аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета, был получен компонентный химический состав с выделением из него значений сумм главных ионов.

Полученные значения представлены в таблицах 3.2 – 3.3.

Таблица 3.2 – Фильтрационный объем воды, мл/мин, поступающей в скважину по глубине торфяной залежи в период отбора проб

Глубина, м	Дата измерения					
	25.04.11г	1.09.11г	4.11.11г	13.04.12г	31.05.12г	31.07.12г
0,1	0,78	0,98	0,12	1,5	10,60	0,52
0,5	0,48	0,76	0,8	0,1	2,6	0,31
1,0	0,92	0,78	1,6	0,21	2,6	0,6
1,5	0,78	0,56	2,64	0,37	0,85	0,4
2,0	1,16	1,04	3,76	0,99	3,25	0,92
2,5	1,78	1,78	3,9	0,8	0,90	1,8
3,0	0,75	0,75	3,70	1	0,85	0,76
3,5	2	1	9,40	4,7	3,65	1,40
среднее	1,08	0,96	3,24	1,21	3,16	0,84

Приведённые в таблице 3.2 фильтрационные расходы воды в мл/мин, поступающие в скважину с различных фиксированных глубин торфяной залежи за один период отбора проб, представлены в значениях относительной интенсивности фильтрационных расходов (ОИФ) выражены в таблице 3.4.

Таблица 3.3 – Сумма главных ионов, мг/дм^3, т.е. сумма концентраций основных компонентов минерального состава: катионов (кальция, магния, калия, натрия) и анионов (сульфатов, хлоридов)

Глубина м	Дата измерения						
	25.04.11 г.	01.09.11 г.	04.11.11 г.	13.04.12 г.	31.05.12 г.	31.07.12 г.	среднее
0,1	40,99	45,71	2,18	55,22	22,69	30,69	32,91
0,5	56,91	43,16	18,4	7,68	72,76	22,66	36,93
1,0	45,33	46,66	33,28	13,81	46,7	38,06	37,31
1,5	46,97	28,64	56,63	26,14	18,36	30,24	34,50
2,0	58,56	56,77	54,89	66,59	92,8	39,93	61,59
2,5	24,91	33,13	59,94	57,38	27,35	40,77	40,58
3,0	32,32	41,1	69,89	47,24	17,85	39,14	41,26
3,5	31,44	62,12	35,10	92,54	83,45	24,87	54,92
среднее	42,18	44,66	41,29	45,83	47,74	33,29	42,50

Таблица 3.4 – Изменение по глубине торфяной залежи и во времени относительной интенсивности фильтрационных расходов в опорную скважину q_i*

Глубина, м	Дата измерения					
	25.04.11 г.	01.09.11 г.	04.11.11 г.	13.04.12 г.	31.05.12 г.	31.07.12 г.
0,1	0,39	0,55	0,01	0,32	1,00	0,29
0,5	0,24	0,43	0,09	0,02	0,25	0,17
1,0	0,46	0,44	0,17	0,04	0,25	0,33
1,5	0,39	0,31	0,28	0,08	0,08	0,22
2,0	0,58	0,58	0,40	0,21	0,31	0,51
2,5	0,89	1,00	0,41	0,17	0,08	1,00
3,0	0,38	0,42	0,39	0,21	0,08	0,42
3,5	1,00	0,56	1,00	1,00	0,34	0,78
среднее	0,54	0,54	0,34	0,26	0,30	0,47

Примечание: q_i*= q_i/q_{max}, где q_i – расход воды, поступающей в скважину с i-ого интервала опробования (измерен объёмным методом с помощью пробоотборника, рис. 1), мл/мин; q_{max} – максимальное значение q_i для всех интервалов, мл/мин

ОИФ – сравнительная характеристика фильтрационного режима опробируемых интервалов, относительно интервала с наибольшим фильтрационным расходом. В этом случае наибольший объём поступающей в скважину воды из измеренных по вертикали (в мл/мин) в срок отбора проб принят за единицу, а значения остальных объёмов отобранных в период отбора, определенны относительно его. Из этого, значения относительной интенсивности фильтрационных расходов возможны в диапазоне от 0 до 1. ОИФ воды косвенно отражает фильтрационные свойства сравниваемых генетически разнородных торфов.

Относительная интенсивность фильтрационных расходов рассчитывалась по отношению:

$$оиф = \frac{V_i}{V_{max}}, \quad (10)$$

где V_i – объемы поступающей в скважину воды с i-ого интервала опробирования в мл/мин;

V_{max} - максимальный объем поступающей в скважину воды с i-ого интервала опробирования (величина безразмерная).

Показатели сумм главных ионов мг/дм^3 (таблица 3.3), были приведены в безразмерный вид по формуле 2 и представлены в таблице 3.5 в модульных коэффициентах *M*:

$$M = \frac{C_i}{C_{ср}}, \quad (11)$$

где: C_i – фактическое значение определённого химического элемента (сумм главных ионов) на каждом вертикальном интервале торфяной залежи;

$C_{ср}$ – среднеарифметическое содержание определенного химического элемента (сумм главных ионов) по всем опробированным вертикальным интервалам торфяной залежи.

Таблица 3.5 – Модуль Σ главных ионов (модуль суммы концентраций основных компонентов минерального состава)

Глубина, м	Дата измерения						
	25.04.11	1.09.11	4.11.11	13.04.12	31.05.12	31.07.12	среднее
0,1	0,97	1,02	0,05	1,2	0,48	0,92	0,77
0,5	1,35	0,97	0,45	0,17	1,52	0,68	0,86
1,0	1,08	1,04	0,81	0,3	0,98	1,14	0,89
1,5	1,11	0,64	1,37	0,57	0,38	0,91	0,83
2,0	1,39	1,27	1,33	1,45	1,94	1,2	1,43
2,5	0,59	0,74	1,45	1,25	0,57	1,22	0,97
3,0	0,77	0,92	1,69	1,03	0,37	1,18	0,99
3,5	0,75	1,39	0,85	2,02	1,75	0,75	1,25
среднее	1	1	1	1	1	1	1,00

В таблице 3.6, для типизации кривых зависимостей, характеризующих наличие связи между гидродинамическими характеристиками и химическими показателями, фактические значения сумм главных ионов были приведены к одной общей средней величине по соотношению:

$$C_{пр} = \frac{оиф_{ср} \cdot C_{ф}}{оиф}, \qquad (12)$$

Таблица 3.6 – Значения суммы главных ионов, приведенные к среднему значению, мг/дм^3

Глубина, м	Дата измерения						
	25.04.11г	1.09.11г	4.11.11г	13.04.12г	31.05.12г	31.07.12г	среднее
0,1	56,82	44,6	58,8	44,5	6,77	49,5	43,50
0,5	128,2	54,3	74,5	92,8	88,50	61,30	83,27
1,0	53,28	57,2	67,4	79,5	56,8	53,2	61,23
1,5	65,11	48,9	69,5	85,4	68,3	63,4	66,77
2,0	54,58	52,2	47,3	81,3	90,3	36,4	60,35
2,5	15,13	17,8	49,8	86,7	96,10	19,00	47,42
3,0	46,59	52,4	61,2	57,1	66,4	43,2	54,48
3,5	17,0	59,4	12,1	23,8	72,3	14,9	33,25
среднее	54,59	48,35	55,08	68,89	68,18	42,61	56,28

где $С_ф$ – фактическое содержание химического показателя, определённое проведённым анализом отобранной пробы; , мг/дм^3;

оиф – относительная интенсивность фильтрационного расхода на каждом вертикальном интервале торфяной залежи;

оиф$_{ср}$ – среднее значение относительной интенсивности фильтрационного расхода по всем вертикальным интервалам торфяной залежи.

В таблице 3.7, приведённые значения сумм главных ионов представлены в модульных коэффициентах.

Таблица 3.7 - Модуль приведённых значений сумм главных ионов

Глубина, м	Дата измерения						
	25.04.11г	1.09.11г	4.11.11г.	13.04.12г	31.05.12г.	31.07.12г.	среднее
0,1	1,04	0,92	1,07	0,65	0,1	1,16	0,82
0,5	2,35	1,12	1,35	1,35	1,3	1,44	1,48
1,0	0,98	1,18	1,22	1,15	0,83	1,25	1,1
1,5	1,19	1,01	1,26	1,24	1	1,49	1,2
2,0	1	1,08	0,86	1,18	1,32	0,85	1,05
2,5	0,28	0,37	0,9	1,26	1,41	0,45	0,78
3,0	0,85	1,08	1,11	0,83	0,97	1,01	0,98
3,5	0,31	1,23	0,22	0,35	1,06	0,35	0,59
среднее	1	1	1	1	1	1	1

3.2.6 Фильтрационный режим болотных вод

Гидрохимический состав болотных вод имеет прямую связь от фильтрационных свойств вмещающих их торфов Б.С. Маслов, [2009]; Н.В. Чураев, [1963], М.П. Воларович, [1964]. Фильтрационные характеристики торфа определяются химическим составом дисперсионной среды и степенью её кислотности Рутковский, [1951], Черкасов, [1953], В.Е. Раковскиий, [1955]. На основе проводимых исследований изучения фильтрационных свойств от гидрологического режима делалось предположение о возможности изменения

фильтрационных свойств торфов, за счёт искусственного изменения химического состава болотных вод.

Для исследования влияния водообменных процессов на изменение химического состава вод как, по глубине залежи, так и во времени, была использована разработанная методика комплексного исследования химико-динамических свойств болотных вод на примере исследуемого натурного объекта.

Методика определения коэффициентов фильтрации различных слоёв слагающих торфяную залежь основана на определении скоростей фильтрации различных видовых слоёв торфяной залежи. Значение фильтрационного расхода поступающего в рабочую колонну скважины, с различных вертикальных интервалов, определялось как объем воды поступающий через площадь поперечного сечения отверстия линейной перфорации, расположенной на расстоянии 50 см друг от друга и выполненной по длине рабочей колонны.

Таким образом, были получены эмпирические значения фильтрационных расходов, которые при приведении в размерность мл/мин оценивались как интенсивность фильтрации (ИФ). Полученные результаты были сведены в таблицу 3.3, как интенсивность фильтрации воды в мл/мин, поступающей в скважину по глубине торфяной залежи в период отбора проб. В таблице 3.5, значения интенсивности фильтрационных расходов представлялись как относительные величины интенсивности фильтрации, выделенные относительно максимального расхода отобранного из всех интервалов в период (день) опробирования, как относительная интенсивность фильтрации (ОИФ) с их варьированием в пределах 0 – 1.

Следует отметить, что под понятием «относительная интенсивность фильтрации» понимается отношение фильтрационных расходов поступающих со всех вертикальных интервалов рабочей колоны к фильтрационному расходу интервала имеющему наибольшее значение. В поставленную задачу входило определение того, насколько интенсивность расхода полученного с какой либо глубины торфяной залежи отличалась от максимального значения определенного в данный момент времени, а так же, насколько измеренный расход с одной и той

же глубины изменялся во времени (от сезонности, или метеорологических условий). Коэффициент фильтрации в соответствии с законом Дарси определяется по известным формулам:

$$Q = k\frac{\Delta H}{\Delta L}F; \tag{13}$$

$$v = k\frac{\Delta H}{\Delta L} = kI; \tag{14}$$

$$k = \frac{Q}{IF}; \tag{15}$$

где: F – площадь поперечного сечения, см^2;

Q – объемный расход воды, см^3/с;

ΔH – изменения уровня жидкости, м;

ΔL – путь фильтрации, м;

I – уклон, гидравлический градиент;

v_d – средняя скорость движения воды, м/с;

k – постоянный коэффициент пропорциональности, зависящий от физических свойств воды и фильтрующей жидкости, названный коэффициентом фильтрации.

В нашем случае скорость фильтрации была выражена через количество воды проходящей в единицу времени через единицу площади поперечного сечения пористой среды:

$$v = \frac{Q}{F}. \tag{16}$$

Скорость фильтрации получена из условия движения воды осуществляемой через полое сечение пористой среды F, включая и площадь занимаемую скелетом торфяной породы. С физической точки зрения скорость фильтрации представляет собой фиктивную среднюю скорость, с которой бы двигалась вода в подобных условиях при отсутствии скелета породы. Действительная площадь сечения пор F_c, определяется по формуле

$$F_c = n_d \cdot F, \tag{17}$$

где n_d – динамическая пористость $n_d = F_c/F$. (18)

Если $V_d = \frac{Q}{n_d F}$, то $n_d = \frac{Q}{V_d F}$.

По известным формулам при условии, что I=1, v=k, производился расчет скорости фильтрации. В торфе градиент напора I изменяется в пределах 0.2–0.9, в среднем может быть принят как 0.5, Л.С. Амарян, [1969]. Из этого получая эмпирическое определение значения скорости фильтрации, и принимая коэффициент фильтрации как:

$$k = v/I, \quad (19)$$

из чего следует, что при $I = 0.5$, $k = 2v$.

Полученные значения сведены в таблицу 3.8

В таблице 3.8 представлены данные об интенсивности фильтрации, расходах, скоростях фильтрации (коэффициентов фильтрации) и объёмов болотных вод относящихся к 8 вертикальным интервалам на которых проводилось определение расходов воды за 6 периодов опробирования.

Таблица 3.8 – Значения расходов, скоростей фильтраций и объёмов по глубинам

F_d = 0,196 см^2						
h, м	ИФ, мл/мин	Q, см^3/с	V_d, см/с	F_c, см^2	V_d , см/сут	W, л/сут
25.04.11г						
		0,013	0,066	0	0,066	1123,2
0,1	0,78	0,000013	0,00006633	0,03841	5,730612	1,1232
0,5	0,48	0,000008	0,00004082	0,03841	3,526531	0,6912
1	0,92	0,000015	0,00007823	0,03758	6,759184	1,3248
1,5	0,78	0,000013	0,00006633	0,03841	5,730612	1,1232
2	1,16	0,000019	0,00009864	0,03775	8,522449	1,6704
2,5	1,78	0,000030	0,00015136	0,03885	13,07755	2,5632
3	0,75	0,000013	0,00006378	0,03995	5,510204	1,08
3,5	2	0,000033	0,00017007	0,03803	14,69388	2,88
1.09.11г.						
0,1	0,98	0,000016	0,00008333	0,0	7,2	1,4112
0,5	0,76	0,000013	0,00006463	0,0	5,583673	1,0944
1	0,78	0,000013	0,00006633	0,0	5,730612	1,1232
1,5	0,56	0,000009	0,00004762	0,0	4,114286	0,8064
2	1,04	0,000017	0,00008844	0,0	7,640816	1,4976
2,5	1,78	0,000030	0,00015136	0,0	13,07755	2,5632
3	0,75	0,000013	0,00006378	0,0	5,510204	1,08

Продолжение таблицы 3.8						
3,5	1	0,000017	0,00008503	0,0	7,346939	1,44
4.11.11г.						
0,1	0,12	0,000002	0,00001020	0,0	0,881633	0,1728
0,5	0,8	0,000013	0,00006803	0,0	5,877551	1,152
1	1,6	0,000027	0,00013605	0,0	11,7551	2,304
1,5	2,64	0,000044	0,00022449	0,0	19,39592	3,8016
2	3,76	0,000063	0,00031973	0,0	27,62449	5,4144
2,5	3,9	0,000065	0,00033163	0,0	28,65306	5,616
3	3,7	0,000062	0,00031463	0,0	27,18367	5,328
3,5	9,4	0,000157	0,00079932	0,0	69,06122	13,536
13.04.12г						
0,1	1,5	0,000025	0,00012755	0,0	11,02041	2,16
0,5	0,1	0,000002	0,00000850	0,0	0,734694	0,144
1	0,21	0,000004	0,00001786	0,0	1,542857	0,3024
1,5	0,37	0,000006	0,00003146	0,0	2,718367	0,5328
2	0,99	0,000017	0,00008418	0,0	7,273469	1,4256
2,5	0,8	0,000013	0,00006803	0,0	5,877551	1,152
3	1	0,000017	0,00008503	0,0	7,346939	1,44
3,5	4,7	0,000078	0,00039966	0,0	34,53061	6,768
31.05.12г.						
0,1	10,6	0,000177	0,00090136	0,0	77,87755	15,264
0,5	2,6	0,000043	0,00022109	0,0	19,10204	3,744
1	2,6	0,000043	0,00022109	0,0	19,10204	3,744
1,5	0,85	0,000014	0,00007228	0,0	6,244898	1,224
2	1,25	0,000021	0,00010629	0,0	9,183673	1,8
2,5	0,9	0,000015	0,00007653	0,0	6,612245	1,296
3	0,85	0,000014	0,00007228	0,0	6,244898	1,224
3,5	3,65	0,000061	0,00031037	0,0	26,81633	5,256
31.07.12г						
0,1	0,52	0,000009	0,00004422	0,0	3,820408	0,7488
0,5	0,31	0,000005	0,00002636	0,0	2,277551	0,4464
1	0,6	0,000010	0,00005102	0,0	4,408163	0,864
1,5	0,4	0,000007	0,00003401	0,0	2,938776	0,576
2	0,92	0,000015	0,00007823	0,0	6,759184	1,3248
2,5	1,8	0,000030	0,00015306	0,0	13,22449	2,592
3	0,76	0,000013	0,00006463	0,0	5,583673	1,0944
3,5	1,4	0,000023	0,00011905	0,0	10,28571	2,016

По результатам измерений фильтрационных расходов, сведённым в таблицу 3.2, построены графики (рисунок 3.13) на которых представлен характер изменчивости фильтрационного режима за все периоды отбора проб воды.

На графике (рисунок 3.13) просматривается тенденция одинаковой направленности этой изменчивости в разные периоды отбора проб, как между смежными вертикальными интервалами сделанными в один период (день), так и по каждой вертикали рассматриваемой за весь срок периода опробирования.

Выявленная закономерность рассматриваемой изменчивости характеризуется различными условиями – водности, сезонных и метеорологических условий, которые оказывают влияние на степень влагонасыщенности торфа, степени разложения, компрессионного уплотнения, а также от влияния сезонных изменений минерализации торфа. Нельзя отрицать возможность влияния локальных воздействий гидростатических нагрузок, под действием которых

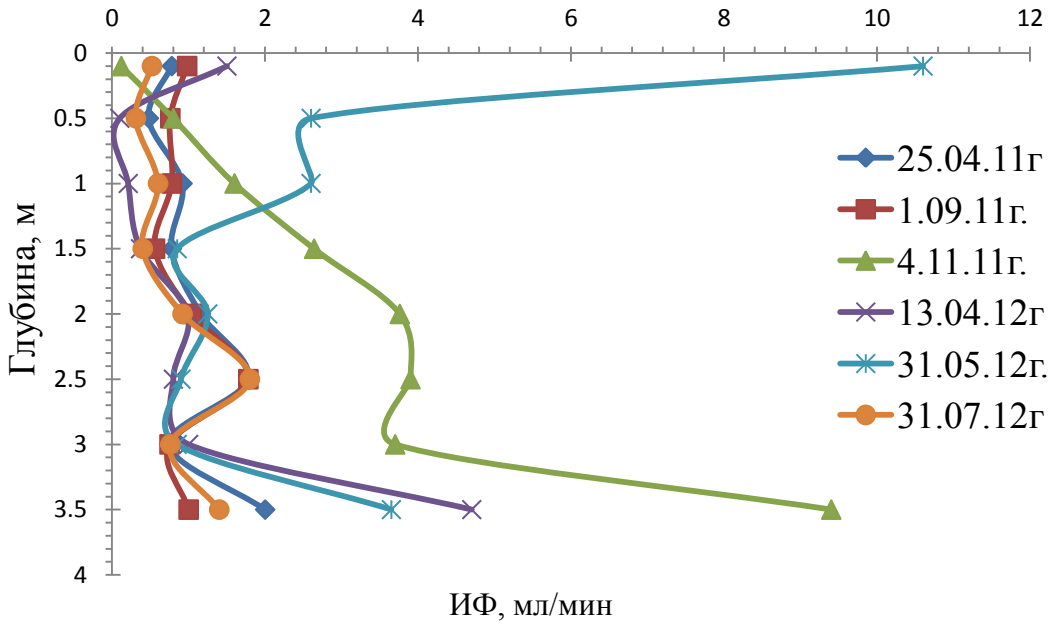


Рисунок 3.13 – Графики изменчивости фильтрационного режима по глубине торфяной залежи за все периоды опробирования

происходит деформация торфа меняющая форму и размер пор его скелета. Графики рисунка 3.13 однозначно характеризуют наличие энтропии взаимодействия типо–видовых слоев обусловленной прежде всего формированием барьерных условий. Это приводит к формированию индивидуальных особенностей в строении и развитии каждого слоя торфа, в

условиях сохранения существующих взаимосвязанных ограничений фильтрационного режима между этими генетически разнородными слоями слагающими залежь. Анализ представленных графиков характеризует выраженную закономерность в распределении фильтрационного режима как в разрезе торфяной залежи (порядок сезонных изменений фильтрационного режима), так и во времени (изменения фильтрационного режима по глубинам опробирования).

Сравнивая графики распределения фильтрационного режима относящиеся к разным глубинам в разных периодах, видна значительная амплитуда изменений гидрогеологического режима между вертикальными точками опробирования с повторяемостью этих изменений в различные периоды на каждой точке. Эта зависимость отчетливо просматривается на совмещённых графиках интенсивности фильтрации воды по толщине торфяной залежи.

Примененная методика позволяет эффективно оценивать степень и динамику изменения гидрогеологического режима и способствует выявлению закономерностей в распределении фильтрационных особенностей проходящих как в разрезе залежи, по одним и тем же вертикальным интервалам в разрезе этой залежи, по разным периодам времени, так и между всем опробируемыми вертикальными интервалами.

3.2.7 Контроль надежности получаемой информации

Составной частью методики отбора проб является минимизация возникающих погрешностей в виду незначительных изменениях химического состава отбираемых проб воды по вертикали торфяной залежи, особенно в составе торфов инертного слоя.

Особым видом работ, в плане определения надёжности отбора проб в рамках проводимых исследований, была проверка герметичности интервалов, между вертикально расположенными отверстиями рабочей колонны, что обеспечивает невозможность перетекания вод вышерасположенных вертикальных

интервалов по затрубному пространству. Это представляется необходимым, в виду того, что объективность полученных результатов химического состава и фильтрационного режима должна основываться на том, что отбираемая пробоотборником вода, относится к конкретному вертикальному интервалу, на котором производился отбор проб.

Герметичность фиксированных интервалов, с расположенными на них отверстиями, через которые в скважину поступает отбираемая проба воды, была проверена устройством, посредством которого на отрезке рабочей колонны, соответствующему заданному вертикальному интервалу создавался вакуум (рисунок 3.14).

Наличие вакуума характеризует герметичность тестируемого интервала, исключением перетекания воздуха из смежных интервалов через расположенные отверстия обсадной трубы.

Рисунок 3.14 – Газоотборник

Методика отбора проб воды ориентирована на наиболее полное отражение истинных свойств и качеств отбираемых вод, обусловленных условиями их формирования с исключением искажения посредством влияния внешних факторов. Выполнения этих условий позволяет исключить ошибки в получаемых значениях, что сказывается на качестве интерпретации обрабатываемых данных.

Точность измерения фильтрационных расходов обуславливалась получением среднего значения, получаемого от двойного измерения объема отбираемой пробы воды, определяемого в границах точности определения используемых устройств и оборудования.

Точность определения параметров Eh, pH, УЭП обеспечивалась применением электронного анализатора (прибора «Water-Test») в полевых условиях, непосредственно в период отбора проб.

По проводимому анализу имеющегося массива данных определялась допустимость совокупности применяемых методов и методик в технологии отбора проб и качественном уровне проведения анализов в лабораторных условиях, выраженная тенденцией однонаправленных изменений определенных параметров происходящих как во времени, так и в разрезе торфяной залежи.

Применение математических методов аналитической обработки полученных данных, включая статистическую обработку полученных данных с их последующей обработкой и анализом в представленных безразмерных величинах, обеспечивает минимизацию накопления ошибки, что является важным критерием в контроле получаемой информации и как следствие в доверительности сделанных на ее основе выводов.

3.2.8 Лабораторные методы определения химического состава болотных вод

Пробы на определение интегрированного (суммарного) состава химических элементов отбирались из общей массы воды поступившей в скважину с различных глубин торфяной залежи. Работы велись в течение года с выделением основных фаз водного режима (весеннее половодье, летнее–осенняя и зимняя межень).

Анализ отобранных проб воды проводился в аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета с использованием следующих методов:

удельная электропроводность χ – кондуктометрический;

pH и Eh – потенциометрический; SO_4^{2-}, Cl^-, Br – ионная хроматография;

Ca^{2+}, HCO_3^-, химическое потребление кислорода (ХПК), фульво- (ФК) и гуминовые (ГК) кислоты, перманганатная окисляемость (П.О.), растворённый углекислый газ – титриметрический;

NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, Si – фотометрический;

Na^+, K^+, Ni, Co, Al, Sr, Sb, Ba, Li – атомная абсорбция и атомно-эмиссионная спектрометрия;

Cr – атомно-эмиссионная спектрометрия;

Zn, Pb, Cd, Cu, Mn, As – инверсионная вольтамперометрия и атомно-эмиссионная спектрометрия. Анализ гидрохимических данных на наличие экстремальных значений проведён согласно [РД 52.24.622-2001].

Краткие выводы по главе. Таким образом, с учётом выше указанного можно сформулировать первое защищаемое положение: *Разработан и апробирован методический комплекс исследования гидрогеохимических условий на болотах, представляющий совокупность оборудования, методик его размещения, проведения гидрогеохимических наблюдений и обработки результатов полевых и лабораторных работ.*

ГЛАВА 4. ЗОНАЛЬНО – ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД ВО ВРЕМЕНИ (НА ПРИМЕРЕ ТИМИРЯЗЕВСКОГО БОЛОТА)

Вода является зеркалом процессов, происходящих в торфяной залежи. Особенности типо–видового состава торфа определяют его гидродинамический режим, оказывающий непосредственное влияние на формирование физико-химического состава вмещающих им вод.

В толще торфа выделяются два гидрогеохимических процесса: в зоне аэрации – окислительный, а в пределах инертного горизонта, восстановительный. На величину pH поверхностных вод, как одного из важнейших показателей их качества, влияет состояние карбонатного равновесия, интенсивность процессов фотосинтеза, распада органического вещества и содержание гумусовых веществ. Протекающие болотообразующие процессы обусловливаются факторами многие из которых на сегодняшний день остаются недостаточно изучены.

В последнее время уделяется большое внимание исследованиям связи морфологической структуры строения болотных почв и содержащихся в них вод, обладающими определёнными свойствами обусловленными эволюционными изменениями болотообразующего фитоценоза (сукцессии). В настоящее время многими исследователями особое внимание уделяется ботаническому составу этих почв, с точки зрения индикационных свойств, выступающих как эдификаторов в формировании индивидуальных особенностей торфяного слоя на различных периодах формирования торфяной залежи, обуславливающих протекание эволюционных болотообразующих процессов.

В работе М. С. Боч [1964], содержащей обзор состояния проблемы индикационного использования болотной растительности показано насколько разносторонне в настоящее время применяются растительные индикаторы в болотоведении:

- для общих ландшафтных целей [Галкина, 1959а, 19596];

- для познания деталей строения верхних частей залежи [Абрамова, 1947; Широковская, 1947; Боч, 1958];

- для оценки гидрогеологических условий [Иванов, 1957; Романова, 1961];

- для картирования болот [Янушевский, 1961; Яснопольская, 1964];

- для сельскохозяйственной оценки.

Надо отметить, что не все компоненты и не все черты болотного массива в равной мере изучены в отношении их индикационных связей. Одним из малоизученных объектов с точки зрения возможности их индикации, являются санитарно-химические характеристики болотных вод.

Болотные воды в представленной работе, выступают в качестве того компонента болотного массива, который являясь следствием всей сложности физико-химических процессов и обладая определённым набором приобретённых свойств мигрирует за пределы болота. Сток болотных вод часто оказывает значительное воздействие на граничащие с болотом ландшафты, оказывая тем самым влияние на санитарные гидрохимические и бактериологические показатели.

На сегодняшний день актуально более глубокое изучение этого вопроса. Необходима разработка методов и методик позволяющих проведение оценок определённых свойств болотных вод, как по характеру существующего растительного покрова болота, так и по ботаническому составу более ранних периодов развития.

С целью изучения химического состава и некоторых физических свойств болотных вод проведены полевые исследовательские работы направленные на изучение послойного (зонального) изменения химического состава этих вод, как изменяющегося компонента болотной системы. Исследование изменений возможных состояний этого компонента связанны с морфологическими условиями строения торфяной толщи и условиями формирования его индивидуальных особенностей, обусловленных прежде всего, средой его вмещения. Изменения этого компонента наблюдается в его содержаниях:

- в границах определённого вертикального интервала в стратиграфическом

разрезе торфяной залежи;

- в характерных формах микрорельефа болота при сосредоточении вод депрессионного выхода на поверхность.

В связи с этим, болотные воды рассматриваются как компонент объединяющий свойства вод обусловленных преобладающей средой их формирования и местом сосредоточения.

По пробам воды отбираемых в период проведения работ в стационарно расположенных пунктах отбора, получены и обработаны данные, результат анализа которых, был рассмотрен с точки зрения выявления и изучения связи между особенностью существующего водообмена в разрезе торфяной залежи и химического состава болотных вод.

4.1. Закономерность пространственного взаимно–относительного количественного распределения элементов химического состава болотных вод

В течение всего периода наблюдений, в трёх пунктах производился отбор проб воды. Вода отбиралась в скважине 1, в скважине 2 и в специально оборудованном месте для отбора проб воды 3.

Вода сосредотачиваемая в этих пунктах отбора, характеризуется собственными условиями формирования взаимно–относительного распределения соотношений компонентов химического состава. Отбираемые из скважины 1 болотные воды приурочены к генетически разнородным слоям слагающим горизонт интенсивного и значительной части торфяной залежи замедленного водообмена (инертный слой), а воды отбираемые в разных пунктах опробирования отражают черты внешних условий их формирования.

Условия формирования физико-химического состава вод отбираемых по скважине 2 характеризуют химический состав слоя активного водообмена торфяной залежи и обусловлены прежде всего гидродинамическими условиями

деятельного горизонта этой залежи. Важную роль в этом играет амплитуда колебаний уровней болотных вод.

Условия формирования свойств подповерхностного слоя воды сосредоточенной в постоянном пункте отбора болотных вод – 3, характерны трансформацией состава инфильтрационных вод атмосферных осадков под влиянием корнеобитающего слоя. Это происходит в основном под воздействием

гуминовых веществ, интенсивно формируемых в этом слое деятельного горизонта в условиях относительно постоянной обеспеченности этого слоя кислородом.

В соответствии с применяемой методикой отбора проб воды в скважине 1, использовалось два способа – осредненный и смешанный.

В первом случае, компонентный химический состав отобранных вод характеризуют осреднённые значения полученные из равных объёмов воды отобранной на всех опробируемых вертикальных интервалах.

Во втором случае химический состав сформирован за счет смешения естественно поступающих объемов в скважину вод из всех интервалов. В связи с чем, установившаяся концентрация состава химических элементов этих вод является интегральной.

В результате проведенного анализа выявленных изменений концентраций химических элементов за все периоды отбора проб воды, была установлена тенденции одно–направленности этих изменений, происходящих по каждому пункту отбора проб (скважины 1 – 3), по периодам отбора, а в случае поинтервального отбора, на каждом интервале отбора проб (скважина 1). Выявленная закономерность взаимного количественно–относительного распределения элементов химического состава в каждом пункте отбора проб за различные периоды, позволила выразить их в средних величинах. Полученный ряд этих значений, по каждому пункту опробирования, помещен в сводную таблицу 4.1.

По значениям таблицы 4.1, выраженных в безразмерных величинах, построены графики взаимно–относительного распределения элементов химического состава вод по пунктам их отбора (рисунок 4.1 и 4.2).

Таблица 4.1 – Сводная таблица средних значений концентраций компонентного химического состава по пунктам опробирования

Элемент	размерность	Скважина 1								Скв. 1	Скв. 1	Скв. 1	Скв. 2	Скв. 3
		Среднее по способу определению								Средняя по глубинам	Средняя, баланс.	Средняя по глуб. ГИ	Средняя за 4 срока	Средняя за 4 срока
		0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	4,0 м					
		2 шт	2 шт	1 шт	1 шт	1 шт	1 шт	1 шт	1 шт					
pH		4,91	5,31	5,4	5,56	5,93	-			5,42	5,1	5,4	6,23	3,76
УЭП	μ^S	85,55	46,6	131	107,8	116,6	-			97,51	141,5	72,75	210,2	88,9
Eh	mV	259	210	242	287	216	-			242,8	179	-	69,25	414,5
CO_2	Мг/л	148,9	154	400,4	220	255,5	-			235,76	519	-	91,85	91,23
HCO_3	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	-			-	54,9	н/о	61,81	-
SO_4^{2-}	Мг/л	22,6	12,93	11,91	9,55	19,36	11,23	9,62	13,41	13,826	11,81	23,64	29,28	4,37
Cl	Мг/л	-	6,485	2,99	2,14	11,46	8,98	15,8	10,58	8,348	-	1,47	21,09	2,43
Ca^{2+}	Мг/л	11,171	10,38	8,14	14,02	9,9	6,95	11,81	9,96	10,291	4	12,13	14,78	7,34
Mg^{2+}	Мг/л	2,354	2,249	1,322	1,58	1,56	1,76	3,41	2,52	2,094	0,6	2,145	8,64	2,844
Na	Мг/л	1,056	0,908	1,195	1,74	6,34	8,24	13,95	10,69	5,515	4	2,58	1,81	0,882
K	Мг/л	1,927	2,54	1,306	6,84	1,06	-			2,735	2,2		1,21	0,963
PO_4^{3-}	Мг/л	0,01	0,21	0,027	0,054	0,008	0,012	0,01	0,022	0,044	-		0,02	0,076
$Fe^{общ}$	Мг/л	42,0	38,82	53,01	67,97	79,54	-			56,268	20,09		40,31	1,819
NO_2	Мг/л	0,01	0,011	0,007	0,07	0,014	0,008	0,026	0,021	0,021	< 0,003		0,15	0,007
NO_3	Мг/л	0,92	1,095	0,608	1,18	0,905	0,077	0,17	0,22	0,647	1,94		0,74	0,918
NH_4	Мг/л	2,4	4,1	1,77	2,59	4,135	5,99	6,82	6,57	4,297	6,75		2,37	3,637
Si	Мг/л	11,37	3,41	8,143	10,42	18,55	-			10,379	8,74		2,82	6,81
F	Мг/л	0,11	0,153	0,21	0,28	0,11	0,13	0,29	0,24	0,190	< 0,10		0,15	0,077
Li	Мг/л	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,0043	0,0044	0,0037	0,004	0,009		0	0,003
Zn	Мкг/л	0,526	4,589	12,43	9,61	8,708	-			7,174	300		95,46	3,76
Cd	Мкг/л	0,002	0,003	0,006	0,008	0,009	-			0,006	0,93		0,24	<0,2
Pb	Мкг/л	0,014	0,008	0,038	0,011	0,01	-			0,016	5,2		4,09	1,4
Cu	Мкг/л	0,065	0,017	0,094	0,053	0,163	-			0,078	390		253,5	11,13
Br	Мкг/л	-	0,063	0,012	0,09	0,039	0,027	0,057	0,049	0,048	-		-	0,004
П.ок	$MгO_2$/л	107,2	103,2	91,2	110,4	97,6				101,92	-		39,33	52,46
ХПК	$MгO_2$/л	-	-	-	-	-				-	198		130,9	157,5
$C_{орг}$	Мг/л	-	-	-	-	-				-	81,94		40,07	60,3
As	Мкг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005				<0,005	1,1		0,55	0,38
Mn	Мкг/л	0,222	0,381	0,832	0,545	0,222				0,4404	230		200	0,79
Hg	Мкг/л	-	-	-	-	-				-	0,579		0,94	0,273
Мут.	Мг/л	12	8,8	35,7	40,6	43,5				28,12	глина		110	52,6
цвет	Гр.цв	1800	1275	1333	1600	1766				1554,8			225	518
Вкус	балл	0	0	0	0	0				0	0		0	0
запах	балл	0	0	0	0	0				0	2 земля		0	0
Сф.к	Мг/л	123,6	136,1	125,6	152,98	152,06				138,054	261,4		106,3	186,75
$C_{орг}$ФК	Мг/л	56,1	61,85	57,07	69,54	69,12				62,736	118,8		48,3	84,9
$C_{орг}$ГК	Мг/л	12	8,3	5,93	7,2	15				9,686	43,2		31,06	15,5
Сг.к	Мг/л	20,4	14,1	10,9	12,24	25,2				16,568	73,44		52,8	26,35
Mo	Мг/л	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001				<0,001			<0,001	<0,001
AL	Мг/л	0,8585	0,567	0,529	0,862	0,673				0,6979			0,019	1,014
B	Мг/л	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				<0,01			<0,005	0,011
Ba	Мг/л	0,044	0,077	0,041	0,046	0,038				0,0492			0,037	0,082
Be	Мг/л	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001				<0,0001			<0,0001	<0,0001
Bi	Мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005				<0,005			<0,005	<0,005
Cr	Мг/л	0,004	0,004	0,015	0,011	0,028				0,0124			0,001	0,003
Ni	Мг/л	0,11	0,038	0,247	0,121	0,183				0,1398			0,038	0,009
Sb	Мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	0,007	0,008				0,0048			<0,005	<0,005
Se	Мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005				<0,005			<0,005	<0,005
Sn	Мг/л	<0,005	<0,005	0,0551	<0,005	0,006				0,015			<0,001	<0,001
Sr	Мг/л	0,0625	0,054	0,068	0,077	0,058				0,0639			0,057	0,122
Te	Мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005				<0,005			<0,005	<0,005
Ti	Мг/л	0,01	0,006	0,008	0,01	0,007				0,0082			0,001	0,01
Tl	Мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005				<0,005			<0,001	<0,001
V	Мг/л	0,002	0,001	0,004	0,003	0,006				0,0032			<0.001	0,001
W	Мг/л	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005				<0,005			0.005	<0,005
Zr	Мг/л	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001				0,0012			0.0009	0,0016
Co	Мг/л	0,005	0,005	0,026	0,024	0,054				0,0228			0,005	<0,001

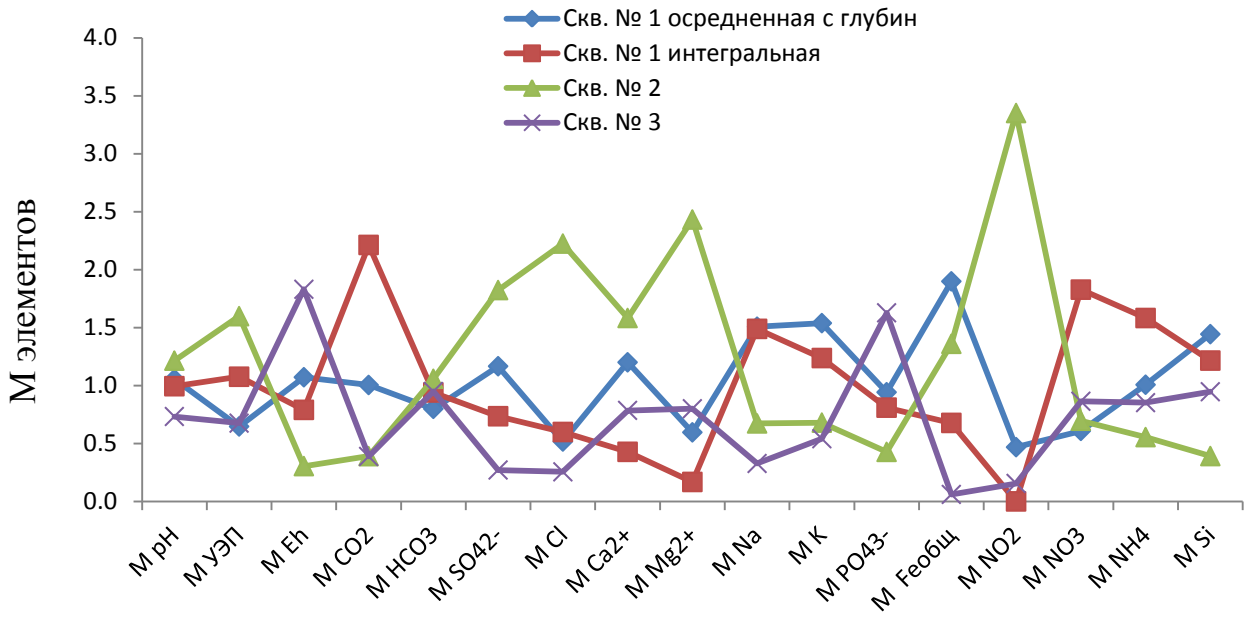


Рисунок 4.1 – Распределение макроэлементов и физических свойств в пробах воды по точкам отбора

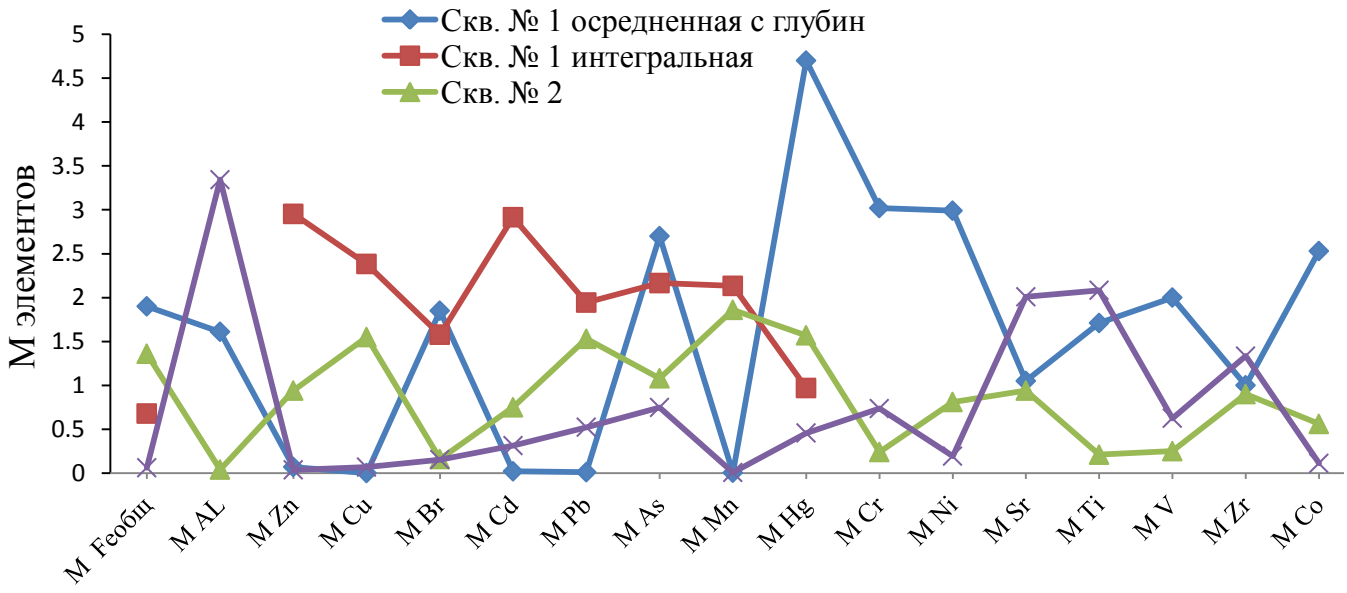


Рисунок 4. 2 – Распределение микроэлементов в пробах воды по точкам отбора

Представленные графики отражают взаимно–относительное распределение однородных химических элементов, характерного как для химического состава вод по каждому интервалу опробирования скважины 1, так и количественного взаимно– относительного распределения концентраций

однородных элементов и их соединений в водах рассматриваемых пунктов опробирования.

На графиках 1 – 2 (рисунок 4.1 и 4.2) отражены значения рядов полученных только по результатам анализа отобранных проб воды в опорной скважине 1, характеризующие взаимно–относительное распределение концентраций элементов обусловленных способом отбора проб и обработкой получаемых результатов, с восьми вертикально расположенных интервалов по глубине торфяной залежи за все периоды опробирования. На рисунке, графики обозначены: осредненная с глубин ($1_{ср}$) – 1 и смешанная ($1_{интегр}$) – 2.

Сравнивая эти графики, отмечается различие в направленности изменений концентраций представленных элементов относительно друг друга. В виду того, что химический состав этих вод формировался в условиях одной и той же вмещающей их среды, то эти различия объясняются способом их отбора.

По этим графикам, просматривается несовпадение динамики взаимно–относительного количественного распределения аналогичных химических элементов, их соединений и показателей между собой от способа опробирования, что является разностным показателем между содержанием среднего показателя концентраций химических элементов распределённых по толщине залежи и интегрального (смешенного) химического состава.

Устойчивая тенденция направленности изменений взаимного количественно–относительного распределения элементов химического состава в водах каждого пункта отбора проб (скважины 1, 2 и 3), обусловлена внешними условиями формирования их химического состава и физических свойств формируемой средой вмещения.

На рисунке 4.1, показаны графики распределения микро – элементного состава по пунктам опробирования. Из этих графиков видна устойчивая разнонаправленность взаимно–относительного распределения аналогичных химических элементов в водах скважины $1_{ср}$ (при осредненном отборе проб) и в скважине 2. С химико-биологической точки зрения, условия формирования химического состава этих вод схожи. Однако существующие различия в

совокупности водообменных процессов, с учетом влияния на суммарный химический состав вод инертного горизонта, формирует проявление различий соотношений концентраций этих химических элементов. Эти различия графически отраженны в тенденциях взаимного количественно–относительного распределения между концентрациями практически всех определяемых микроэлементов сравниваемых проб.

Так в скважине 2 элементы S_r, C_o, Z_p, V, T_i, S_r, N_i, C_r, P_b, C_d, B_r, C_u, Z_n, A_l, увеличивают концентрацию, относительно аналогичных элементов, определённых в водах скважины $1_{ср}$ (стронций к стронцию, кобальт к кобальту и т.д.). Из всех рассматриваемых элементов по водам этих скважин, исключение составляет только гидрокарбонаты и $F_{e\ общ}$.

Анализируя полученные результаты концентраций относительно всех пунктов отбора проб, были выделены фактические максимумы значений наблюдаемых по элементам P_b, C_d, C_u, Z_n, в скважине $1_{интегр}$. В скважине $1_{ср}$, абсолютное превышение относительно остальных пунктов опробирования представляют B_r, N_i, C_r, C_o, причём относительная концентрация B_r, не намного превышает его относительную концентрацию по скважине $1_{интегр}$. Различие концентрация B_r заключается в том, что в скважине $1_{интегр.}$, концентрация этого элемента имеет тенденцию к уменьшению относительно других концентраций, а в скважине $1_{ср.}$, концентрация этого элемента относительно других – увеличивается.

Максимальные значения относительно концентраций элементов Al, S_r, T_i, Z_r, наблюдаются по скважине 3. В пробах воды отобранных в скважине 2, превышения элементов относительно других точек опробирования отсутствуют.

Аналогичным образом были выделены минимумы относительных концентраций по точкам отбора проб воды. Так для скважины $1_{ср.}$, это Cu, Cd, Pb, по скважине 2 – Al, Cr, Ti, V, и по водам скважины 3 – $Fe_{общ.}$, Zn, Ni, Co. По водам скважины $1_{интегр.}$ низшие концентрации, относительно других точек опробирования, отсутствуют. Полученные значения максимальных и минимальных значений химического состава сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Относительное распределение предельных содержаний по точкам апробирования

Максимумы				
Точ.опр.	элементы			
скв. $1_{инт.}$	Pb(грIV)	Cd(гр II)	Cu(гр I)	Zn(гр II)
скв. $1_{ср.}$	Br(грVII)	Ni(грVIII)	Cr(грVI)	Co(грVIII)
скв. 2.	отсутствуют			
скв. 3.	Al(гр III)	Sr(гр II)	Ti(грIV)	Zr(гр IV)
Минимумы				
Точ.опр.	элементы			
скв. $1_{инт.}$	отсутствуют			
скв. $1_{ср.}$	Pb(грIV)	Cd(гр II)	Gu(гр I)	
скв. 2.	Al(грIII)	V(грV)	Cr(грVI)	Ti(грIV)
скв. 3.	Fe(грVIII)	Ni(грVIII)	Co(грVIII)	Zn(грII)

Из таблицы 4.2 видно увеличение схожести свойств химических элементов определяемых по группам. Так с увеличением номера группы, к которой относится химический элемент, происходит уменьшение металлических свойств, а с их уменьшением – увеличение восстановительных свойств. Таким образом, в скважинах 3 и $1_{интнгр.}$ наблюдается относительное преобладание элементов относящихся к группам сильных металлов обладающих значительным окислительным потенциалом. Скважина 3 – группа от II, до IV; скважина $1_{интнгр.}$ – группа от I до IV. Это обуславливается с одной стороны (по скважине 3) интенсивным окислительным процессом сильных щелочных и щелочноземельных металлов за счёт периодически достаточного обеспечения кислородом вод корнеобитаемого слоя деятельного горизонта. А с другой (по скважине $1_{интнгр.}$) преобладанием поступающих вод этого слоя над водами с замедленным водообменном, относящегося к инертному слою торфогенной породы.

В скважине $1_{ср.}$ наблюдается спад окислительных свойств относительно преобладающих элементов, относящихся к группе металлов с более низкими металлическими свойствами. Они характеризуются группами от III до VIII. Это объясняется преобладанием суммарного объёма вод инертного горизонта (89%) над водами деятельного и химически более активного слоя.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в формировании химико-физического состава болотных вод насыщающих торфяную почву деятельного

горизонта, принимают участие воды атмосферных осадков приобретающие свойства от условий болотообразующих процессов происходящих при инфильтрации в верхний слаборазложившийся корнеобитаемый горизонт с дальнейшим формированием в этом деятельном горизонте торфяной почвы. Сравнение полученных и графически отражённых результатов различных способов отбора проб из скважины 1, позволяет сделать вывод об индивидуальном, а затем консервативном характере формирования и стабильном состоянии своих химико-физических свойств. Подобное положение возможно в условиях изоляции вод одного генетического слоя, формирующегося на определённом эволюционном болотообразующем этапе, от других генетически разнородных слоёв слагающих торфяную толщу.

Смешенное значение химического состава воды в скважине 1, определяемые балансовым соотношением объёмов поступающей в скважину воды с различных горизонтов торфяной залежи, обуславливают формирование химического состава происходящего под влиянием следующих факторов:

а) наличие взаимодействующих реакций между химическим составом вод, поступающих с разных интервалов и сосредоточенных в одной общей массе (химические условия взаимодействия);

б) влияние изменений пропорциональности объемов поступающей в скважину воды вызванное собственными условиями фильтрационного режима присущего каждому типо-видовому слою (гидродинамические условия);

в) взаимодействие водной массы поступившей в скважину с атмосферным воздухом (активизирующие окислительные процессы).

Взаимно–относительное распределение концентраций аналогичных элементов определяемое осредненным методом опробирования (по всем индивидуально отобранным пробам равного объёма в разрезе залежи), исключает влияние факторов присущих при формировании химического состава выявленного при смешанном отборе проб.

Из этого следует, что для проведения мониторинга изменений химического состава, с точки зрения экологического состояния болотных

объектов, основанного на наблюдениях за изменениями химического состава болотных вод целесообразно проводить определения химического состава (особенно фоновых концентраций) не только по суммарному (смешанному) содержанию определяемому в пределах деятельного горизонта, как это происходит на болотных станциях и постах в соответствии с действующими нормативными документами, но и по совокупности осредненных результатов конкретных водовмещающих типо–видовых слоев.

Подобный подход позволяет не только определять экологические изменения в болотных экосистемах, но и прогнозировать эти изменения в эволюционных процессах связанных с пассивно-активными (косвенными и прямыми) воздействиями человека на эти системы.

4.2. Закономерность зонального взаимно–относительного количественно распределения элементов химического состава болотных вод

В ходе анализа изменения химического состава вод в опорной скважине 1, рассматривалось изменение химико-физических свойств по глубине их отбора. Результат обработки полученных значений химического анализа отобранных проб, выявил существующую закономерность взаимно–относительного количественного распределения элементов химического состава вод, отбираемых на каждом вертикальном интервале в скважине 1.

Сравнение количественных изменений концентраций химических элементов характеризующих состав вод отбираемых в разрезе торфяной залежи и относящихся к генетически разнородным слоям, слагающим торфяную залежь, проводилось по средним значениям, полученным за весь период отбора проб.

В виду отсутствия возможности отображения относительного распределения концентраций 38–и элементов химического состава вод между опробируемыми вертикальными интервалами по глубине залежи в значениях определяемой размерности, они были графически отображены в безразмерных величинах, т.е. выражены через модульные коэффициенты (рисунок 4.3).

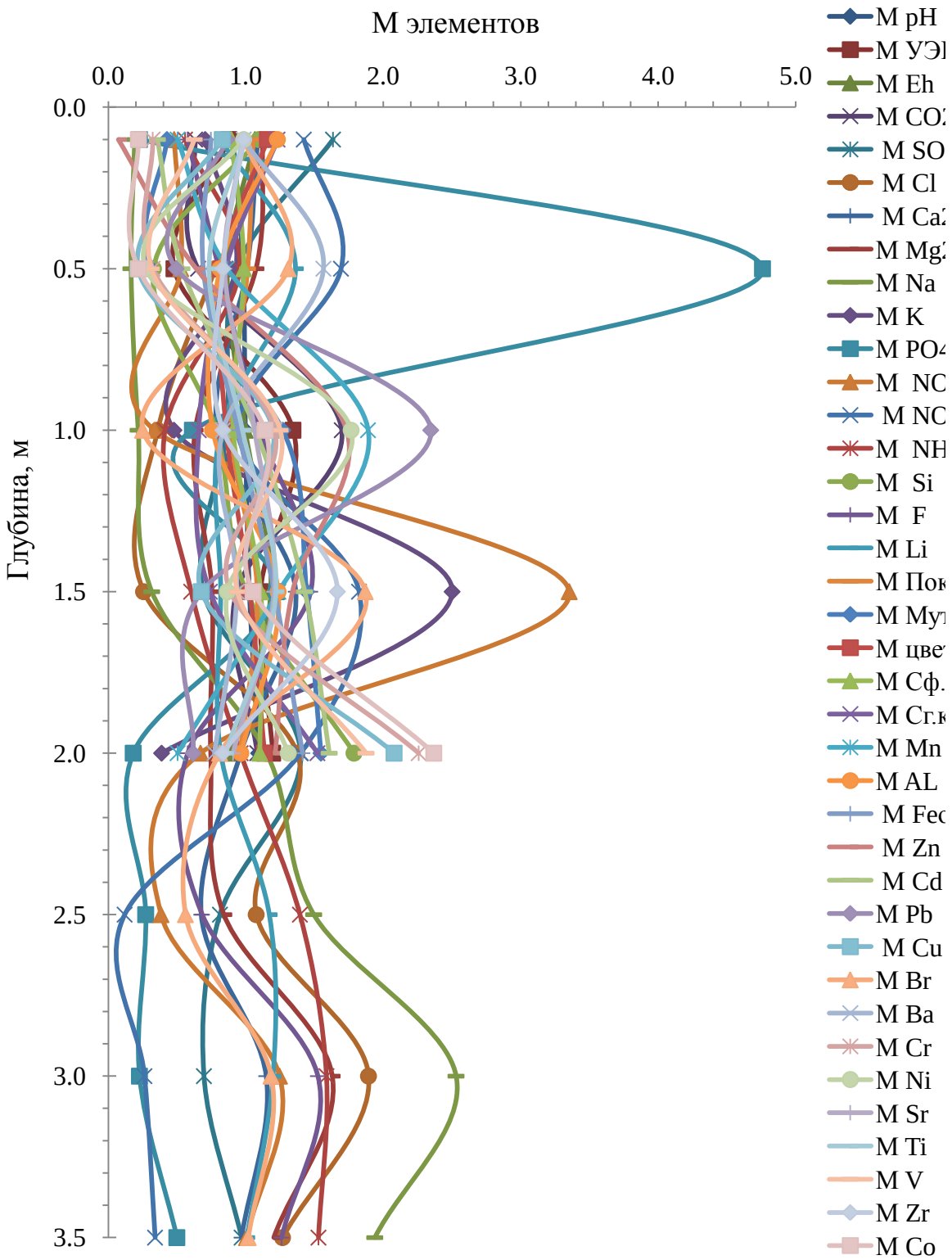


Рисунок 4.3 – Сводный график относительного распределения химических элементов и их соединений по вертикально расположенным точкам апробирования

По построенным графикам отображенным на рисунке 4.3, просматривается хаотичное и не систематизированное распределение концентраций химических

элементов распределяемых по глубине торфяной залежи.Проведенная систематизация изменчивости графически представленного распределения химического состава исследуемых вод осуществлялась их распределением по группам, характеризующим тенденцию однонаправленности изменений концентраций компонентного химического состава рассматриваемых вод.

Результатом проведенного анализа является выделение шести групп, с характерно обозначенными в них тенденциями однонаправленных изменений распределения концентраций химических элементов и их соединений, графически отраженных на рисунках 4.4 - 4.9.

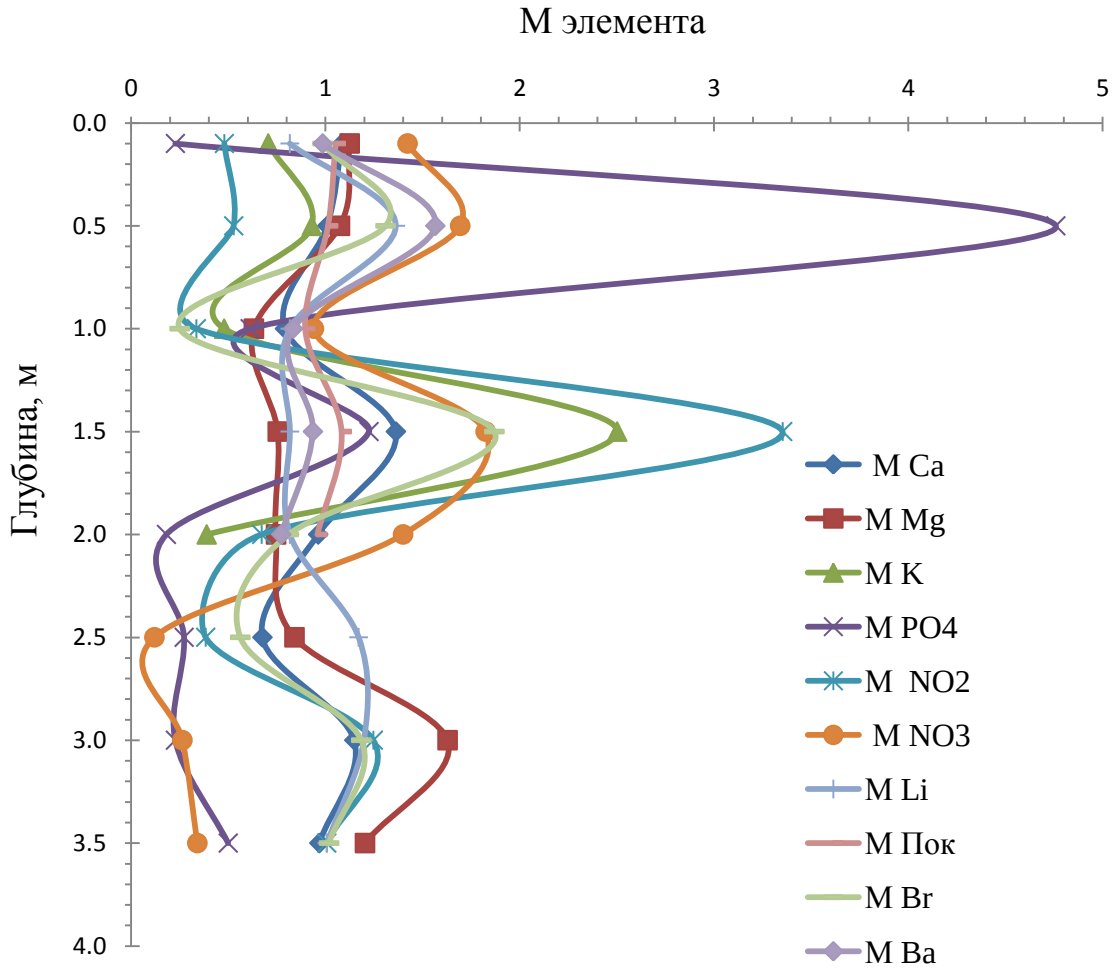


Рисунок 4.4 – Первая группа химических элементов, их соединений и физических показателей имеющих одинаковую тенденцию относительного распределения по вертикально расположенным точкам опробирования (по глубине)

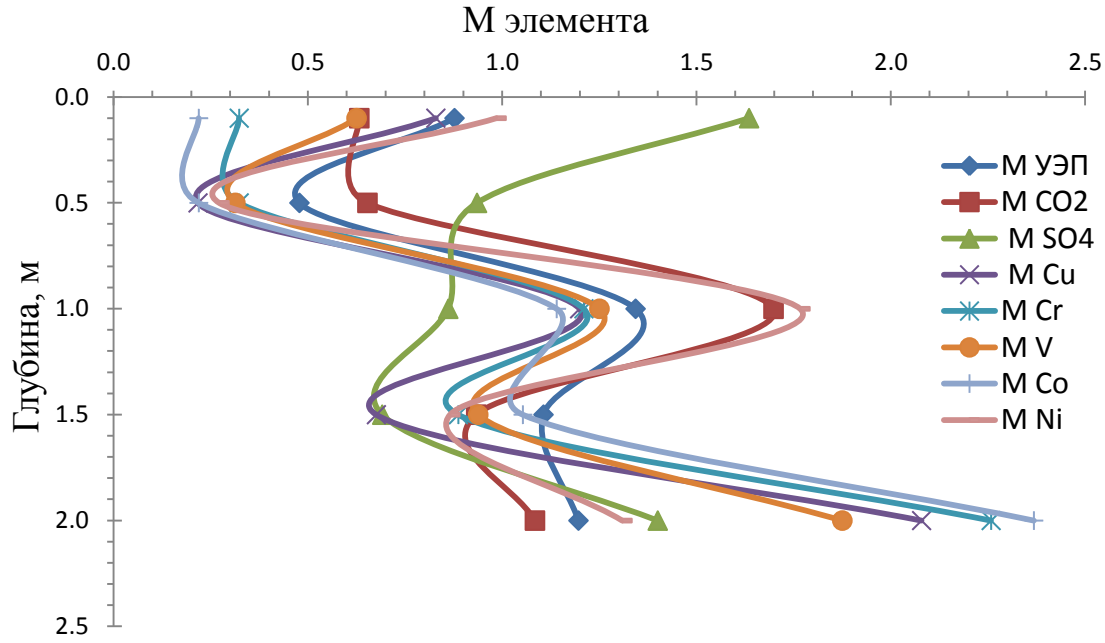


Рисунок 4.5 – Сводный график относительного распределения химических элементов по вертикально расположенным точкам опробирования

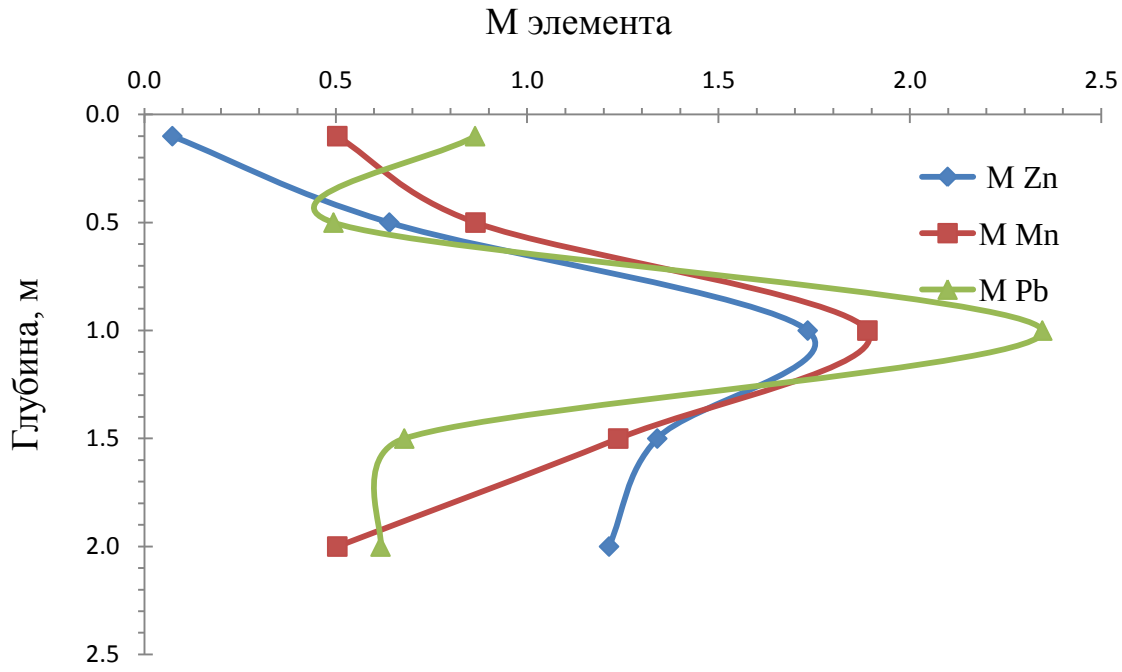


Рисунок 4.6 – Сводный график относительного распределения химических элементов по вертикально расположенным точкам опробирования

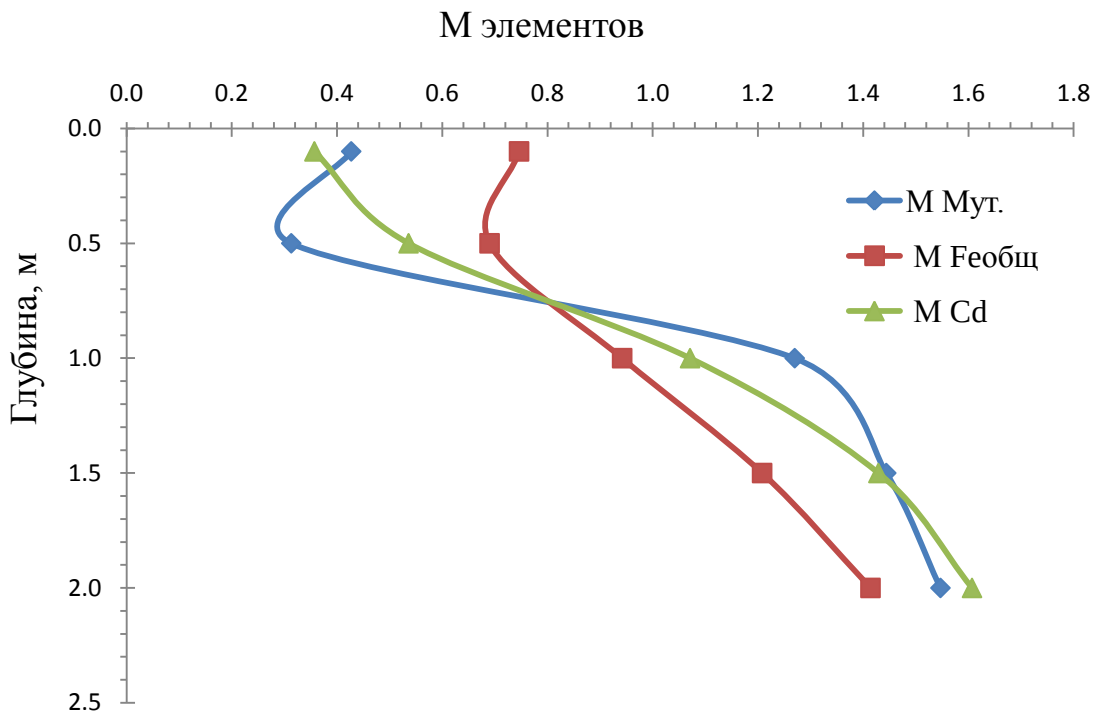


Рисунок 4.7 – Сводный график относительного распределения химических элементов по вертикально расположенным точкам опробирования

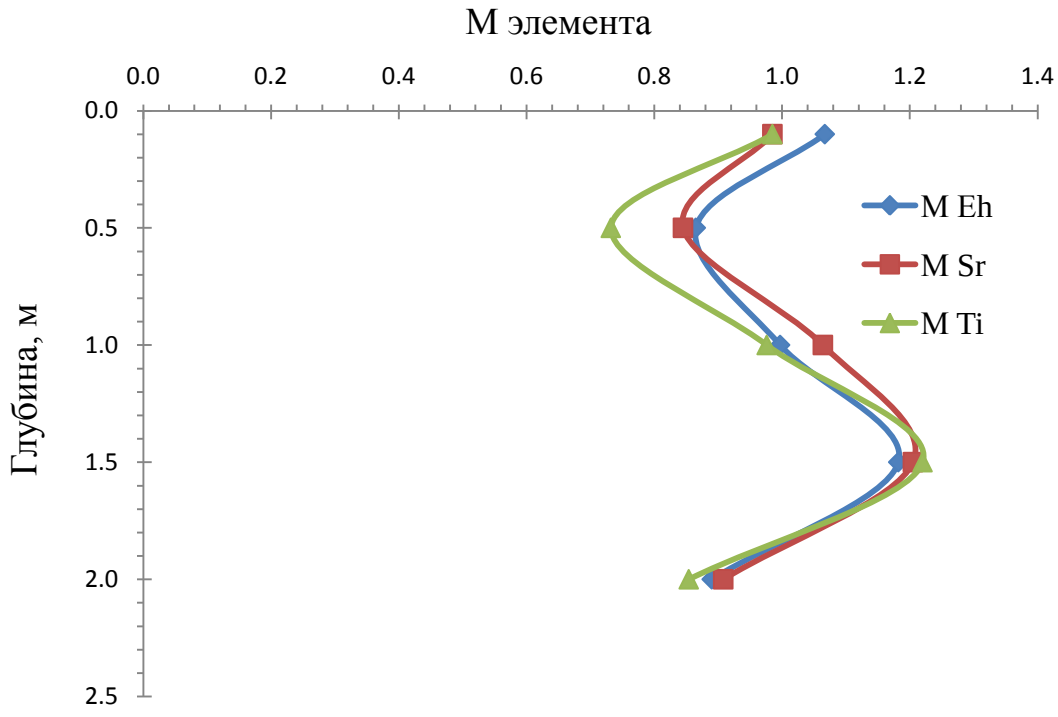


Рисунок 4.8 – Сводный график относительного распределения химических элементов по вертикально расположенным точкам опробирования

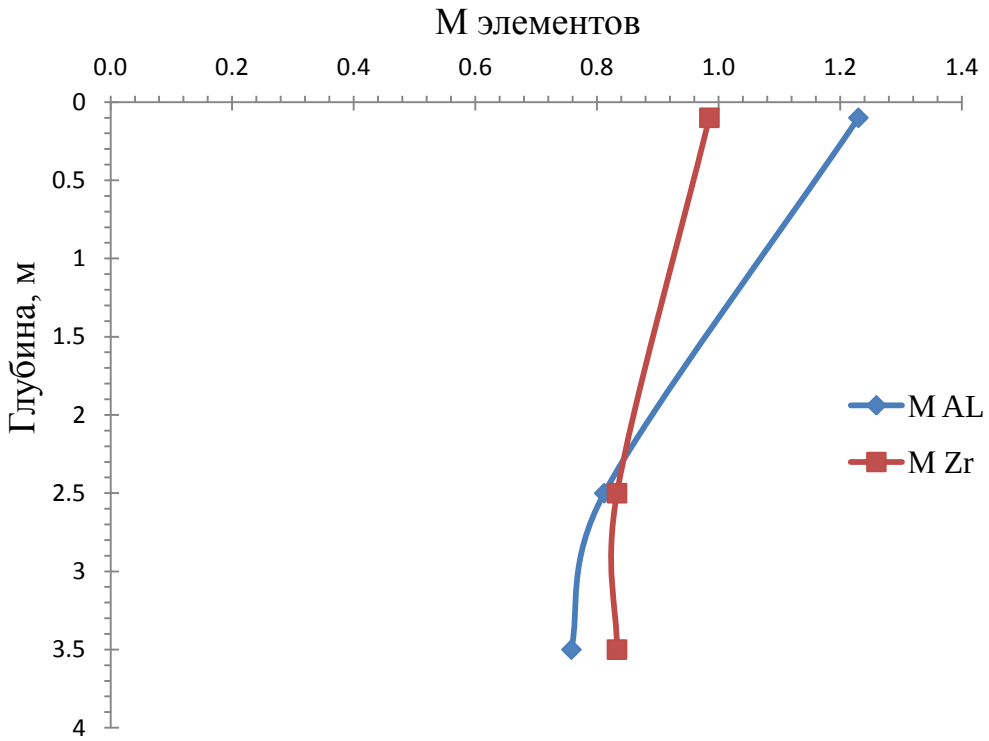


Рисунок 4.9 – Сводный график относительного распределения химических элементов по вертикально расположенным точкам опробирования

По полученным значениям компонентного состава химических элементов выявленных в ходе проведенного графического анализа материала представленного на рисунках 4.4 – 4.9, выделенные группы сведены в таблицу 4.3.

Учитывая повторяемость относительной изменчивости, свидетельствующей о характерности распределения химико–физических показателей, входящих в выделенные группы, сделано предположение о типизации процессов имеющих место в конкретно существующих природно–техногенных условиях изучаемого объекта.

Полученные результаты характеризуют постоянно-устойчивое относительное распределение химического состава вод содержащихся в различной вмещающей среде природного объекта обусловленной условием их формирования.

Таблица 4.3 – Элементы схожих тенденций изменчивости относительных концентраций одинаковых химических элементов

		Скважина номер 1								Скв. номер 1
		Среднее по способу определению								Среднее по глубине
Элемент	Размер-ность	0,1 м 2 шт	0,5 м 2 шт	1,0 м 1 шт	1,5 м 1 шт	2,0 м 1 шт	2,5 м 1 шт	3,0 м 1 шт	3,5 м 1 шт	
1 группа										
M Ca^{2+}	модуль	1,085	1,009	0,791	1,362	0,962	0,675	1,148	0,968	1
M Mg^{2+}		1,124	1,074	0,631	0,754	0,745	0,84	1,628	1,203	1
M K		0,705	0,929	0,478	2,501	0,388	-	-	-	1
M PO_4^{3-}		0,227	4,759	0,612	1,224	0,181	0,272	0,227	0,499	1
M NO_2		0,479	0,527	0,335	3,353	0,671	0,383	1,246	1,006	1
M NO_3		1,422	1,693	0,94	1,824	1,399	0,119	0,263	0,34	1
M Li		0,816	1,361	0,816	0,816	0,816	1,17	1,197	1,007	1
M Пок	модуль	1,052	1,013	0,895	1,083	0,958	-	-	-	1
M Br	модуль	0,985	1,309	0,249	1,869	0,81	0,561	1,184	1,018	1
M Ba		0,985	1,565	0,833	0,935	0,772	-	-	-	1
среднее		0,888	1,524	0,658	1,572	0,770	0,574	0,985	0,863	
2 группа										
M УЭП	модуль	0,877	0,478	1,343	1,106	1,196	-	-	-	1
M CO_2	модуль	0,632	0,653	1,698	0,933	1,084	-	-	-	1
M SO_4^{2-}		1,635	0,935	0,861	0,691	1,400	0,812	0,696	0,970	1
M Cu		0,829	0,217	1,199	0,676	2,079	-	-	-	1
M Cr		0,323	0,323	1,210	0,887	2,258	-	-	-	1
M V		0,625	0,313	1,250	0,938	1,875	-	-	-	1
M Co		0,219	0,219	1,140	1,053	2,368	-	-	-	1
M Ni		0,985	0,272	1,767	0,866	1,309	-	-	-	1
среднее		0,989	0,426	1,309	0,894	1,696	0,812	0,696	0,970	
3 группа										
M Zn	модуль	0,073	0,640	1,733	1,340	1,214	-	-	-	1
M Mn		0,504	0,865	1,889	1,238	0,504	-	-	-	1
M Pb		0,864	0,494	2,346	0,679	0,617	-	-	-	1
среднее		0,480	0,666	1,989	1,086	0,778	-	-	-	
4 группа										
M Мут.	модуль	0,427	0,313	1,270	1,444	1,547	-	-	-	1
M $Fe^{общ}$		0,746	0,690	0,942	1,208	1,414	-	-	-	1
M Cd	модуль	0,357	0,536	1,071	1,429	1,607	-	-	-	1
среднее		0,510	0,513	1,094	1,360	1,523	-	-	-	
5 группа										
M Eh	модуль	1,067	0,865	0,997	1,182	0,890	-	-	-	1
M Sr	модуль	0,985	0,845	1,064	1,205	0,908	-	-	-	1
M Ti		0,985	0,732	0,976	1,220	0,854	-	-	-	1
среднее		1,012	0,814	1,012	1,202	0,884	-	-	-	

Продолжение таблицы 4.3										
6 группа										
M AL	модуль	1,230	0,812	0,758	1,235	0,964	-	-	-	1
M Zr		0,985	0,833	0,833	1,667	0,833	-	-	-	1
среднее		1,108	0,823	0,796	1,451	0,899	-	-	-	

В связи с этим сделан вывод о том что, вода выступающая в качестве образующего компонента болотных экосистем, является основным фактором продуцирования торфа, плавно переходя в равновесную связь приобретая для себя и определяя для создаваемых слоев торфа (различного морфологического генезиса) закономерно формируемое качество.

В результате проведенных наблюдений, воды по условиям своего зонально–пространственного распространения в целостной структуре торфяной залежи, как единого компонента, можно разделить на таксономические составляющие определяемые по признаку приобретения получаемых устойчивых свойств. На основании этого, к водам индивидуального генезиса формирования, относятся приуроченные к торфяной залежи: воды болот участвующие в фильтрационном стоке, где торф является слоем залежи интенсивного водообмена деятельного горизонта; воды в значительном периоде времени сосредоточенные в отрицательных формах микрорельефа; воды вмещенные в слои замедленного водообмена инертного горизонта. Рассматриваемые воды приобретая физико-химические свойства, сформированные в выше обозначенных условиях обусловленных средой своего вмещения, стабильны в приобретаемых свойствах и имеют определенную степень постоянства пропорциональности распределения концентраций химического состава как во времени, так и по среде вмещения. Сделанные наблюдения позволяют предположить, что воды с обретением индивидуальных качеств характерных по условиям среды своего вмещения, выделяемые в самостоятельные единицы, взаимодействие между которыми происходит через фитоценоз торфо–образователей и торфы различного генезиса, образуют их целостность как самостоятельного компонента.

Отсюда просматривается комплексность этого компонента, определяющего черты, в частности химического состава вод болотного массива, являющихся показателем экологической ситуации с точки зрения их индикационных связей на этапах формирования таксономической составляющей, характеризующий индивидуальный характер формирования с последующим продолжительно консервативным периодом стабилизации этих связей. В связи с этим, болотные воды как комплексный компонент болотного объекта, состоят из отдельных таксономических единиц обладающих присущими только им свойствами. Очевидно, что свойства целого, вод как компонента, не сводится к сумме частных ее составляющих, определяя тем самым свойства эмерджентности системы, что позволяет сохранять постоянство своего внутреннего состояния – гомеостаз, основанного на энтропии обменных процессов происходящих между слоистой структурой торфяной залежи. Механизм торможения протекающих взаимовлияющих реакций является важным условием в развития болот и поддержании устойчивости в состояния достигнутого баланса тепло–влага обеспеченности, нарушение которого ориентирует дальнейшие процессы в направлении деградации болотного объекта.

4.3 Распределение органического компонента в разрезе торфяной залежи

Для проведения анализа распределения органической составляющей вод полученной по результатам лабораторного исследования, были построены графические зависимости характеризующие распределение перманганатной окисляемости, ХПК и *С* органического по глубине торфяной залежи (рисунок 4.10 *а, б*). Графики на рисунке 4.10*а* представлены в величинах определяемой размерностях, а на рисунке 4.10*б* – в безразмерных величинах.

Определяемые результаты ХПК с использованием примененных методов близки, но как видно из графиков рисунка 4.10*а*, имеют различия характеризующие отклонения полученных значений от ХПК теоретического.

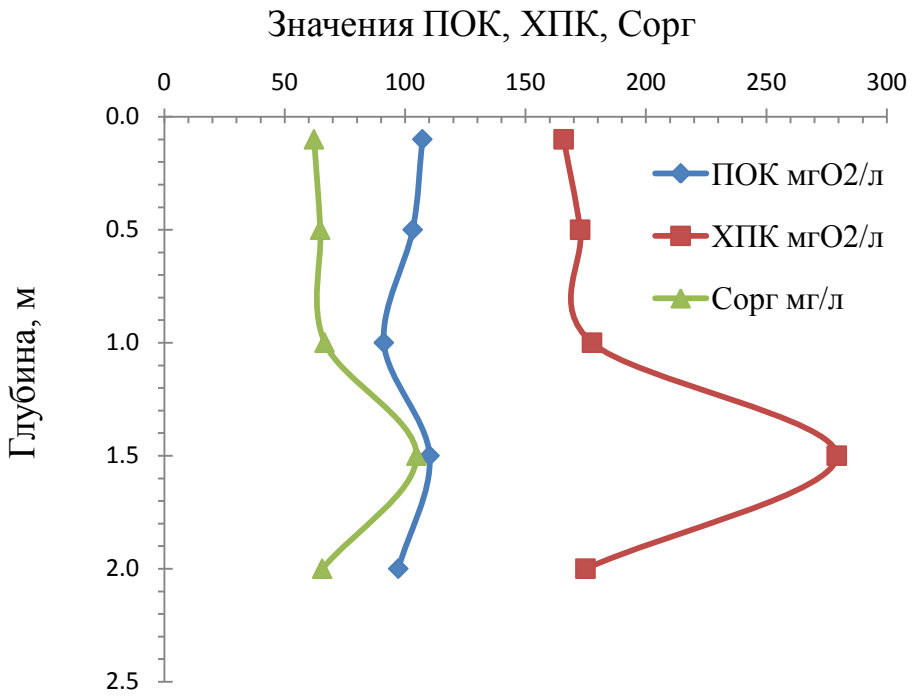


Рисунок 4.10а – График зависимости распределения органических показателей от содержащий их глубины

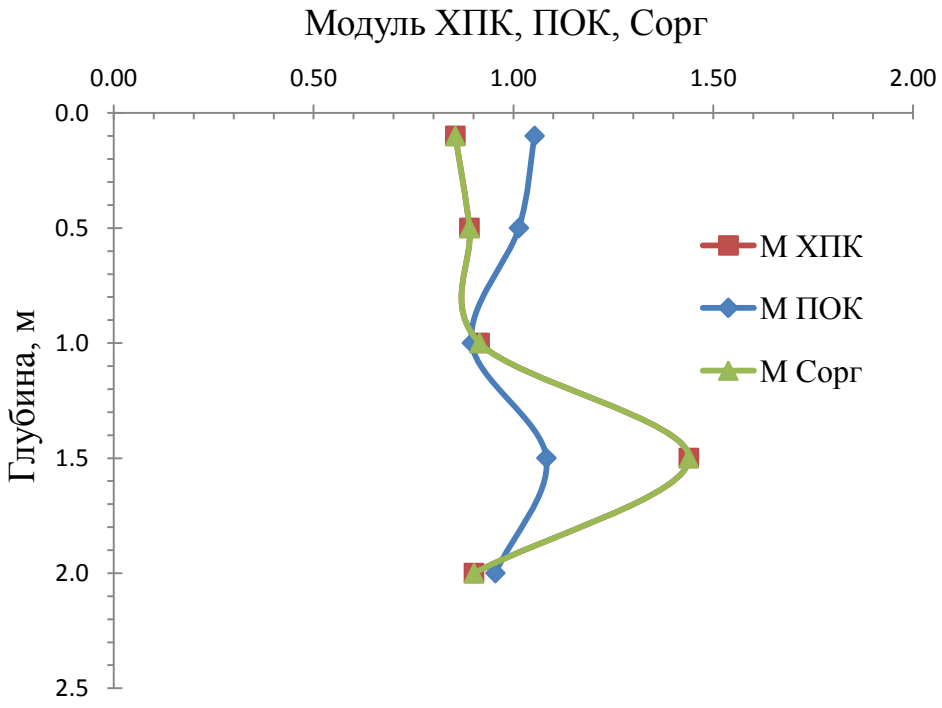


Рисунок 4.10б – График зависимости распределения органических показателей, выраженных в безразмерных величинах, от содержащий их глубины

Это характерно при содержании трудно окисляющихся органических веществ, вследствие чего не полное их окисление за время реакции, приводит к занижению результатов (ПОК), не нарушая пропорциональности истинных концентраций. Незначительные изменения в значениях ХПК полученных двумя способами, отраженные на представленных графиках, объясняется незначительным содержанием трудно окисляющихся органических веществ в анализируемых болотных водах. Показатели представленные в безразмерных величинах (М хпк и М $c_{орг}$) имеют полное совпадение просматриваемое в схожести тенденций их изменений, что характеризует с одной стороны равномерное отклонение значений ХПК определенное методом бихроматной окисляемости от ХПК теоретического, а с другой стороны пропорциональное распределение в границах распределения значений ХПК определенных методом перманганатной окисляемости и Сорг.

В связи с этим, разность концентраций значений ХПК в болотных объектах полученных двумя способами определения, можно рассматривать как косвенный

показатель содержания трудно окисляющихся органических соединений представляющих загрязнение этих объектов условиями антропогенного воздействия.

Подтвержденная этим полученная точность определения характеризует надежность метода, используемого при проведении интервального отбора проб болотных вод.

Процесс разложения органического вещества увеличивает количество продуцированного углекислого газа, наличие которого приводит к условиям формирования ионного состава.

Отмечено значительное увеличение процесса окисления органического материала наблюдаемое на отметке двух метров, после чего значения ХПК возвращается к характерно равномерным значениям. Анализ представленных графиков показывает, что распределение на них представленных значений значительно не меняются от глубины, за исключением двухметровой отметки,

являющейся зоной влияния нижний границы доступа кислорода деятельного горизонта торфяной залежи.

Разложение органического вещества, вызванное условиями наличия значительных амплитуд колебаний болотных вод как механизма обеспечения глубоких слоёв деятельного горизонта торфяной залежи кислородом, приводит к изменениям гидродинамических условий в торфяной залежи. Как следствие этого, появляется еще один фактор влияющий на процесс минерализации органического вещества, это переменное компрессионное (статическое) воздействие на разнородные слои слагающие торфяную залежь, напрямую оказывающее воздействие на структуризацию скелета торфов и как следствие на изменения их фильтрационного режима. Это способствует транспортировке загрязняющих веществ антропогенной природы поступающей на изучаемый объект как частиц привнесенных с атмосферным воздухом и их поступлением с поверхностным стоком. Изменчивость гидродинамического режима по толщине торфяной залежи, в сочетании, с формируемым при этом режимом обеспечения кислородом деятельного горизонта, создает условия интенсификации образования CO_2 характерного для различных слоёв торфяной залежи.

На рисунке 4.11 представлены графики распределения концентраций таких показателей как, *C* гуминовых кислот, *C* органических гуминовых кислот, *C* фульво кислот и *C* органическое фульвокислот, относительно перманганатной окисляемости от глубины опробирования. На этих графиках, где перечисленные показатели выражены в определяемых размерных единицах, наблюдается закономерность их распределения обусловленная средой вмещения изучаемых вод, от условий их формирования.

В характерной изменчивости концентраций рассматриваемых показателей от глубины (рисунок 4.11), просматривается тенденция однонаправленной изменчивости их концентраций. На графиках рисунка 4.12, распределения концентраций этих элементов выражены в безразмерных величинах, что позволило разделить сравниваемые показатели на две однородные группы определяемые по признаку их распределения.

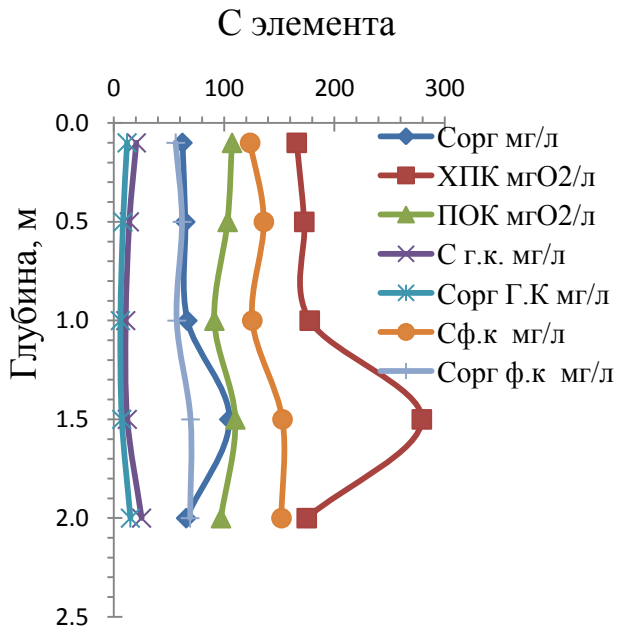


Рисунок 4.11 – График зависимости распределения химико-биологических показателей от содержащий их глубины.

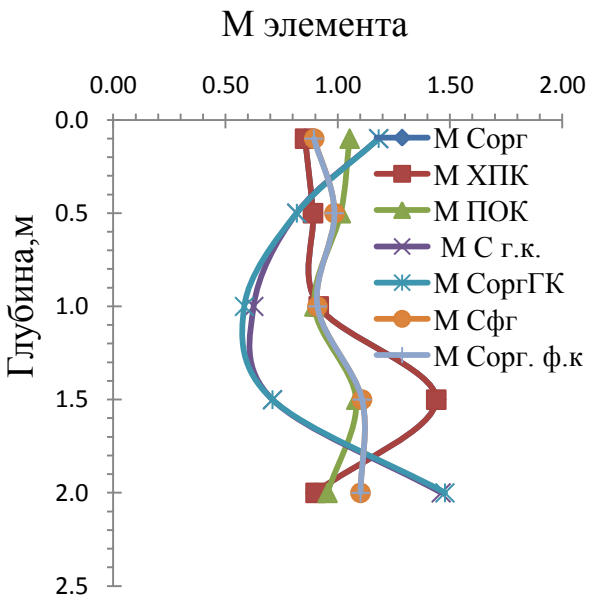


Рисунок 4.12 – График зависимости распределения химико-биологических показателей, в безразмерных величинах, от содержащий их глубины.

Значения показателей $C_{г.к.}$ и $C_{орг.г.к.}$, находящиеся в одном безразмерном значении (до 1.5 метровой точки опробирования) совпадают с тенденцией изменения группы показателей в которую входят $C_{орг.ф.к.}$, $C_{ф.к.}$ и перманганатная окисляемость. От значения соответствующему глубине 2.0 м, значения $C_{г.к.}$ и $C_{орг.г.к.}$, выраженные одними значениями увеличивают свои концентрации, а величины характеризующие значения $C_{орг.ф.к.}$, $C_{ф.к.}$ и перманганатная окисляемость, так же тесно придерживаясь свей направленности распределения, начинают снижать свои концентрации.

Приведенные данные полученных результатов отображают характерную специфику химического состава болотных вод отобранных в скважинах изучаемого участка Тимирязевского болота. Эти воды характеризуются значительными концентрациями органического вещества сопоставимыми со значением минерализации вод, а в некоторых случаях ее превосходя.

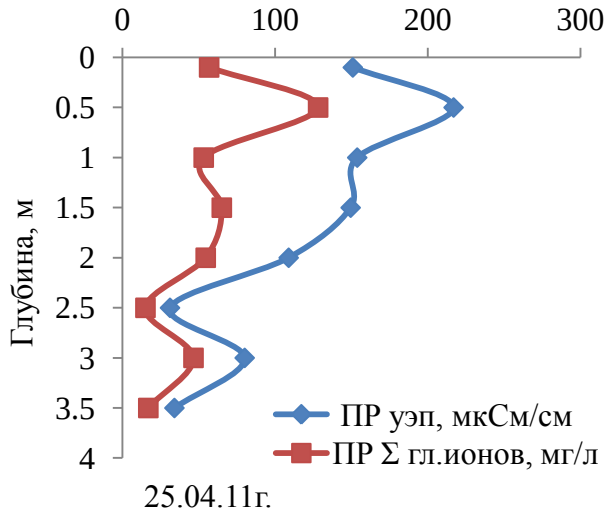
4.4 Связь минерализации от значений удельной электропроводности

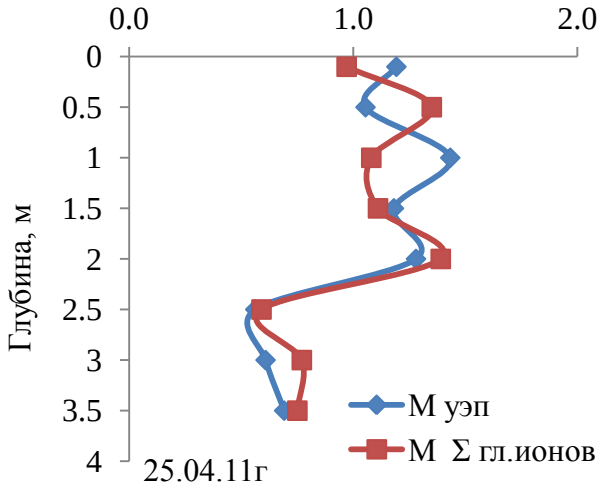
По результатам проведенных химических анализов была рассмотрена связь минерализации и удельной электропроводности по отбираемым вертикальным интервалам за весь период отбора проб воды по скважине 1. Полученные данные по УЭП сведены в таблицу 4.4, в которой представлены значения как в определяемой размерности, так и выраженные в безразмерных величинах.

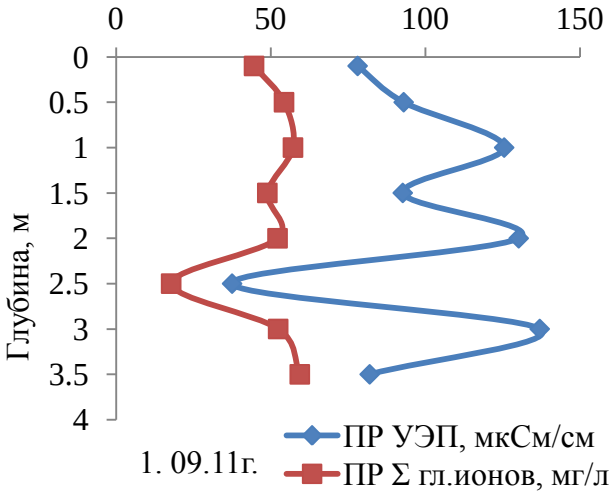
Таблица 4.4 – Удельная электропроводность

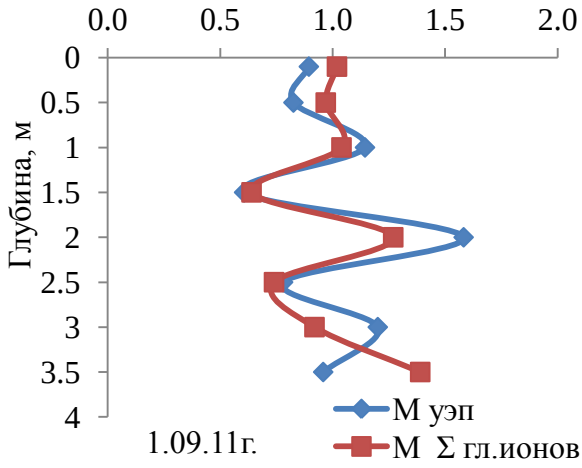
УЭП, мкСм/см						
h, м	25.04.11г	1.09.11г	4.11.11г.	13.04.12г	31.05.12г.	31.07.12г.
0,1	109	79,7	2,1	47	126,83	29,4
0,5	96,4	73,6	17,8	7,2	92,23	21,5
1	131	102	52,7	10	90,77	32,7
1,5	108	54,1	73,2	21,1	31,44	35,2
2	117	141	118,6	45,5	134,45	63,8
2,5	51,4	69,5	51,8	46	36,41	70,9
3	55,6	107	116	48,5	23,8	66
3,5	63,2	85,4	158,4	195,8	108,86	72,1
среднее	91,45	89,04	73,83	52,64	80,6	48,95
Модуль значений УЭП						
h, м	25.04.11г	1.09.11г	4.11.11г.	13.04.12г	31.05.12г.	31.07.12г.
0,1	1,19	0,90	0,03	0,89	1,57	0,60
0,5	1,05	0,83	0,24	0,14	1,14	0,44
1	1,43	1,15	0,71	0,19	1,13	0,67
1,5	1,18	0,61	0,99	0,40	0,39	0,72
2	1,28	1,58	1,61	0,86	1,67	1,30
2,5	0,56	0,78	0,70	0,87	0,45	1,45
3	0,61	1,20	1,57	0,92	0,30	1,35
3,5	0,69	0,96	2,15	3,72	1,35	1,47
среднее	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

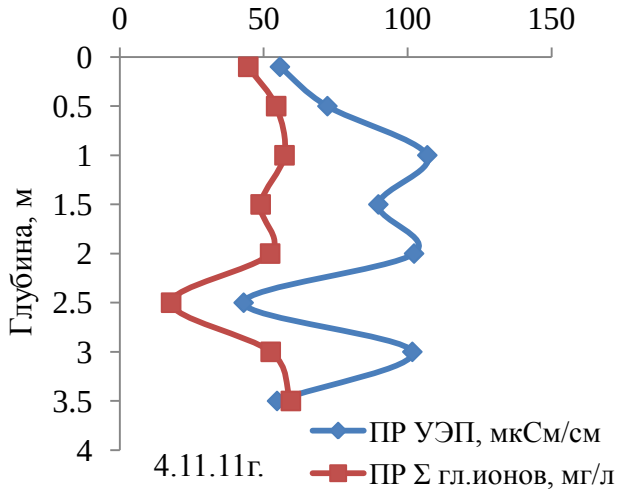
По данным таблиц 4.4 и таблицы 3.3 (помещенной в гл. 3), на рисунке 4.13, были представлены графики по всем периодам отбора проб. Построенные графики выражают направленность изменений сумм главных ионов к значению удельной электропроводности.

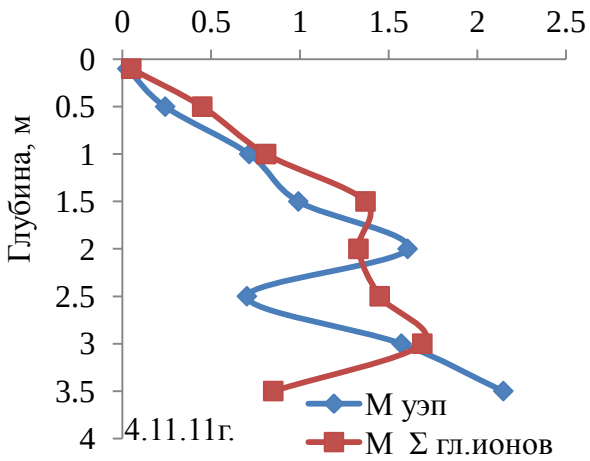












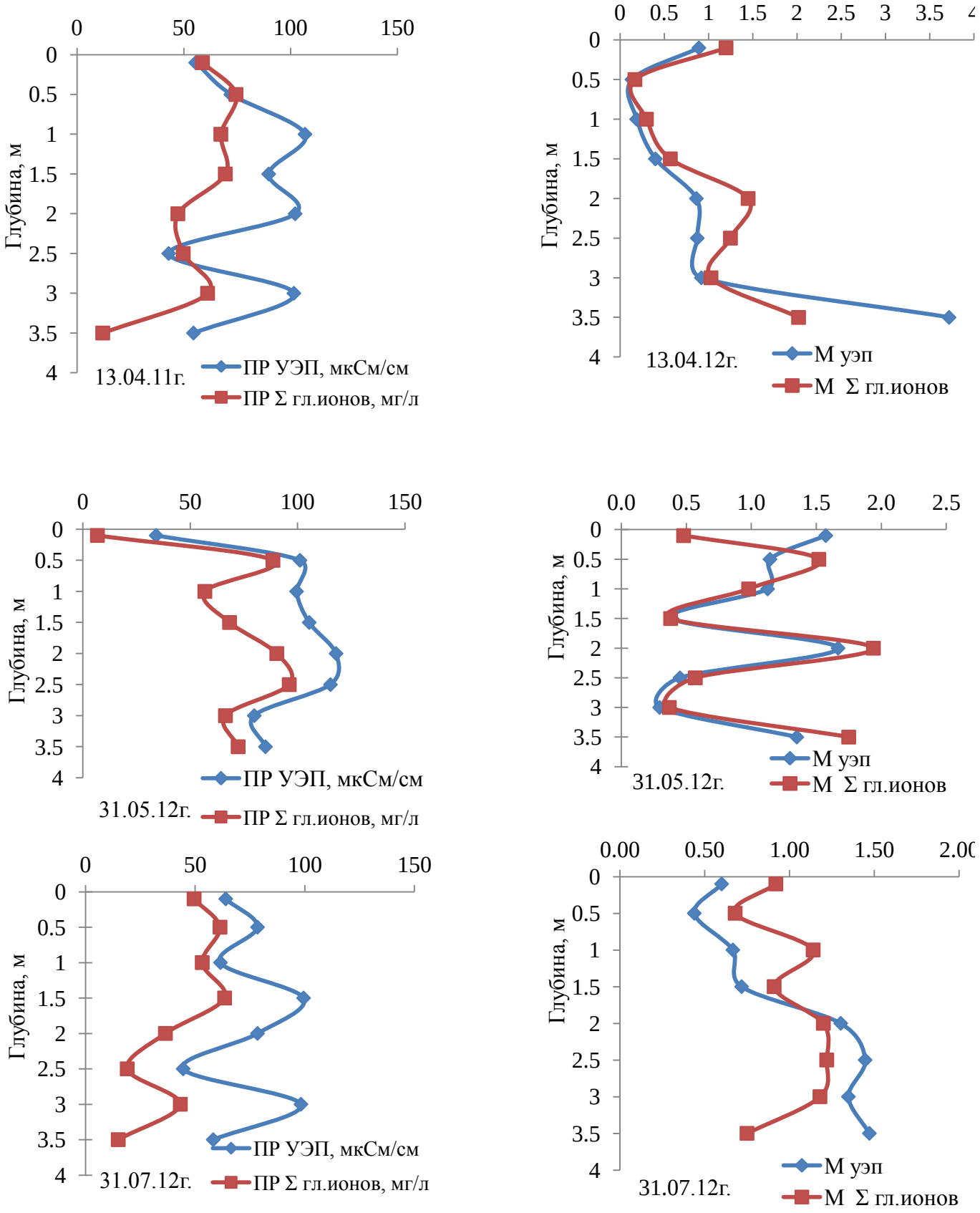


Рисунок 4.13 – Сравнительные графики отношения Σглавных ионов к значению УЭП

Анализ изменчивости рассматриваемых параметров, позволил сделать вывод, что амплитуда изменения значений минерализации совпадает с изменением распределения удельной электропроводности по толщине торфяной залежи разграниченной барьерными прослойками видовых слоях торфа, за все периоды опробирования.

Что свидетельствует о наличии графически выраженной связи между сравниваемыми показателями, подтверждая тем самым эффективность используемых методов, применяемых в оборе проб воды и определении их химического состава с последующей обработкой полученных данных.

В макрокомпонентом составе болотных вод можно выделить превышение суммы катионов над суммой анионов, что объясняется тем, что по результатам химического анализа не учитывается органическая составляющая, которая в состав анионов может быть введена как органический углерод в форме H_2CO_3. Из чего можно сделать вывод, что поступление химических элементов происходит в значительной степени за счёт гумификации в анаэробной среде органического вещества, обуславливающей условия перехода определённых химических соединений в водный раствор.

4.5 Связь химического состава с фильтрационным режимом болотных вод

Изменение физико-химического состава вод содержащихся по глубине залегания торфяной толщи, имеет достаточно сложный характер. С целью рассмотрения изменений химического состава вод в разрезе торфяной залежи от глубины, в условиях изменчивости гидрогеологического режима, по полученным результатам анализов проведённых отборов проб и определенных фильтрационных расходов, были построены графики отображаемые взаимное распределение относительной интенсивности фильтрации к значениям концентраций сумм главных ионов.

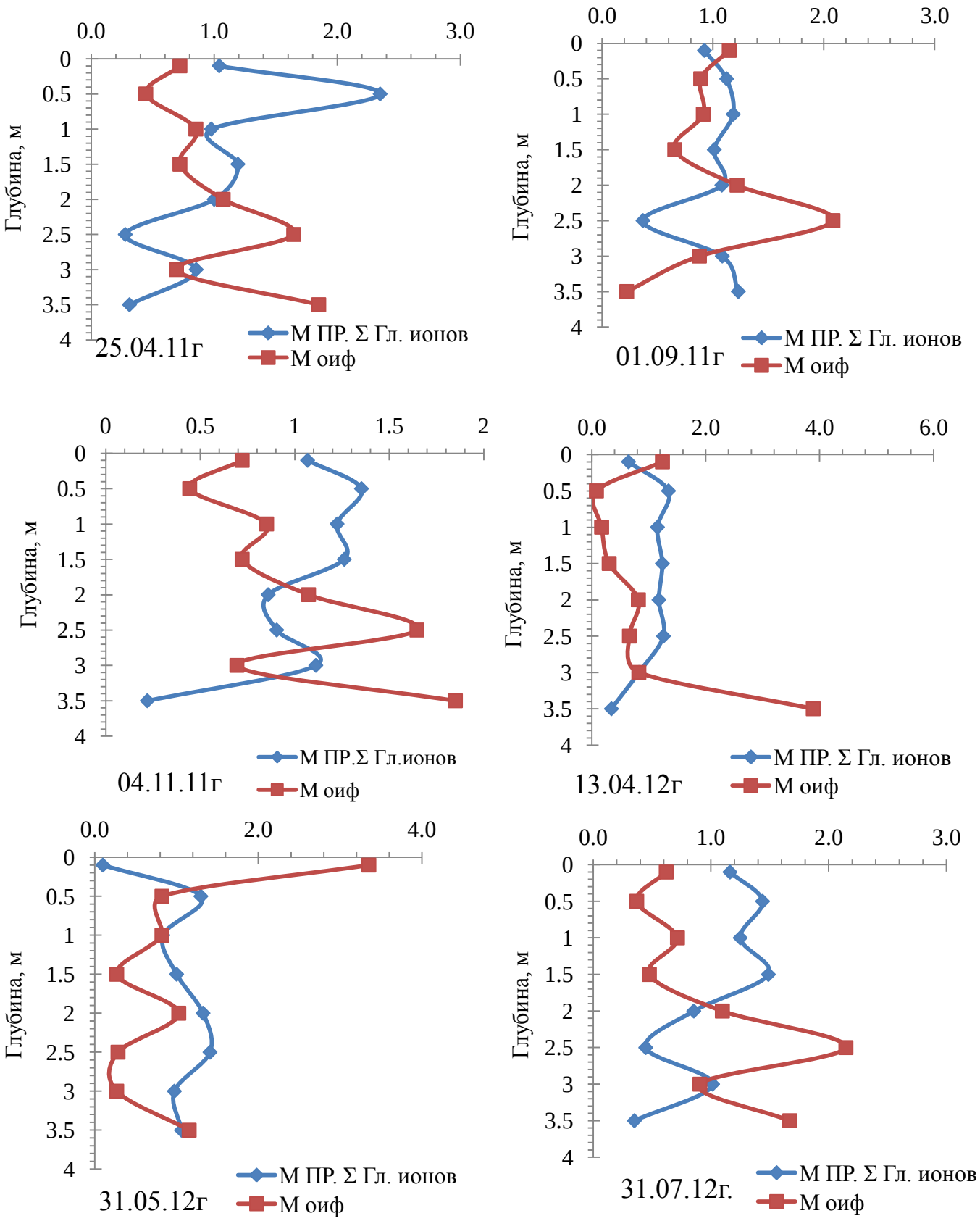


Рисунок 4.14 – Графики изменения суммы главных ионов болотных вод по глубине торфяной залежи, выраженные в модулях от приведённых значений минерализации к ОИФ, за периоды отбора проб

Химический состав вод в торфяной залежи, не постоянен во времени и в зональном распределении (по глубине) и определяет фильтрационный режим слоёв слагающих торфяную залежь. Химический состав и физические свойства вод заключённых в этих слоях имеют достаточно тесную связь с фильтрационным режимом. Распределение химических веществ в болотных водах связано в значительной степени существующим водным режимом торфяной толщи [Савичев, Шмаков, 2012]. В период с 25.04.11- 25.09.12гг. в опорной скважине 1, параллельно с отбором проб проводилось определение относительной интенсивности фильтрации по глубине торфяной залежи, на основании этого (за исследуемые периоды времени) были построены сравнительные графики относительной интенсивности фильтрации при соответствующих значениях минерализации распределённых по глубине торфяной залежи (рисунок 4.14.).

Представленные на рисунках графики отражают зависимость режимов фильтрации различных вертикальных интервалов и сумм главных ионов за периоды отбора проб (25.04 11 г., 1.09.11 г., 4.11.11 г., 13.04.12г., 31.05.12г, 31.07.12г). На представленных графиках просматривается типичность тенденции разнонаправленной изменчивости гидравлических свойств и химического состава воды по глубине.

Анализ представленных графиков характеризует наличие связи фильтрационного режима и химического состава воды относящейся к различным вмещающим её видовым слоям торфа. Эта зависимость выражена в систематизированной противоположной изменчивости фильтрации к концентрации сумм главных ионов. Исходя из этого, можно предположить, что по толщи торфа существует связь между фильтрационными свойствами различных генетических разнородных видов торфов, режимом фильтрации и химическим составом насыщающих их вод.

Химический состав торфяной почвы задаётся условиями формирования и строением видовых слоёв слагающих торфяную залежь, что является условием фильтрационного режима вмещающих их вод. Воды принадлежащие к горизонту своего распространения приобретают присущие им свойства по времени и

условиям взаимодействия вмещающих их торфов. Структура строения торфяной залежи, химический состав воды и её физические свойства определяют гидрогеологический режим залежи, в общем, и фильтрационные свойства видовых торфяных слоёв в частности.

В ходе исследований зонально–временных изменений химического состава болотных вод была выявлена связь между особенностями водообмена в торфяной толщи и физико-химических свойств болотных вод, соответствующих этим гидродинамическим условиям. При более интенсивном режиме фильтрации, время взаимодействия вода – торф уменьшается, а площадь торфа фильтруемого этой водой увеличивается, в следствии чего происходит либо насыщение воды в пределах деятельного горизонта преимущественно гуминовыми веществами, либо их вымывание. На поверхности и в верхних слоях деятельного горизонта макроэлементный состав достаточно беден, уровень минерализации составляет в среднем 41.6 мг/л.

В толще торфа выделяются два, плавно переходящих один в другой, геохимических процесса. Начиная от поверхности микрорельефа болота, наблюдается выраженный окислительный и по глубине торфяной залежи – восстановительный процессы. Величина pH является важнейшим показателем качества вод и на её величину в водах верхней части деятельного горизонта влияет состояние карбонатного равновесия, интенсивность процессов фотосинтеза и распада органических веществ, содержание гуминовых веществ. В пределах деятельного горизонта в условиях периодического поступления кислорода происходит интенсивное формирование органических соединений - гуминовых веществ и органоминеральных соединений.

Анализируя результаты лабораторных исследований химического состава отобранных проб воды и соответствующих им фильтрационным режимам, можно предположить, что между различными типо–видовыми слоями создающих слоистую структуру всей торфяной залежи сформированы барьерные прослойки. Формирование подобных прослоек, между видовыми составами и типами торфов, происходит за время эволюционного развития болота. Данные прослойки

являются химико–механическими барьерами водообменных процессов между разделяющими их торфяными слоями, что является определяющим фактором в формировании индивидуально устойчивых свойств химического состава вод в слоях торфа в пределах их распространения. Видовые слои слагающие торфяную залежь, формируемые в разные периоды эволюционных этапов болотообразования, обладают частично ограниченной проницаемостью между собой, обусловленной слоистыми образованиями разделяющими эти слои торфа, что частично ограничивает водообменные процессы препятствующие интеграции химического состава в разрезе торфяной залежи. В связи с этим эти слоистые образования (прослойки) определяют индивидуальность существующего между ними химического состава и гидрологического режима вод.

Вышесказанное косвенно подтверждается результатами проводимых полевых исследований и ранее опубликованными выводами приводимыми в статье «Гидрохимические исследования торфяных месторождений верхового типа» вошедшей в сборник «Природа болот и методы исследований» под редакцией А.А. Ниценко [1967], Я.И. Лиштван, А.М. Мамцис, П.Петрухин, где авторы пришли к выводу о том, что грунтовый поток, не одинаковый по величине в различных горизонтах и существенно изменяет распределение обменных катионов по глубине. На интенсивность такого рода перераспределения влияет динамика грунтового потока. При этом миграция воды в залежи приводит к вымыванию катионов, в результате чего меняется структура залежи и её водопроницаемость. Отсюда был сделан вывод, о возможности физико-химического воздействия на торфяную залежь с целью интенсификации гидрологического режима [Маслов, 2009]. В своей работе авторы этой статьи основывались на исследованиях Н.В. Чураева [1963] и М.П. Воларовича [1964] пришедших к выводу, что фильтрационные характеристики торфа так же определяются химическим составом дисперсионной среды и степенью её кислотности.

Несмотря на то, что применяемое оборудование и методика проведения исследований в рамах выполненной работы значительно отличалась, от

упомянутых выше проводимых исследований – полученные результаты и сделанные на их основе выводы оказались близки.

Взаимодействующие процессы проходящие между слоями в разрезе торфяной залежи – сложный сбалансированный взаимно регулируемый процесс присущей открытой системы, способствующей сохранению постоянства своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия, где конечный результат направлен на развитие болота. В случае техногенной нагрузки, когда привносимые с воздухом, осадками или склоновым поверхностным стоком химические элементы превышают степень своего влияния на естественное формирования химического состава и физических свойств воды, перед влиянием водосодержащей торфяной почвой (вода → торфяная почва), запускается механизм изменяющий природный алгоритм эволюционного развития болота. Результатом подобного антропогенного воздействия на болота может быть как повышения интенсивности заболачивания, так и развитие процессов ведущих к деградации болот.

Важным аспектом в изучении взаимодействия обменных процессов деятельного и инертного горизонта, является вертикальное распределение степени насыщенности слоя торфа, где основным механизмом представляется компрессионный статический, принудительный водообмен. Таким образом, химический состав вод переходных и верховых болот является результатом сложного и на сегодняшний день малоизученного взаимодействия торфов деятельного и инертного горизонтов через механизмы водообменного взаимодействия атмосферных вод поступающих на болотный массив и грунтовых вод придонного горизонта.

4.6 Определение изменений химического состава болотных вод от их фильтрационного режима

Основываясь на данных статистического анализа, можно сделать вывод, что химический состав вод, в торфяной залежи, изменчив во времени и в

пространственном распределении. Он определяет гидродинамический режим фильтрации слоёв, слагающих торфяную залежь. Химический состав и фильтрационный режим вод, заключённых в этих слоях, имеют достаточно тесную корреляционную связь.

Это подтверждает сделанное утверждение, что распределение химических веществ в болотных водах связано в значительной степени существующим водным режимом торфяной толщи [Савичев, Шмаков, 2012]. За период проведения работ (25.04.11- 25.09.12г) в скважине 1 параллельно отборам проб проводилось наблюдение за условиями относительной интенсивности фильтрации по глубине торфяной залежи. Получены полные одновременные измерения относительной интенсивности фильтрации по глубине залежи в течение года с отбором проб на определение минерализации проводимые в сроки 25.04 11 г., 1.09.11 г., 4.11.11 г., 13.04.12г., 31.05.12 г, 31.07.12г.

В ходе наблюдений было отмечено, что состав и концентрация химических элементов болотных вод, содержащихся на разных глубинах торфяной толщи, характеризуется тем видовым составом торфа, который ограничен прослойками от других типов и видов торфа.

В ходе обработки материала, полученного в ходе проводимых исследований зонально-временных изменений химического состава болотных вод, была выявлена связь между особенностями водообмена в торфяной толщи и физико-химических свойств болотных вод соответствующих этим гидродинамических условиям.

Используя значения таблиц 3.4 и 3.7 Глава 3, построена графическая зависимость распределения осреднённых за весь период отбора относительной интенсивности фильтрации, выраженной в модулях и приведённые к среднему значению минерализации (рисунок 4.15). На представленных графиках просматривается разнонаправленная тенденция изменения фильтрационного режима и химического состава воды.

На представленных графиках, проведено сопоставление рассматриваемой выше графической зависимости изменения фильтрационного режима и

химического состава воды относительно различных её вмещающих видовых слоев торфа. Как видно из графика, по толщи торфа существует связь между режимом фильтрации, определяемым фильтрационными свойствами различных генетических разнородных торфов и химическим составом насыщающих их вод.

Это выражается в однозначной направленности влияния гидравлических условий одного генетически неоднородного торфяного слоя на гидравлические условия другого генетически неоднородного слоя.

Химический состав торфяной почвы задаётся условиями формирования разложения органического материала в зависимости от его ботанического состава обуславливающего строение конкретного видового слоя торфяной толщи, что является, в том числе, и условием фильтрационного режима вмещающих их вод.

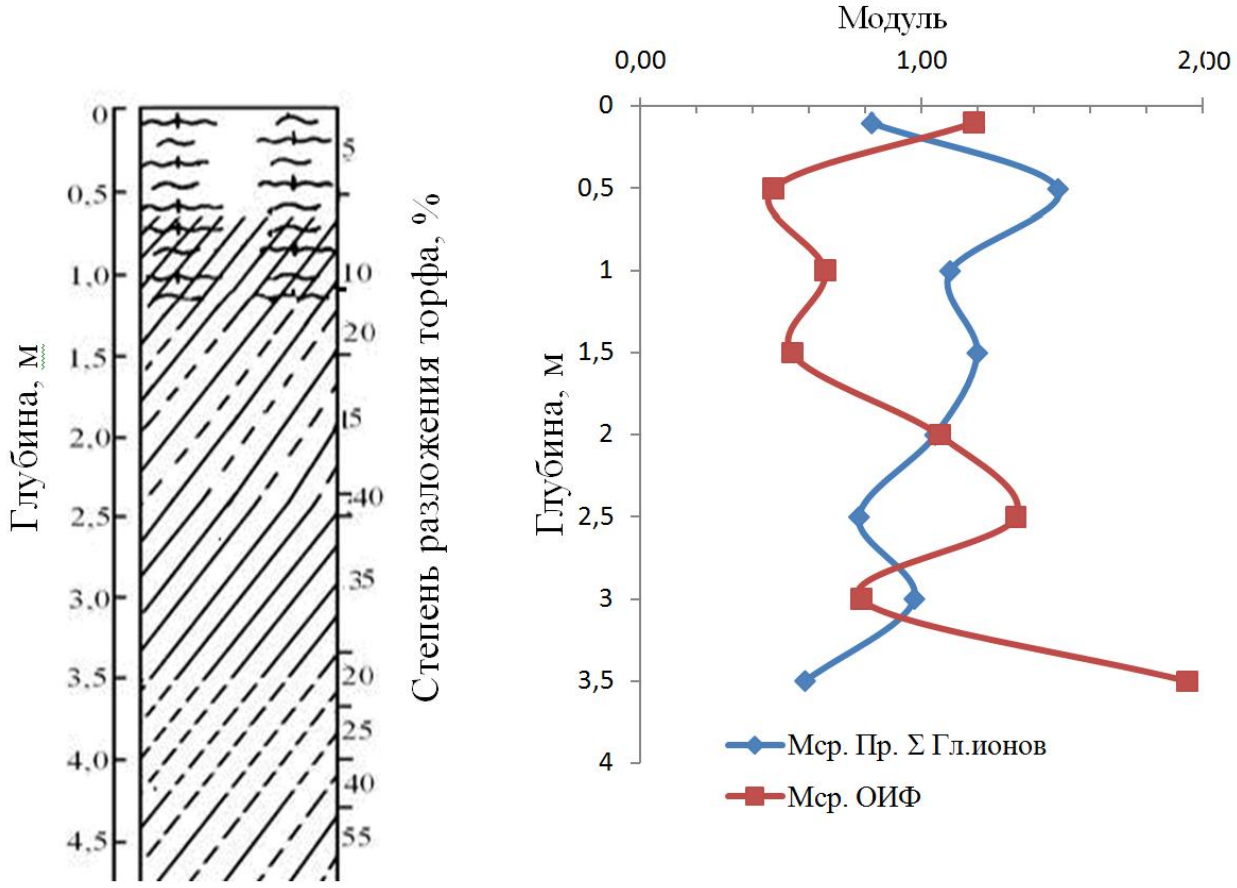


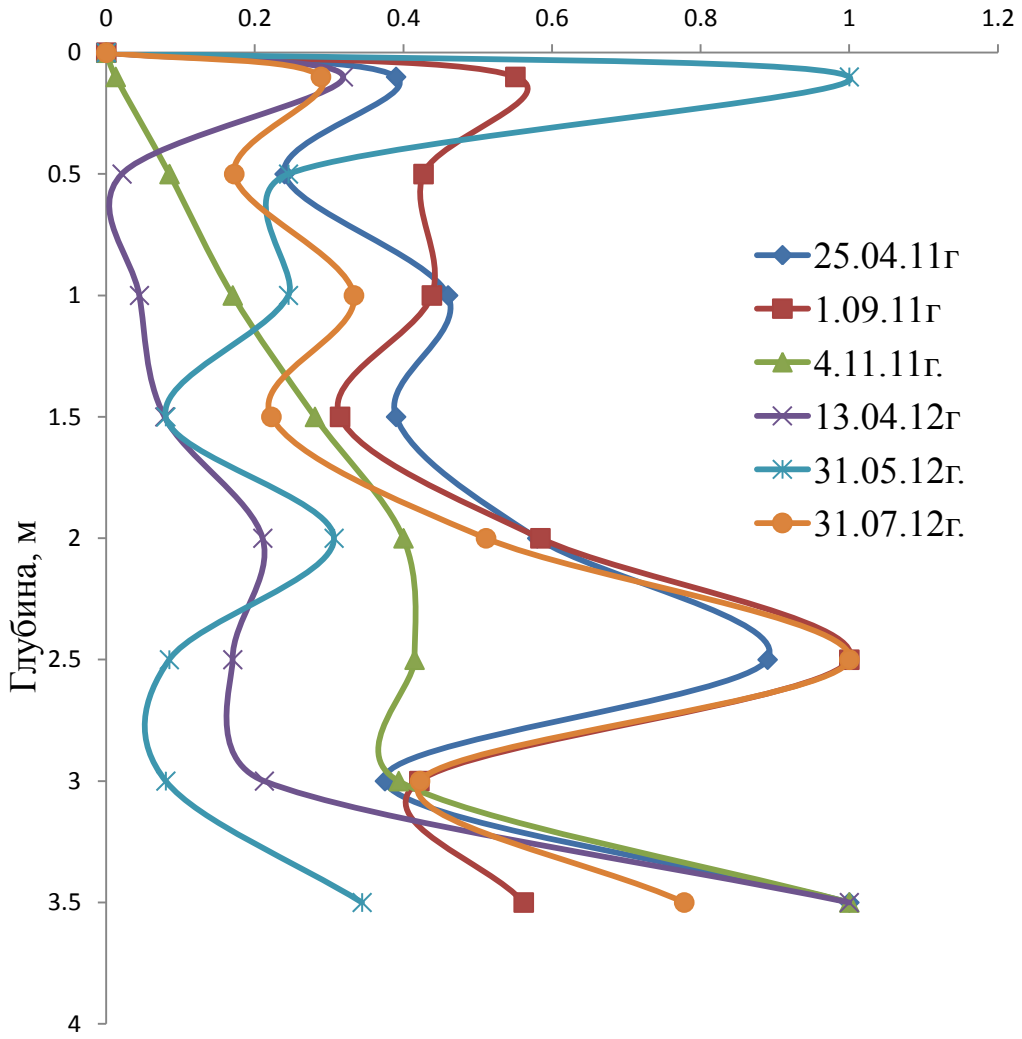
Рисунок 4.15 – Строение торфяной залежи Тимирязевского болота: *низинные торфа:* 1 – топяно–осоковый, 2 – топяно–осоко-гипновый, 3 – топяно–гипновый; 4 – *переходный* – гипновый (комплексный); *верховые:* 5 – комплексный

Воды, приуроченные к горизонту своего распространения приобретают присущие им свойства от времени и условий взаимодействия вмещающих их торфов. Структура строения торфяной залежи, химический состав воды и её физические свойства определяют гидрогеологический режим залежи, в общем, и фильтрационные свойства торфов этого слоя в частности.

Из этого можно предположить, что между химическими свойствами вод и гидродинамическими условиями каждого генетически разнородного слоя торф, на котором проводился отбор проб воды существует устойчивая связь, просматриваемая в стратиграфическом разрезе генетически разнородных слоях слагающих торфяную залежь.

Наличие выявленной связи позволяет сделать вывод о развитии барьерной слоистости между видовыми слоями торфов, связанной со сменой одного устойчиво сформированного сообщества растений торфообразователей другим, где происходящее в граничные периоды замещения ботанического состава, создают условия ее формирования и развития между генетически разнородными слоями торфа. Формируемая слоистость приобретает и в дальнейшем развивает свойства механического барьера, частично ограничивающего водообменные процессы между разнородными слоями торфов. Наличие подобных прослоек является условием формирования устойчивых и индивидуальных свойств разных генетически-неоднородных типов торфов. Это объясняет относительное постоянство химического состава болотных вод на разных глубинах торфяной залежи, где слои различного видового состава торфа ограничены разделяющими их барьерной слоистостью сформированной в характерные периоды сукцессии фитоценозов.

По данным значений относительной интенсивности фильтрации полученных в результате обработки результатов проведенных измерений по глубине торфяной залежи за весь период проведения работ, построены графики распределения относительной фильтрации по измеряемым вертикальным интервалам торфяной залежи на рисунке 4.16.



ОИФ

Рисунок 4.16 – Совмещённые графики расходов воды по толщине торфяной залежи, за наблюдаемые периоды

По представленным графикам просматривается изменчивость величины относительной интенсивности фильтрации по глубине залежи торфа. Сравнивая графики относящиеся к разным периодам, видна тенденция одинаковой направленности этой изменчивости. Она характеризуется различными условиями водности сезонных и метеорологических условий, а также водным режимом грунтовых вод питающих придонные горизонты торфяной толщи, влияющих на влагонасыщенность торфа. Был сделан вывод, что различная степень

насыщенности водой различных генетически не однородных слоёв торфа, характеризует изменчивость условий водообмена по глубине.

Анализ представленной графической зависимости, позволяет сделать вывод о существовании взаимосвязи между индивидуально проявляющимся водным режимом каждого слоя слагающего торфяную залежь. Учитывая полученные результаты, можно предположить о влиянии водообменных условий одного генетически разнородного торфяного слоя на условия другого генетически разнородного слоя, что видно из рисунка 4.16.

Выявленная закономерная изменчивость химического и гидравлического режима между генетически разнородными слоями в разрезе торфяной залежи позволила выразить состояние химико-гидравлического режима (по толщине торфяной залежи) через отношение ОИФ к концентрации сумм главных ионов болотных вод на каждом вертикальном интервале стратиграфического разреза торфяной залежи через «коэффициент равновесия» [Шмаков, 2015]:

$$К_{рс} = М_{i.оиф}/М_{i.min}, \quad (20)$$

где: $М_{i.оиф}$ - модуль относительной интенсивности фильтрационного расхода *i* – ого интервала;

$М_{i.min}$ - модуль минерализации - суммы главных ионов *i* - ого интервала.

Введённое автором понятие «коэффициент равновесия» отражает равновесную связь химического состава с фильтрационным режимом *i* - ого интервала видового состава торфяной залежи. Его можно выразить как:

$$К_{рс} = М_{i.иф}/М_{i.min}, \quad (21)$$

где $М_{i.min}$ - модуль суммы главных ионов *i* - ого интервала, $М_{i.иф}$ - модуль относительной интенсивности фильтрации *i* - ого интервала.

Взаимосвязанное распределение коэффициентов равновесия по толщине залежи и времени, выраженное через отношения $М_{i.иф}/М_{i.min}$, характеризует гидродинамическое и химическое равновесие экологической системы болота.

Коэффициент равновестности может быть эффективным индикатором при мониторинге эволюционных болотообразующих процессов.

По значениям введенного понятия «коэффициентов равновесия» (таблица 4.5), построены графики (рисунок 4.17), отражающие их распределение по всем опробируемым интервалам за шесть периодов наблюдений (распределение по времени).

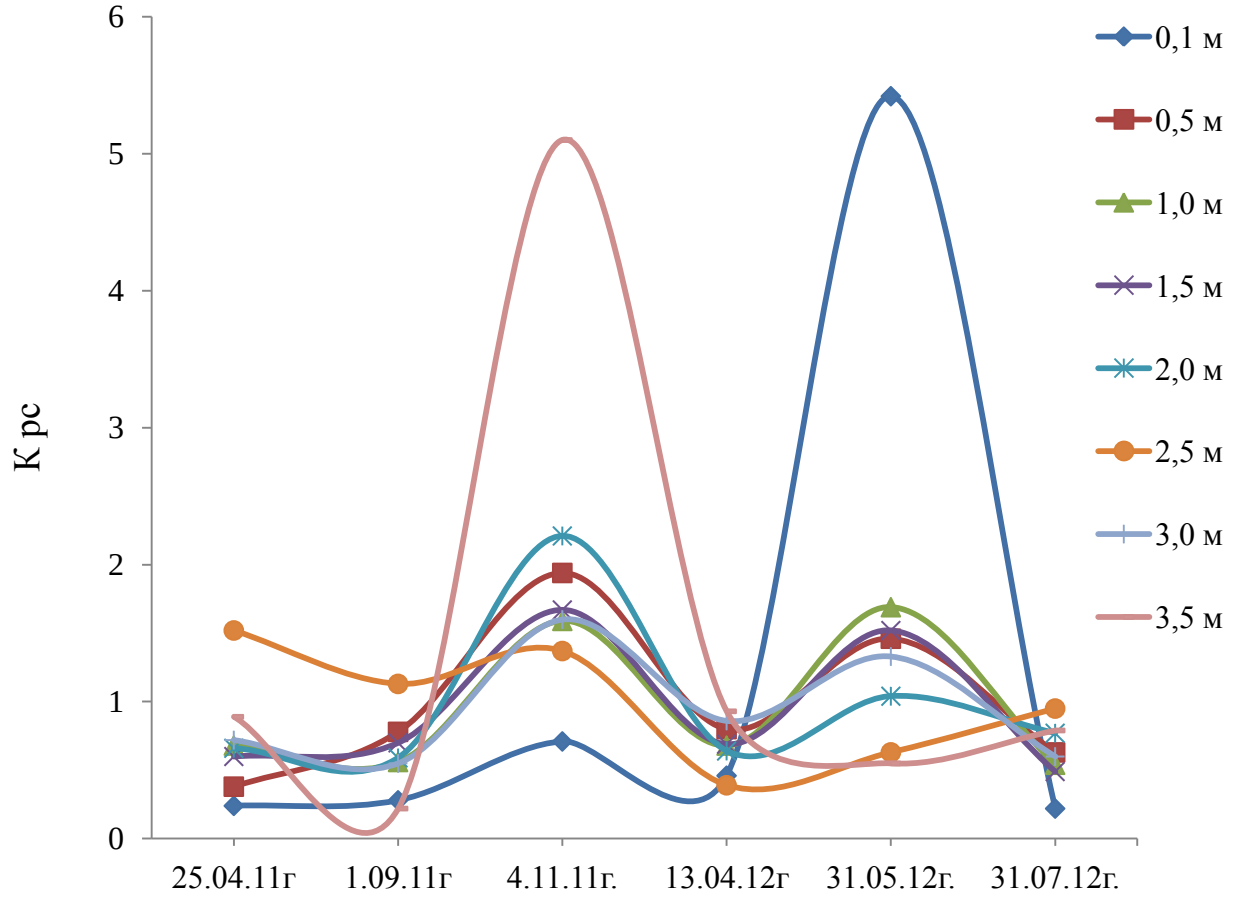


Рисунок 4.17 – Графическая зависимость «коэффициента равновесия» от времени

Из представленных графиков видно, что пики максимальных и минимальных значений отображённых коэффициентов, полученных за различные периоды, совпадают в своей направленности. Это позволило усреднить между собой значения коэффициентов каждой вертикальной точке отбора.

В таблице 4.6, представлены полученные значения коэффициентов равновесия и их средние значения по восьми фиксированным вертикальным интервалам опробирования, за шесть периодов отбора проб.

Таблица 4.5 – Среднее распределение коэффициентов равновесия по времени за шесть периодов наблюдений

Моиф / М Σ главных ионов									
Дата измерений	Глубина, м								
	0,1 м	0,5 м	1,0 м	1,5 м	2,0 м	2,5 м	3,0 м	3,5 м	среднее
25.04.11г	0,24	0,38	0,68	0,60	0,66	1,52	0,72	0,89	0,71
1.09.11г	0,28	0,78	0,56	0,70	0,59	1,13	0,55	0,22	0,60
4.11.11г.	0,71	1,94	1,59	1,67	2,21	1,37	1,60	5,10	2,02
13.04.12г	0,46	0,80	0,68	0,69	0,64	0,39	0,86	0,93	0,68
31.05.12г.	5,42	1,46	1,69	1,52	1,04	0,63	1,33	0,55	1,70
31.07.12г.	0,22	0,63	0,54	0,49	0,77	0,95	0,60	0,79	0,62

Таблица 4.6 – Среднее распределение коэффициента равновесия в пространстве (по глубине)

Моиф / М Σ главных ионов							
Глубина, м	Дата измерений						
	25.04.11г	1.09.11г	4.11.11г	13.04.12г	31.05.12г	31.07.12г	среднее
0,1	0,74	1,00	1,40	1,02	6,98	0,67	1,97
0,5	0,33	0,81	0,50	0,47	0,54	0,54	0,53
1,0	0,70	0,79	0,60	0,57	0,84	0,63	0,69
1,5	0,64	0,92	0,60	0,54	0,71	0,53	0,66
2,0	0,77	0,86	0,80	0,57	0,53	0,92	0,74
2,5	2,80	2,51	0,80	0,53	0,49	1,76	1,48
3,0	0,90	0,85	0,70	0,81	0,73	0,77	0,79
3,5	2,50	0,76	4,60	1,93	0,66	2,23	2,11

По значениям «коэффициентов равновесия» восьми фиксированных вертикальных интервалах опробирования, за шесть периодов отбора проб были построены графики, отражающие распределение «коэффициентов равновесия» по глубине (распределение в пространстве), рисунок 4.18.

Из графика видно, как и на рисунке 4.18 пики значений максимальных и минимальных значений отображённых коэффициентов, полученных за различные периоды, также совпадают в своей направленности.

Просматриваемая закономерность тенденций распределения «коэффициентов равновесия» на графиках рисунков 4.17 – 4.18, позволила усреднить значения этих коэффициентов в зонально-временных изменениях и выразить их на рисунках 4.19 и 4.20.

На представленных графиках, распределение совокупности средних значений «коэффициентов равновесия», распределённых по глубине и времени, характеризует процессы, происходящие в стратиграфическом разрезе торфяной залежи.

Из этого следует, что торфяная толща болота является системой взаимодействующих разнородных слоёв торфа и проходящих между ними процессов направленных на создание условий устойчивости этой системы.

Можно предположить, что наличие индивидуально приобретаемых качеств химического состава вод приуроченных к разнородным типо-видовым слоям при сохранении их стабильности, а так же выявленное наличие связи между ними (через коэффициенты равновесия), как во времени, так и по глубине косвенно подтверждает существование барьерных прослоек и их эволюционную значимость.

Предложенный метод определения «коэффициентов равновесия» распределённых по интервалам торфяной залежи, значительно упрощает методы исследования различной направленности, проводимых в пределах болотных экосистем и даёт наиболее полное представление о физико–химических процессах проходящих в слоях торфяной залежи. Применяемые подходы, базирующиеся на результатах проведённой работы, способствуют более полному пониманию существующей проблемы и дают возможность более качественного решения хозяйственных, экологических, экономических и др. вопросов. А также более достоверной интерпретации данных, в плане оптимизации в оценках гидрологического режима исследуемых болот.

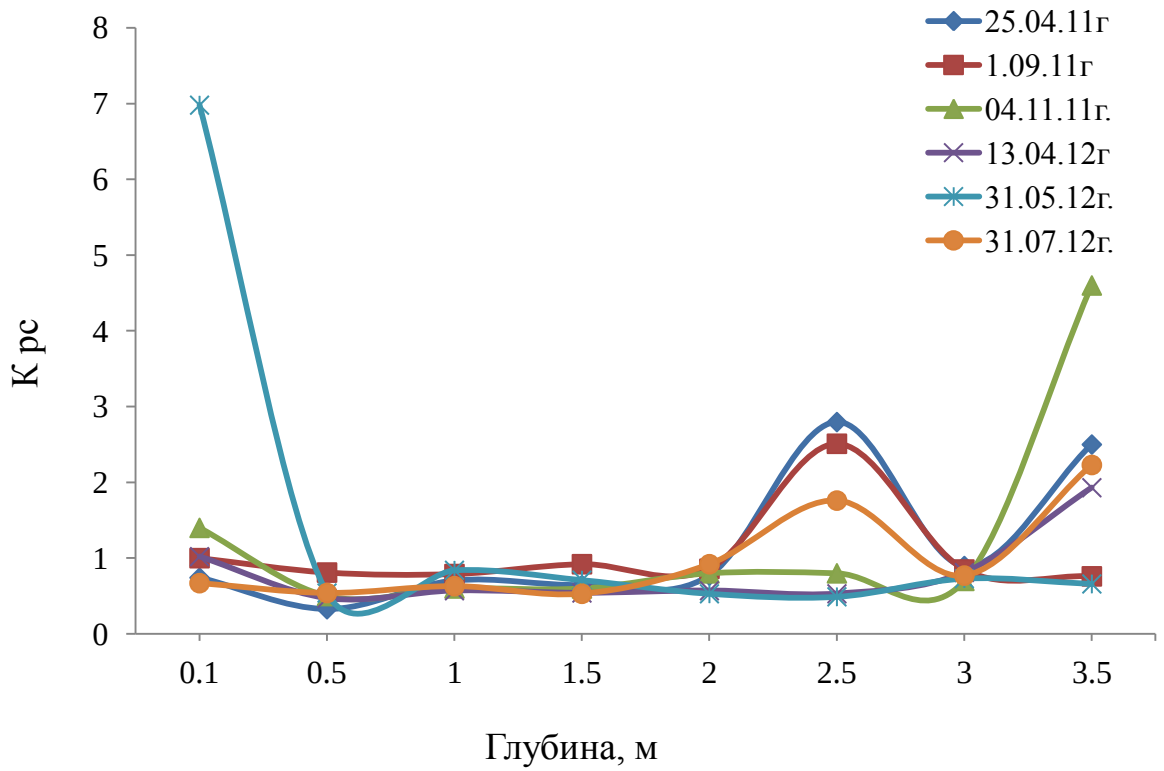


Рисунок 4.18 – Графическая зависимость «коэффициентов равновесия» от глубины

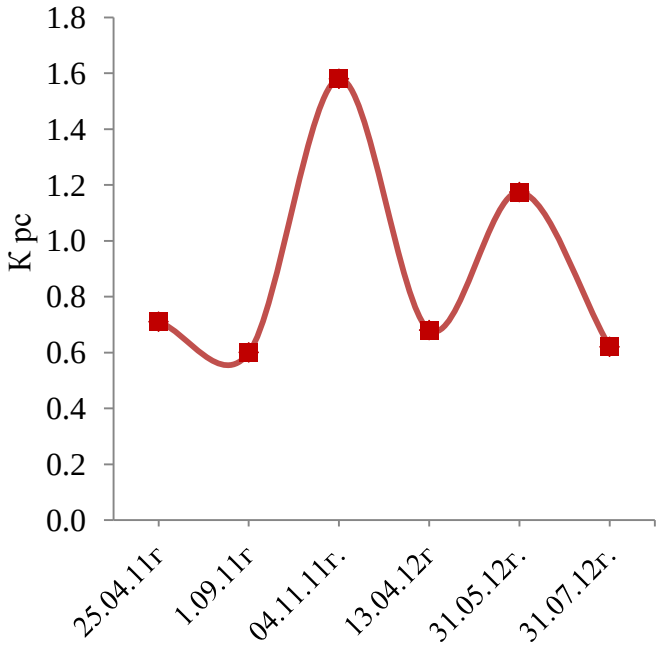


Рисунок 4.19 – Средняя, за период наблюдений, зависимость «коэффициента равновесия» от времени

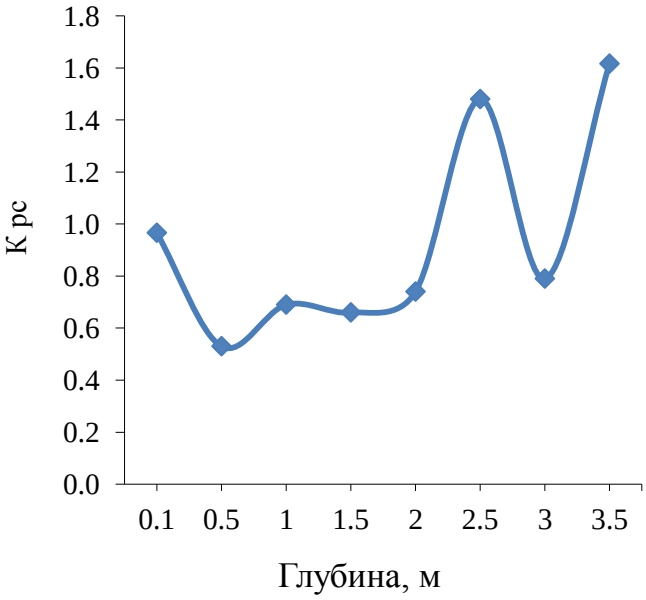


Рисунок 4.20 – Средняя, за период наблюдений, зависимость «коэффициента равновесия» от глубины

Исследование зонально – временных изменений химического состава болот является актуальной проблемой. Изменения химического состава болотных вод во времени и в разрезе торфяной залежи имеет определённое значение для понимания биологических, морфологических, торфообразующих, гидрогеологических, гидрологических, процессов оказывающих влияние на экологические условия вызванные образованием, развитием и трансформацией болотных систем.

В заключение можно сказать, что торфяная толща болота является системой взаимодействующих разнородных слоёв торфа и проходящих между ними процессов, направленных на создание условий устойчивости этой системы. Сохраняющаяся закономерная взаимосвязь совокупности «коэффициентов равновесия» *($К_{рс}$)*, распределённых по глубине и во времени – характеризует состояние экологического равновесия этой системы.

Выявленная закономерно сохраняющаяся взаимосвязь этих коэффициентов, даёт возможность создания дополнительного инструмента в применяемых методах проведения мониторинга экосистем болотных массивов. Суммарная оценка степени происходящих изменений от интенсивности и продолжительности антропогенной нагрузки на экологическую ситуацию рассматриваемого природного объекта, позволяет оценивать степень и динамику изменения химического состава воды от её гидродинамического режима и их влияние на экологическую ситуацию в эволюционных процессах верхового или переходного болота.

Равновесие гидрохимического режима болот от их гидродинамического режима, выражается как закономерно сохраняющееся, между собой, взаимосвязанное распределение «коэффициентов равновесия» ($К_{рс}$) распределённых во времени и пространстве (глубине), как показатель состояния экосистемы болот.

4.7 Обобщение результатов исследований изменения гидрохимического режима в разрезе торфяной залежи изучаемого болота

Анализ полученных материалов показал, что воды Тимирязевского болота характеризуются по минерализации (согласно [Алёкин, 1970]) как пресные с минерализацией от очень малой (до 100 мг/дм^3) до средней (200…500 мг/дм^3), по величине pH (согласно [Молчанова и др., 2007]) – как кислые и слабокислые. Среди катионов преобладает ион Ca^{2+}, анионный состав – смешанный с некоторым преобладанием ионов SO_4^{2-}. Болотные воды содержат органические вещества в количестве, многократно превышающем аналогичные показатели для подземных вод района исследований, но в меньшем, по сравнению с водами других переходных болот в таёжной зоне Западной Сибири (таблица 4.7).

Изменения содержаний главных ионов и значений pH по глубине торфяной залежи имеют достаточно сложный характер, но их минимальные значения в целом приурочены к верхней части деятельного горизонта (рисунок 4.21), что объясняется влиянием атмосферных осадков и талых вод на химический состав болотных вод у поверхности болота.

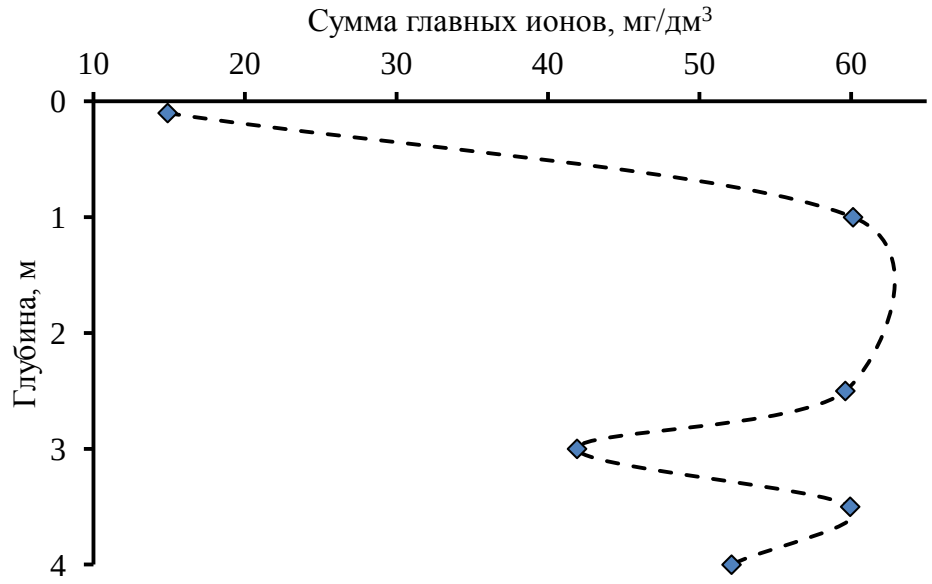


Рисунок 4.21 – Изменение суммы главных ионов в болотных водах 02.05.2011 г. по глубине торфяной залежи (от поверхности) [Савичев, Шмаков, 2012]

С глубиной, по мере ухудшения фильтрационных свойств торфов и увеличения времени взаимодействия воды с органическими и органоминеральными соединениями, это влияние снижается. В нижних слоях торфяной залежи отмечены достаточно сильные колебания суммарного содержания растворённых солей, связанные, предположительно, с притоком более минерализованных подземных вод (таблица 4.7) и неоднородностью фильтрационных свойств торфов по глубине (таблица 3.4, Глава 3).

Таблица 4.7 – Средний химический состав болотных вод на участке наблюдений по всей глубине торфяной залежи

Показатель	Единицы измерения	$ПДК_{хп}$	Подземные воды в Обь-Томском междуречье			Тимирязевское болото [Савичев, Шмаков, 2012]		Среднее для переходных болот [Савичев, 2015]
			зоны аэрации [Ермашова, 1999]	неоген-четвертичных отложений [Шварцев, 1998]	палеогеновых отложений [Шварцев, 1998]	$A\pm\delta$	N	
pH	ед. pH	6,6–8,5	6,8	7,77	7,26	5,10±0,30	14	4,97
CO_2	мг/дм^3	–	–	42,1	19,9	166,2±37,2	14	84,3
HCO_3^-	то же	–	430	281	345	13,8±7,8	19	37,7
SO_4^{2-}	–//–	500	9,2	0,41	0,32	15,5±3,0	19	8,9
Cl^-	–//–	350	25,6	4,09	6,42	8,6±4,1	19	6,3
Ca^{2+}	–//–	–	121	56,9	75,8	8,7±1,5	19	12,6
Mg^{2+}	–//–	50	15,5	15,0	14,5	3,3±1,0	19	4,2
Na^+	–//–	200	18,2 (Na^++K^+)	12,8	14,3	4,0±1,0	19	3,3
K^+	–//–	–	–	1,22	1,26	2,2±0,4	19	1,5
Σ_{mi}	–//–	1000	410	375	466	56,1±15,4	19	74,0
PO_4^{3-}	–//–	3,5	–	–	–	0,042±0,011	15	0,191
NO_2^-	–//–	3,3	–	0,018	0,004	0,036±0,017	16	0,052
NO_3^-	–//–	45	–	0,02	0,03	1,012±0,270	16	1,299
NH_4^+	–//–	1,9	–	0,69	0,62	4,25±0,57	16	3,294
Si	–//–	10	–	1,57	3,55	4,77±0,70	14	4,83
ХПК	мгО/дм^3	15	–	1,95	2,04	57,4±8,3	8	301,2
ФК	мг/дм^3	–	–	–	–	154,1±20,6	8	–
ГК	То же	–	–	–	–	34,5±11,6	8	–
$Fe_{общ.}$	–//–	0,3	–	0,03	1,71	31,84±8,92	14	2,828

Примечание: $ПДК_{хп}$ – предельно допустимая концентрация, установленная для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения; A и δ – среднее арифметическое и погрешность его определения, $\delta=\sigma\cdot N^{-0,5}$; σ – среднее квадратическое отклонение; N – объём выборки; Σ_{mi} сумма главных ионов

Неоднозначное изменение концентраций в вертикальном разрезе также характерно для большинства изученных веществ (NO_3^-, NO_2^-, NH_4^+, PO_4^{3-}, Br, Co, Mn, Sr, Zn, Cu, Ba, Ni, F^-, Li, ФК, значений удельной электропроводности и

перманганатной окисляемости). Линейные тенденции выявлены только для Si, Al, ГК (уменьшение с глубиной) и Cr (увеличение с глубиной; таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Химический состав болотных вод в опорной скважине [Савичев, Шмаков, 2012]

Показатель	Единицы измерения	Дата отбора пробы									
		27.04.11 г.				02.05.11 г.					
		Глубина отбора, м									
		0,1	0,5	1,0	1,5	0,1	1,0	2,5	3,0	3,5	4,0
pH	ед. pH	3,81	5,62	5,31	5,4	–	–	5,93	–	–	–
χ	мС/см	70,4	108,8	46,6	131,0	–	–	116,6	–	–	–
CO_2	мг/дм^3	59,8	174,6	154,0	400,4	–	–	255,2	–	–	–
HCO_3^-		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SO_4^{2-}		2,3	22,7	36,8	22,7	3,2	11,8	17,9	11,2	9,6	13,4
Cl^-		2,0	1,8	1,1	3,0	1,7	17,7	11,5	9,0	15,1	10,6
Ca^{2+}		6,8	3,0	1,4	1,7	5,1	10,4	8,7	7,0	11,8	10,0
Mg^{2+}		0,3	0,6	0,4	0,4	1,4	2,5	2,3	1,8	3,4	2,5
Na^+		0,5	1,5	0,9	1,4	0,9	11,2	11,5	8,2	14,0	10,7
K^+		0,5	2,2	1,2	1,7	1,2	5,1	6,2	3,3	4,6	3,5
Σ_{mi}		13,9	33,2	43,2	32,3	14,9	60,1	59,6	41,9	60,0	52,1
PO_4^{3-}		0,144	0,016	0,020	0,018	0,040	0,040	0,070	0,012	0,010	0,022
NO_2^-		0,005	0,009	0,006	0,003	0,002	0,018	0,020	0,008	0,026	0,021
NO_3^-		1,850	4,140	0,120	0,075	0,075	1,220	0,670	0,077	0,170	0,220
NH_4^+		3,36	1,09	1,70	2,14	0,92	6,77	4,91	5,99	6,82	6,57
Si		4,91	4,21	4,10	3,46	–	–	4,84	–	–	–
П.О.		97,6	107,2	103,2	91,2	–	–	–	–	–	–
ФК		–	123,6	136,1	125,6	–	–	–	–	–	–
ГК		–	20,4	14,1	10,1	–	–	–	–	–	–
F^-		0,10	0,10	0,11	0,32	0,13	0,25	0,11	0,13	0,29	0,24
Li	мкг/дм^3	0,5	1,8	2,9	3,1	7,4	7,4	2,0	4,3	4,4	3,7
Zn		8,1	6,9	4,6	12,4	–	–	8,7	–	–	–
Cd		0,1	7,0	3,0	6,0	–	–	9,0	–	–	–
Pb		0,8	10,0	8,0	38,0	–	–	10,0	–	–	–
Cu		15,0	9,0	17,0	94,0	–	–	163,0	–	–	–
As		–	2,5	2,5	2,5	–	–	2,5	–	–	–
Mn		–	545	381	832	–	–	222	–	–	–
Al		–	635	567	529	–	–	673	–	–	–
Ba		–	43,0	77,0	41,0	–	–	38,0	–	–	–
Co		–	8,0	5,0	26,0	–	–	54,0	–	–	–
Cr		–	3,0	4,0	15,0	–	–	28,0	–	–	–
Ni		–	176,0	38,0	247,0	–	–	183,0	–	–	–
Sb		–	2,5	2,5	2,5	–	–	8,0	–	–	–
Sr		–	62,0	54,0	68,0	–	–	58,0	–	–	–
Br		–	230	63	12	63	63	39	27	57	49

Подобное распределение веществ в болотных водах в определённой степени может быть связано с выпадением из атмосферного воздуха

загрязняющих веществ вследствие хозяйственной деятельности [Межибор, 2009] и с колебаниями уровней подземных вод вследствие работы Томского водозабора. Значительное влияние на содержания веществ в водах на разных глубинах, несомненно, оказывают собственно процессы торфообразования и эволюции болотной экосистемы в целом.

Биогеохимические аспекты этого влияния достаточно подробно раскрыты в работах О.Л. Лисс, В.К. Бернатониса, Л.И. Инишевой, Н.М. Рассказова, В.С. Архипова и многих других [Березин и др., 2005; Лисс и др., 2001; Савичев, 2009, 2015; Бернатонис и др., 2002; Бахнов, 2006; Savicheva, Inisheva, 2008].

В частности, О.Г. Савичевой и Л.И. Инишевой [2008] показано, что ферментативная активность торфов характерна для торфяной залежи на любых глубинах, из чего следует вывод о постоянной потенциальной возможности трансформации органического вещества, фактическая реализация которой наблюдается только при определённых условиях.

Изучение временных изменений химического состава болотных вод позволило установить, что максимальное содержание большинства веществ отмечается либо в весенний (Na^+, K^+, PO_4^{3-}, NO_2^-, NO_3^-, NH_4^+, Si, Zn, Cd, Pb, Cu, перманганатная и бихроматная окисляемость, ГК, ФК), либо в летний (HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, сумма главных ионов Σ_{mi}) периоды (таблица 4.9, рисунок 4.22).

Этот факт объясняется поступлением ряда веществ с талыми водами и поверхностным стоком с суходолов (в том числе, в результате растворения пылевых частиц кислыми талыми и болотными водами), а также с усилением биохимических процессов в летний период при наиболее оптимальных условиях развития макро- и микрофлоры.

Именно в летние месяцы увеличивается насыщение болотных вод деятельного горизонта кислородом, возрастает интенсивность трансформации органических веществ и происходит смещение углеродного баланса в сторону увеличения концентраций гидрокарбонат-иона и, как следствие, общей минерализации.

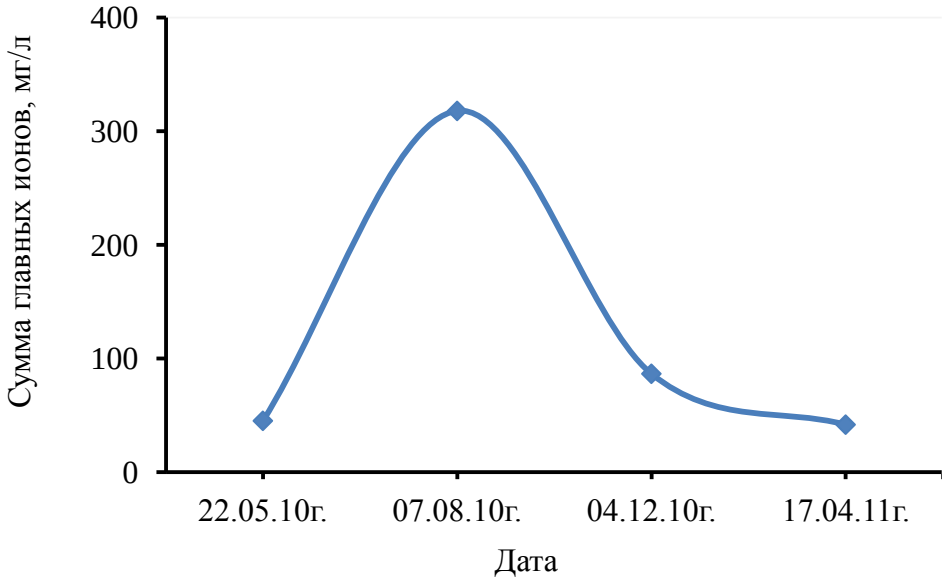


Рисунок 4.22 – Изменение суммы главных ионов в болотных водах Тимирязевского болота на глубине 1,7 м (от поверхности) в 2010–2011 гг

Таблица 4.9 – Химический состав болотных вод в скважине на глубине 1,65…1,70 м [Савичев, Шмаков, 2012]

Показатель	Единицы измерения	Дата отбора			
		22.05.10 г.	07.08.10 г.	04.12.10 г.	17.04.11 г.
pH	ед. pH	5,09	6,82	6,53	6,49
χ	мС/см	91,7	334	174,1	241
Eh	мВ	203	14	–	60
CO_2	мг/дм^3	111,3	77,4	18,5	160,2
HCO_3^-	то же	12,2	141,5	31,7	<3
SO_4^{2-}	–//–	14,8	49,2	29,5	23,6
Cl^-	–//–	4,3	78,3	<1	1,8
Ca^{2+}	–//–	5,6	28,0	15,7	9,8
Mg^{2+}	–//–	4,1	18,7	6,7	5,0
Na^+	–//–	2,6	1,0	2,3	1,4
K^+	–//–	1,6	1,3	1,0	0,9
Σ_{mi}	–//–	45,2	318,0	87,2	43,9
PO_4^{3-}	–//–	0,025	0,019	–	0,005
NO_2^-	–//–	0,2	0,01	–	0,225
NO_3^-	–//–	1,72	0,94	–	0,3
NH_4^+	–//–	6,5	2,67	–	1,89
Si	–//–	8,17	0,92	1,89	1,54
П.О.	мгО/дм^3	62	27,2	–	28,8
ХПК	мгО/дм^3	206,8	–	–	55
ФК	мг/дм^3	120,1	92,4	–	–
ГК	То же	97,1	8,5	–	–
$Fe_{общ.}$	–//–	10,5	75,95	0,302	74,48
F	–//–	0,05	0,26	–	0,13
Li	мкг/дм^3	3,0	3,5	4,0	0,5
Zn	то же	370,0	5,9	0,0	5,9
Cd	–//–	0,87	0,01	0,00	0,10
Pb	–//–	16,0	0,1	0,0	0,2

Краткие выводы по главе. На основании приведённых выше фактов сформулировано второе защищаемое положение: *Выявлены закономерности зонально-временных изменений химического состава вод Тимирязевского болота, типичные для переходных болот подтаёжной зоны Западной Сибири и заключающиеся в следующем: 1) в разрезе торфяной залежи наименьшие значения минерализации болотных вод приурочены к деятельному горизонту (за счёт потребления минеральных солей в корнеобитаемом слое); 2) в течение гидрологического года максимальные концентрации главных ионов (за исключением Na^+ и K^+) наблюдаются в летнюю межень (при усилении биогеохимических процессов), максимальные концентрации микроэлементов, биогенных и органических веществ – в весеннее половодье (при увеличении поверхностного стока с прилегающих суходолов).*

Глава 5. Влияние Томского подземного водозабора на гидрогеохимический режим Тимирязевского болота

Вода служит зеркалом процессов, происходящих в торфяной залежи. В толще торфа выделяются два гидрогеохимических процесса: в зоне аэрации – окислительный, а в пределах инертного горизонта (в зоне замедленного водообмена торфогенной породы) – восстановительный. На величину pH поверхностных вод, как одного из важнейших показателей их качества, влияет состояние карбонатного равновесия, интенсивность процессов фотосинтеза, распада органических веществ и содержание гумусовых веществ [РД 52.24.495-2005].

Рядом исследователей доказана связь гидрологического режима болотных вод с формированием их физико-химических свойств. Однако следует отметить, что сам механизм проходящих в торфяной залежи водообменных процессов, особенно в части их гидравлической связи в генетически разнородных слоях формирующих эту залежь, в настоящее время недостаточно изучен.

Болотные воды представляют собой среду, обуславливающую условия формирования особого гидрогеологического объекта, в виду чего их гидрологический и физико-химический режимы находятся во взаимодействии с компонентами другими экосистем. Однако в связи с усиливающейся интенсификации техногенного воздействия на природные объекты возможно возникновение обратного влияния, при котором измененные условия прилегающих к болотам компонентов, оказывают влияние меняющие веками устоявшиеся условия формирования этих объектов. Таким примером является изучаемое в этой работе влияние Томского подземного водозабора на расположенное в непосредственной близости от него Тимирязевское болото.

В этом случае опираясь на результаты проведанных исследований можно говорить о влиянии оказываемом крупнейшем гидрогеотехническим сооружением на компоненты окружающей среды попадающих под его влияние.

В этой главе приведено описание выполненных работ и полученные на их основе результаты. В ходе работ велись исследования по изучению взаимодействия болотных и грунтовых вод с позиции полученных данных (глава 4), объясняющие изменчивость физико–химических процессов происходящих, как в разрезе торфяной залежи Тимирязевского болота, так и его распределение во времени.

Важность проводимых работ просматривается в недостаточной изученности выше обозначенных работ, в условиях промышленной нагрузки на территории в том числе и районов развития крупных нефтегазовых комплексов, поскольку именно для них характерна повышающаяся плотность населения при значительном увеличении антропогенного воздействия оказывающего влияния на изменения уровней болотных вод при нарушенных уровней подземных вод в результате строительства крупных водозаборов.

В настоящее время актуальна оптимизация влияния на экологические условия, эффективность освоения природных ресурсов и реализация планов по созданию достойных условий жизни населения. Большое значение представляет увеличение роста случаев торфяных пожаров, что также находит практическое значение в проводимом изучении взаимодействия болотных и грунтовых вод. Этот интерес заключается не только как следствие влияния промышленных объектов на болотные экосистемы (водоотбора подземных вод, сброс сточных вод в торфяник и т.п.), но и с точки зрения планетарного изменения климатических факторов, последствия которых выражены на стыке взаимодействия водообмена грунтовые – болотные воды.

Полученные результаты, в вопросе воздействия гидрогеологических сооружений на компоненты окружающей среды, расширяют качество проведения экологической экспертизы проектов при объективной оценке водоотбора подземных вод, основанной на рациональном подходе проводимого по результатам анализа изменений уровней болотных и грунтовых вод, как определяющего условия естественного функционирования ландшафтов, территории которых испытывают техногенные нагрузки.

В этой главе рассматривается влияние Томского подземного водозабора на гидрогеохимический режим Тимирязевского болота, которое проявляется главным образом причиной антропогенного характера обусловленного увеличением амплитуды колебаний уровней болотных вод в зоне влияния Томского подземного водозабора, а также химическим загрязнением через атмосферу [Савичев, 2012; 2014].

Воздействие Томского водозабора, согласно материалам режимных гидрогеологических наблюдений, выполняемых АО «Томскгеомониторинг», связано с образованием депрессионной воронки значительных размеров, в результате чего исследуемый объект попадает под влияния первой и второй очереди Томского подземного водозабора рисунок 5.1 [Состояние геологической среды…, 2001, 2012, 2013].

Многолетняя эксплуатация Томского водозабора привела к формированию единой депрессионной поверхности. Сработка уровня подземных вод эксплуатируемого палеогенового комплекса усилила переток подземных вод сверху вниз, что привело к снижению уровня в четвертичном комплексе и образованию воронки, повторяющей по форме основную, но меньшею по площади [Состояние подземных вод …, 2013г].

На рисунке 5.2 представлены графики уровенного режима составленных по многолетним наблюдениям в скважинах 340р и 386р.

Скважина 340р представляет аллювиальные отложения. Среднее значение уровня подземных вод 93,33 м в Балтийской системе высот (БС), средняя глубина – 17,87 м, она расположена в 4.5 км от исследуемого болота. Скважина не действует с 2006 г. Скважина 386р – водоносные отложения четвертичного и палеогенового возраста, средний уровень подземных вод – 77,53 м БС, средняя глубина – 14,66 м, она расположена в 4.1 км от исследуемого болота.

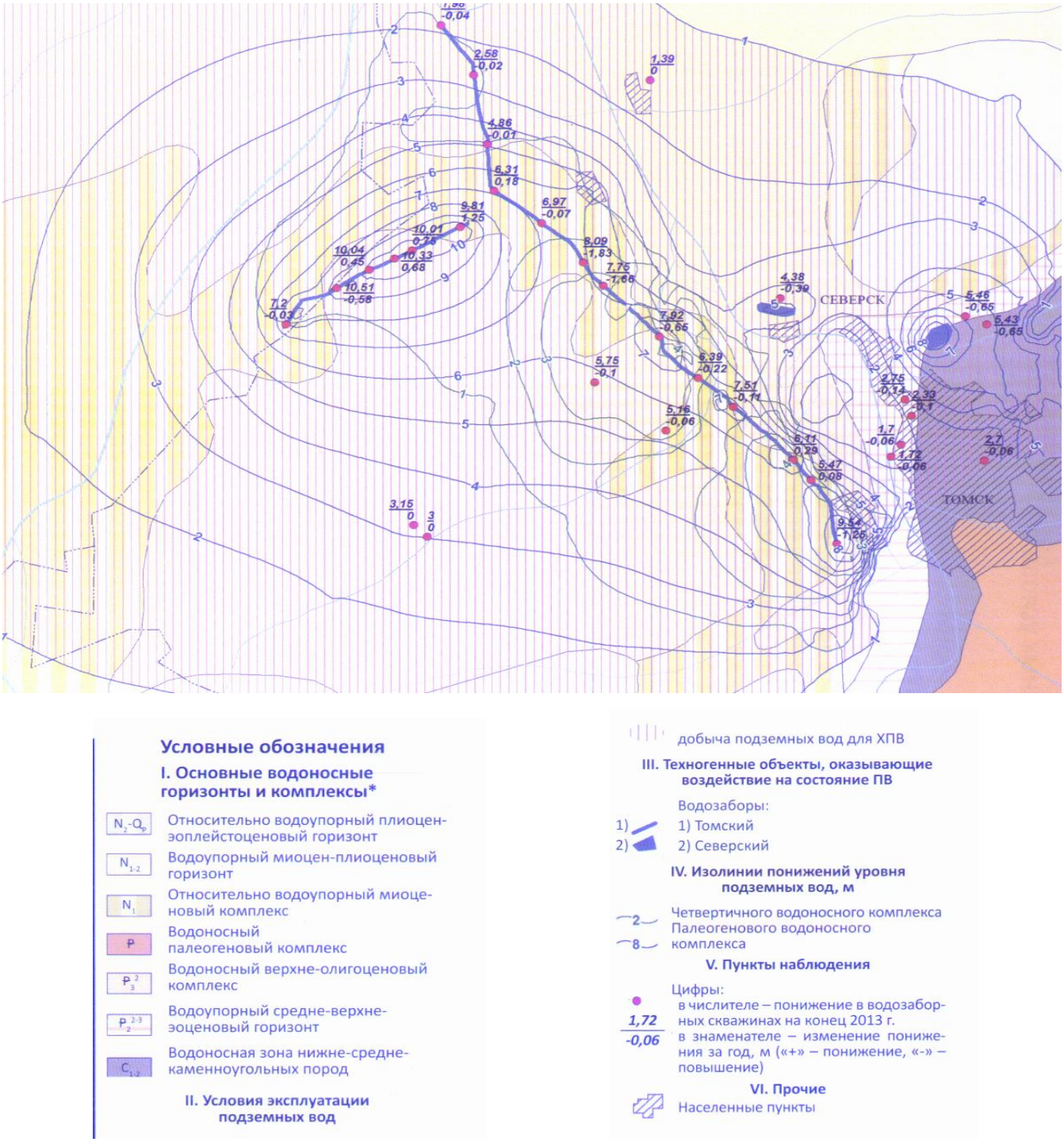


Рисунок 5.1 – Схематическая карта условий эксплуатации подземных вод в зоне влияния Томского водозабора вод (ООО «Томскводоканал») в 2013 г.

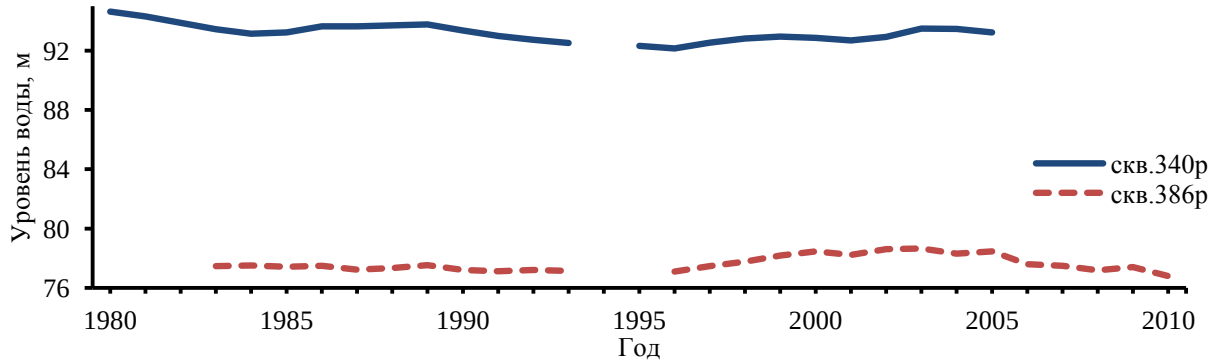


Рисунок 5.2 – Изменение уровней подземных вод в режимных скважинах 340р и 386р на территории Томского подземного водозабора (по данным АО “Томскгеомониторинг» [Савичев, Шмаков, 2012]

Определённое снижение уровней подземных вод в скважине 386р относительно значений, характерных для первой половины 2000-х гг., зафиксировано одновременно с общим увеличением уровней воды на ряде других скважин, в частности, на режимной скважине 192р находящейся в СЗ направлении в 2 км от с. Тахтамышево [Состояние геологической среды…, 2001, 2012, 2014]. Анализ динамики уровней подземных вод в этих скважинах позволил сделать вывод о не значительных изменениях гидродинамических условий за период 1980–2010 г (рисунок 5.2).

Во второй половине 2006 г в условиях значительного снижения количества эксплуатируемых скважин на 2 и 3 линии водозабора произошло увеличение нагрузки на первую линию водозабора. По сравнению с 2005 г на первой линии водозабора произошло снижение уровня подземных вод в палеогеновом комплексе более чем на 3 м, а в районе 2 и 3 линии Томского водозабора уровень наоборот повысился на 1,6 м.

Максимальное понижение зафиксировано в начале первой линии в непосредственной близости от изучаемого болотного объекта (скважина 8э) которое составило 11 м.

В целом, изменение положения уровней подземных вод эксплуатируемого и верхнего водоносных комплексов определяются режимом работы эксплуатационных скважин [Состояние геологической среды…, 2006].

Наиболее близко расположены к исследуемому болотному объекту скважины 1э и 2э. Скважина 1э находится в 40 м от границы болота, на бровке склона суходола возвышающейся на 12 м над ним.

Наблюдения за уровенным режимом болотных вод проводились по установленным на болоте пяти скважинам, – опорной скважине 1, вспомогательной 2 и трех дополнительных 7–9 (рисунок 3.6, Глава 3).

Опорная скважина 1, в совокупности с разработанным устройством для отбора проб и определения фильтрационных расходов (пробоотборником), представляет собой инструмент получения данных для проведения анализа и дальнейшей интерпретации результатов гидрогеохимических исследований на верховых и переходных болотах. Эта скважина характеризуют балансовый уровень и условия формирования болотных вод приуроченных к генетически разнородным слоям слагающим торфяную залежь.

Подобный подход обеспечивает принцип комплексности, заключающийся в получении значений фильтрационных расходов, характеризующих относительную интенсивность фильтрации на фиксированных по высоте интервалах и определение балансовых уровней болотных вод. Под балансовым уровнем понимается статический уровень, полученный в ходе притока воды в скважину и ее оттока из нее через отверстия расположенные через равные расстояния по всей высоте торфяной залежи.

Уровень воды в опорной скважине 1 представляет баланс поступления в нее воды, в разрезе торфяной залежи с различных вертикальных интервалов относящихся к генетически разнородным слоям типо–видового состава (через боковые отверстия расположенные по длине трубы), к оттоку этой воды в нижерасположенные, от статического уровня, вертикальные интервалы. Так как вода поступает в скважину и уходит из нее через расположенные на равных расстояниях перфорированные отверстия одинакового диаметра, то статический уровень является интегральной характеристикой гидродинамического режима торфяной толщи.

Балансовый уровень характеризует гидродинамический режим в торфяной толщи, наблюдение за которым, позволяет делать выводы о возможных взаимосвязанных условиях фильтрации относящихся к разным слоям торфяной залежи.

Вспомогательная наблюдательная скважина 2, характеризует изменения уровенного режима и условия формирования физико-химического состава вод торфяной залежи, приуроченных к деятельному слою активного водообмена. Важное значение в формировании химического состава болотных вод этого горизонта отводится амплитуде колебаний уровней болотных вод, с точки зрения периодического обеспечения кислородом, тем самым определяя ряд физических свойств воды (окислительные реакции, формирование гелиевого слоя и создание определённых условий в формировании химического состава этих вод).

Три вспомогательные скважины 7 – 9, для измерения уровней болотных вод, расположены в пределах болота на расстоянии 25–30 м до его границы, образуя треугольник с длиной сторон 195–270–290 м в вершинах которого они расположены (рисунок 3.6, Глава 3).

Уровенный режим, наблюдаемый в этой скважинах 7 – 9 и вспомогательной скважине 2, определяется по единообразной методике для всех болотных станций и постов. Он характеризует степень водонасыщенности деятельного слоя и граничащей с ним части инертного горизонта торфяной залежи, но не всегда отражает связь этих вод с грунтовыми водами, питающими придонную часть торфяника. Значения наблюдаемых уровней представлены в таблице 5.1.

Наблюдение за уровенным режимом в скважине 2, выполненной в соответствии со стандартами Росгидромета, выявило значительное понижение уровня болотных вод. В среднем за период наблюдений, амплитуда колебаний уровней болотных вод Тимирязевского превысила диапазон колебаний уровней воды на типичных природных объектах в два раза, и составила 0,3…1,5 м, в то время как по материалам наблюдений проводимых на Васюганском болоте,

амплитуда колебания уровней (за тот же период) составила 0,2…0,7 м. [Савичев и др., 2010; Савичев, Шмаков, 2012].

Таблица 5.1 - Уровни болотных вод в скважинах 1,2, 7 – 9

№	Дата	Скважиа 1 20,19 м.усл		Скважина 2 19,95 м.усл		Скважина 7 19,697 м.усл		Скважина 8 19,577 м.усл		Скважина 9 19,921 м.усл	
		Изме-рения	Убв.1	Изме-рения, м	Убв.2	Изме-рения, м	Убв.7	Изме-рения, м	Убв.8	Изме-рения м	Убв.9
1	22.05.10	4,23	15,96	1,02	18,93						
2	07.08.10	3,63	16,56	0,27	19,68						
3	23.09.10	3,82	16,37	0,43	19,52						
4	04.12.10	4,30	15,89	1,52	18,43						
5	17.04.11	3,65	16,54	0,26	19,69						
6	25.04.11	3,52	16,67	0,27	19,42						
7	01.05.11	3,36	16,83	0,24	19,71						
8	01.09.11	4,06	16,13	0,26	19,69						
9	4.11.11	3,18	17,01	0,29	19,66						
10	13.04.12	3,48	16,71	0,36	19,59						
11	31.05.12	1,94	18,25	0,29	19,66						
12	31.07.12	4,34	15,85	0,49	19,46						
13	09.10.15	3,56	16,63	0,32	19,63						
14	07.11.15	0,19	20,0	0,22	19,73	0,21	19,487	0,28	19,287	0,41	19,511
15	15.11.15	0,20	19,99	0,24	19,71	0,25	19,447	0,10	19,477	0,31	19,611
16	21.11.15	0,22	19,97	0,25	19,70	0,29	19,407	0,13	19,447	0,33	19,591
17	30.11.15	2,22	17,97	0,27	19,68	0,26	19,407	0,13	19,447	0,33	19,591
18	19.12.15	0,43	19,76	0,20	19,75	0.28	19.417	0.10	19.477	0.30	19.621
19	14.02.16	3,10	17,09	0,30	19,65	0.28	19.417	0.10	19.487	0.30	19.621

В опорной скважине 1, зафиксировано понижение уровней болотных вод свыше двух метров (таблица 5.1).

Одновременные наблюдения за уровнями воды в опорной скважине 1 и вспомогательной 2 позволили выявить периоды, в которые проявлялось различие в значениях уровней воды, в этих скважинах превышающие разницу между ними в 2 м.

Анализ полученных данных позволил установить, что несоответствие значений уровней воды в этих скважинах, наблюдается в условиях понижения уровня грунтовых вод и ограничения поступления на поверхность болота атмосферных осадков и вод поверхностного стока.

Уровни грунтовых вод определялись по трем вспомогательным скважинам 4 – 6. Эти скважины находятся за пределами болота на суходоле в 20–25 м от окраины болота и образуют треугольник с длиной сторон 254–357–372 м в вершинах которого они расположены. Скважины 4 – 6 расположены в направлении размещения скважин 7 – 9. Измеренные уровни грунтовых и болотных вод представлены в таблице 5.2.

В целях изучения влияния режима грунтовых вод и степень влияния на них работы эксплуатационных скважин (1э и 2э), первой линии Томского водозабора, проводились наблюдения за изменениями их уровней, полученные значения представлены в таблице 5.2.

По результатам таблицы 5.2 построены графики уровней измеренных в скважинах 4 – 6, представленные на рисунке 5.3.

Таблица 5.2 - Уровни грунтовых вод в скважинах 4 – 6 и болотных вод в скважинах 7 - 9

Дата	Скважиа 4 19,282 м.усл		Скважина 5 19,580 м.усл		Скважина 6 20,406 м.усл	
	Измерение	Угв.4	Измерение	Угв.5	Измерение	Угв.6
15.07.14	2,43	16,852	4,22	15,360	3,41	16,996
24.08.14	2,44	16,842	4,20	15,380	3,44	16,966
03.09.14	2,43	16,852	4,19	15,390	3,42	16,986
29.10.14	2,43	16,852	4,17	15,410	3,39	17,016
14.11.14	2,42	16,862	4,20	15,380	3,35	17,056
18.12.14	2,45	16,832	4,18	15,400	3,36	17,046
16.02.15	2,43	16,852	4,15	15,430	3,34	17,066
19.04.15	2,66	16,622	4,49	15,090	3,53	16,876
23.05.15	2,33	16,952	3,97	15,650	3,48	16,926
17.06.15	2,20	17,082	3,93	15,650	3,30	17,106
11.07.15	1,82	17,462	3,87	15,710	3,29	17,116
06.08.15	2,40	16,882	4,28	15,300	3,32	17,086
11.08.15	2,40	16,882	4,17	15,410	3,44	16,966
19.08.15	2,41	16,872	4,11	15,470	3,40	17,006
20.08.15	2,41	16,872	4,10	15,480	3,39	17,016
25.08.15	2,41	16,872	3,90	15,680	3,30	17,106
03.09.15	2,43	16,852	3,80	15,780	3,31	17,096
05.09.15	2,43	16,852	4,08	15,500	3,45	16,956
09.10.15	2,69	16,592	3,99	15,590	3,37	17,036
10.10.15	2,33	16,952	3,98	15,600	3,38	17,026
04.11.15	2,19	17,092	3,94	15,640	3,35	17,056
07.11.15	1,81	17,472	3,93	15,650	3,34	17,066
15.11.15	1,83	17,452	3,95	15,630	3,36	17,046
21.11.15	1,85	17,432	3,95	15,630	3,37	17,056
30.11.15	1,93	17,352	3,87	15,710	3,31	17,096
19.12.15	2.05	17.232	3.86	15.720	3.27	17.136
14.02.16	2.10	17.182	3.90	15.680	3.32	17.086

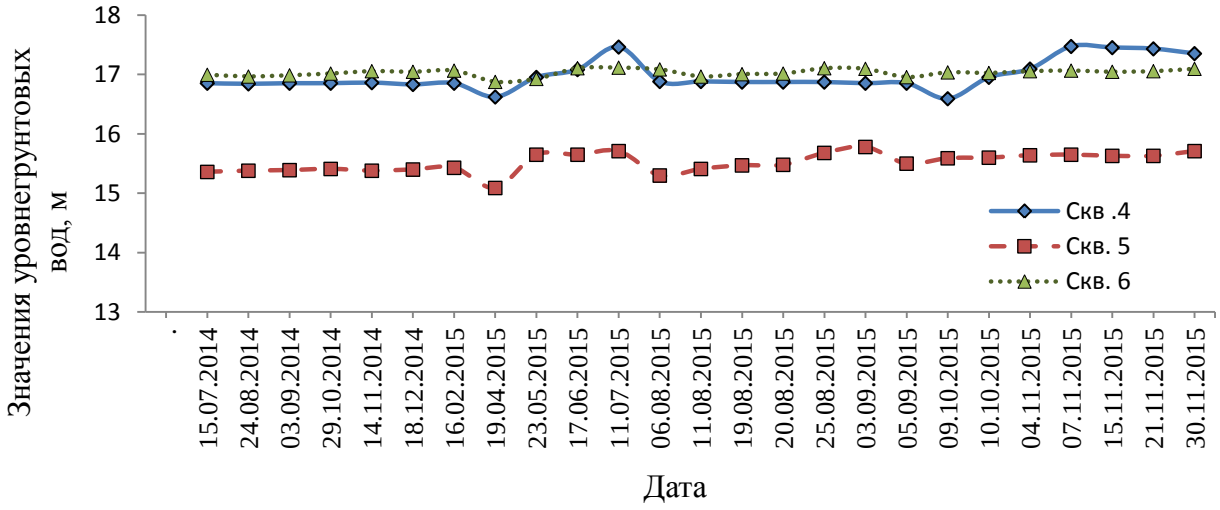


Рисунок 5.3 – Изменение уровней грунтовых вод по периметру исследуемого болота в 2014 – 2015 гг.; нумерация скважин соответствует рисунку 3.6, Глава 3

Из представленных графиков видно, что влияние работы, ближайшей к исследуемому болоту эксплуатационной скважины 1э, (в 40 м от болота) проявляется в большей степени в изменении уровней грунтовых вод в скважине 4 (максимумы уровней грунтовых вод в скважине 4 совпадают с периодами простоя скважины 1э), в меньшей степени – в скважине 5 и практически не отмечено в скважине 6. Сопоставление наблюдаемых уровней грунтовых вод на скважинах 4–6 в предположении отсутствия эксплуатации скважин 1э–2э (при допущении не нарушенных уровней грунтовых вод на скважинах 4–6) показало, что влияние Томского водозабора связано и с локальным изменением уровня грунтовых вод.

Скважина 4, находится на расстоянии 124,4 м от первой эксплуатационной скважины (1э) Томского водозабора.

Анализ графиков (рисунок 5.3) позволил установить, что подъем уровня грунтовых вод в наблюдательной скважине 4 не превышает установленного максимального значения 17.482 м (1.80 м от устья скважины).

Из этого графика видно, что эксплуатация скважины 1э Томского подземного водозабора не оказывает существенного влияния на наблюдательные скважины 5 и 6. Это объясняется невозможностью развития кривой депрессии, в виду того, что ее поверхность, в районе скважины 1э водозабора разделяет исследуемый нами болотный массив, гидродинамический режим которого

стабилизирует уровни грунтовых вод наблюдаемых в скважинах 5 и 6, что свидетельствует о локальном характере распространения зеркала депрессии грунтовых вод наблюдаемое в дополнительной скважине 4.

Появление динамично изменчивой области криволинейной (депрессионной) поверхности зеркала грунтовых вод, связанной с режимом работы первой эксплуатационной скважины водозабора, указывает на наличие связи водозабора и положение уровней грунтовых вод (интегральный уровень), плоскость которых расположена выше минерального дна на 2.61 м (в месте расположения основных скважин) рисунок 5.4.

Из этого можно сделать вывод, что локальное образование кривой депрессии грунтовых вод, охватывает незначительную площадь и не может оказать значимого влияния на общее направление потока грунтовых вод, но установленная амплитуда колебаний уровней ГВ, отмеченная в скважине 4 в условиях существующей гидравлической связи болотных грунтовых вод, в условиях в значительной степени может оказывать влияние на изменчивость условий водного режима изучаемого болота.

Для определения направления фильтрационного потока грунтовых вод, использовались значения уровней воды в дополнительных скважинных 4–6 (таблица 5.1). Расчеты показали, что в случае положения не нарушенного уровня грунтовых вод (на отметке, до которой он поднимается в условиях не эксплуатации скважины водозабора 1э и 2э) угол падения плоскости зеркала подземных вод определяет юго-восточное направление потока грунтовых вод, где происходит их дренирование в долину русла р. Кисловка (линия 1 рисунок 5.5).

В условиях понижения уровня в скважине 4 (в следствии влияния работы эксплуатационной скважины 1э) направление фильтрационного потока грунтовых вод, рассматриваемое в пределах площади на которой расположен болотный объект, происходило бы восточней на 14^0 от реального направления фильтрации, что подтверждает локальный характер образования кривой депрессии грунтовых вод, охватывающей незначительную площадь.

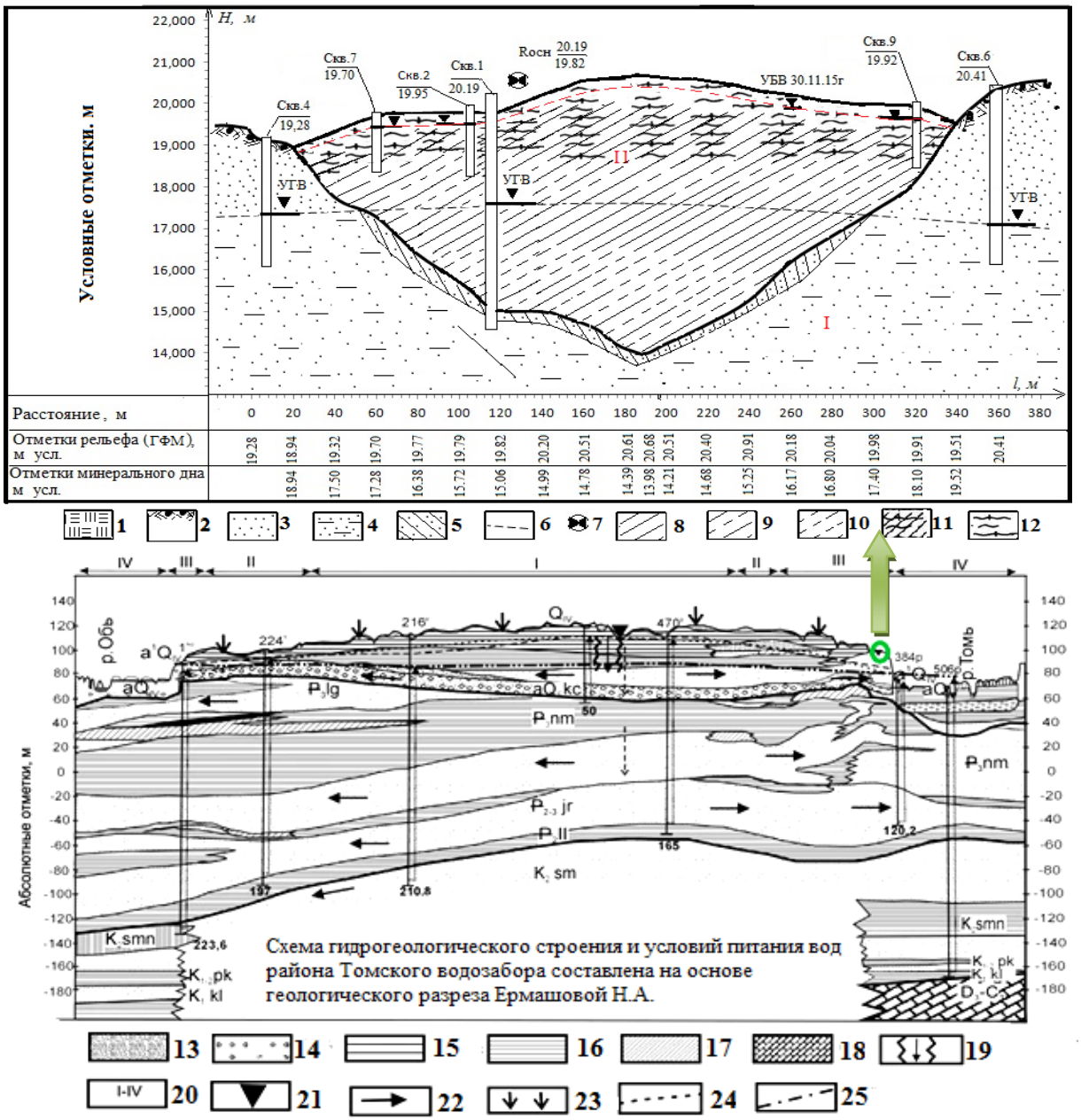


Рисунок 5.4 – Схематичный профиль котловины Тимирязевского болота (с северо-востока на юго-запад); условные обозначения: УГВ и УБВ – уровень грунтовых и болотных вод (уровни воды приведены по состоянию на 30.11.2015 г. В числителе – номер скважины, в знаменателе – условная отметка устья скважины); I – минеральный грунт; II – торфяная залежь; расположение скважин в плане показано на рисунке 2; 1 – торф; 2 – почвенный слой; 3– песок; 4 – песок водоносный; 5 – супесь; 6 – уровень грунтовых и болотных вод; 7 – репер; 8 – топяно-осоковый; 9 – топяно-осоко-гипновый; 10 – топяно-гипновый; 11 – гипновый (комплексный); 12 – комплексный; 13 – песок; 14 – песок, гравий; 15 – суглинок; 16 – глина; 17 – супесь; 18 – глинистые сланцы; 19 – литологические окна; 20 – Режим питания: I – междуречный, II – склоновый, III – террасовый, IV – приречный; 21 – подземный водораздел; 22 – направление фильтрации; 23 – осадки; 24 – пьезометрическая поверхность неоген-четвертичного водоносного комплекса; 25 – пьезометрическая поверхность палеогенового водоносного комплекса

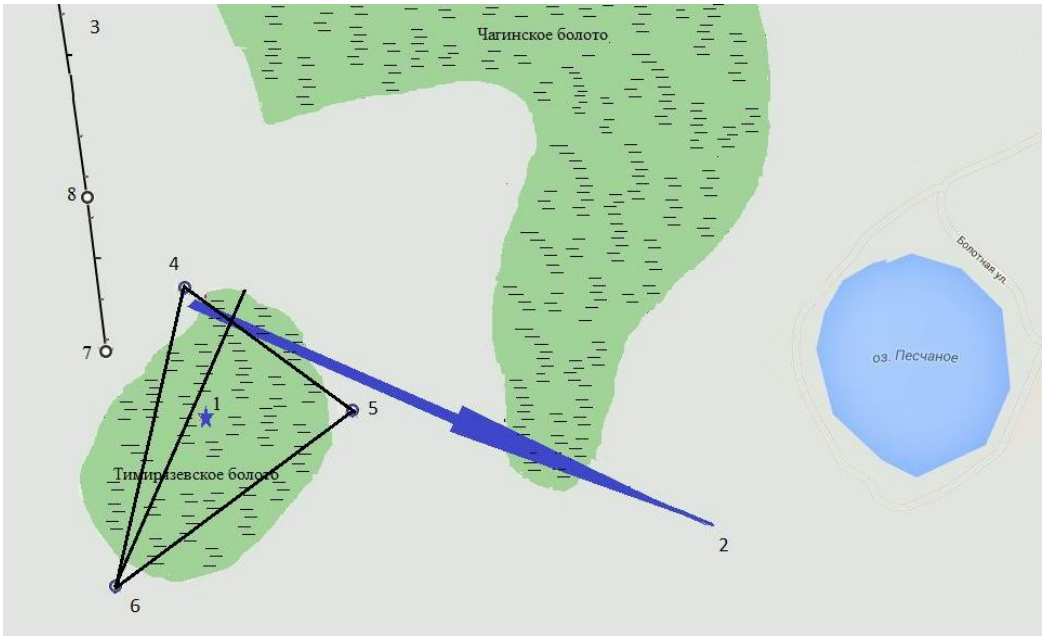


Рисунок 5.5 – Расположение скважин на объекте исследования по которым проведено определение направление фильтрации грунтовых вод: 1 – место расположения опорной скважины 1; 2 – направление фильтрационного потока при ненарушенном УГВ; 3 – линия первой очереди ТВЗ; 4 - 6 – дополнительные скважины наблюдения за УГВ; 7,8 – эксплуатационные скважины 1э –2э ТВЗ

Подобное изменение не может оказать значимого влияния на общее направление потока грунтовых вод, но установленная амплитуда колебаний уровней ГВ, отмеченная в скважине 4 в значительной степени оказывает влияние на изменчивость условий водного режима изучаемого болота.

Появление динамично изменчивой области криволинейной (депрессионной) поверхности зеркала грунтовых вод, связанной с режимом работы первой эксплуатационной скважины водозабора, указывает на наличие связи водозабора и положение уровней грунтовых вод, плоскость которых расположена выше минерального дна на 2.61 м (в месте расположения опорной скважины).

В результате проведенных исследований сделан вывод, что основным фактором влияющим на наблюдаемое аномальное понижение уровней болотных вод в скважине 2 и проявление различия между уровнями болотных (скважина 2) и балансовым уровнем болотных вод (скважина 1) является изменение баланса

водонасыщения слоев торфа в разрезе торфяной залежи от условий насыщения грунтовыми водами нижних слоев инертного горизонта граничащих с подстилающим минеральным дном болотной котловины и насыщением верхних слоев деятельного горизонта водами атмосферных осадков и поступающих на поверхность болота поверхностным стоком этих осадков с прилегающих суходолов. Таким образом, изменение высотного положения общей границы полного насыщения толщи торфа поверхностными и грунтовыми водами стремится соответствовать уровню болотных вод, характеризуя соотношение баланса между ними.

Значительное понижение уровня болотных вод является, в первую очередь, следствием понижения балансового уровня болотных вод, вызванного снижением уровня грунтовых вод питающих нижние слои залежи. Это обуславливает относительную увлажненность видовых слоёв торфа слагающих нижележащие слои инертного горизонта торфогенной породы, и как следствие, меняет гидрохимический фон этого горизонта.

В рассматриваемом случае горизонт болотных вод в строении залежи, соответствующий уровню грунтовых вод наблюдаемый в скважинах 4 – 6 (площадь прилегающая к болотной котловине), является подпорным. В случае падения уровня грунтовых вод, происходит возникновение напора оказывающего влияние на появление фильтрации болотных вод в борта болотной котловины, что приводит к постепенному снижению уровня горизонта грунтовых вод болота, за счет активизации горизонтальной фильтрации.

Так как торфяная залежь болота является совокупностью слоев торфа различного видового состава, то фильтрационный режим этих слоев обуславливается водопроницаемостью этих слоев. Водопроницаемость слоев торфа характеризует как сам видовой состав торфа характеризующий его структуру, так и степень его разложения, его предельную возможность менять степень своего влагонасыщения за счет гравитационных сил, реакции на компрессионное воздействие. Кроме того, условия формирования торфа

обуславливают слоистость его строения, что определяет преобладание интенсивности горизонтальной фильтрации над вертикальной.

Нижние слои деятельного горизонта, снижая свою влагонасыщенность, насыщаются водой за счет фильтрационного напора создаваемого разницей уровня болотных вод и определяемого падением уровня грунтовых вод, балансовым уровнем болотных вод. Это создает условия возможности отдающих воду горизонтов торфа пополнением из выше расположенных слоев. Но в виду того что коэффициент вертикальной фильтрации имеет значительно меньшее значение чем коэффициент горизонтальной фильтрации, происходит дефицит в пополнении нижележащих слоев торфа. Это приводит к снижению их влагонасыщенности ниже расположенных слоев торфа за счет отставания притока воды из выше расположенных слоев торфа. Это приводит к образованию условий снижения влагонасыщенности торфа между максимально насыщенными слоями придонного горизонта и насыщенными слоями деятельного горизонта [Шапошников, 1977].

Снижение уровней болотных вод деятельного горизонта, происходит за счет горизонтальной фильтрации по линиям стока. В случае достаточного поступления атмосферных вод на поверхность болота, происходит пополнение дефицита влагонасыщенности ниже лежащих слоев торфа в условиях уменьшения влагонасыщенности нижележащих слоев, гидравлически связанных с грунтовым водами питающими придонные горизонты торфяной залежи. В связи с тем, что расход на горизонтальную фильтрацию значительно меньше, чем на горизонтальную (с учетом уменьшения коэффициентов фильтрации в инертных слоях залежи) и при условии периодического пополнения его за метеорными водами, происходит инертность изменения уровней болотных вод, создавая тем самым эффект «подвешивания» вод инертного горизонта ниже которого слои торфа могут уменьшать свою предельную влагонасыщенность.

По результатам исследований установлена амплитуда колебания степени максимальной влагонасыщенности межу верхним и нижним влагонасыщенным слоем в разрезе торфяной залежи, изменяющейся в пределах 100 – 91%.

Анализ полученных данных позволяет предположить, что баланс уровня воды в скважине меняется в различные периоды времени по причине не одинакового изменения влагнасыщенности торфяных слоев различного типо-видового состава расположенных в интервале от нижней границы УБВ до верхней границы балансового уровня наблюдаемого в скважине 1, как это показано на рисунке 5.4

Графики распределения относительной фильтрации, построенные по результатам значений фильтрационных расходов (по опробируемым вертикальным интервалам торфяной залежи за весь период проведения работ), представлены на рисунке 4.17, Глава 4.6.

Болотные воды, особенно деятельного горизонта, представляют коллоидную систему, которая в первый наиболее длительный период своего формирования развивается в состоянии золя. В этот период дисперсионная среда явно преобладает над дисперсионной фазой. В дальнейшем под влиянием протекающих различных процессов, коллоидная система переходит в состояние геля, что является завершающим (замыкающим) этапом формирования генетически самостоятельной прослойкой видового торфяного слоя входящего в стратиграфический состав торфяной залежи.

Процесс сукцессии фитоценоза закладывает на определённой глубине деятельного горизонта (по горизонту среднемноголетнего уровня болотных вод) условия формирования горизонтальной слоистости основанной на механизме формировании барьерных физико–химических условий, основанных на разности протекания химических процессов образования и окисления органики – по граничным условиям протекания окислительно–восстановительных процессов.

Этот процесс определяет строение торфяной залежи болота обусловленной чередованием слоев торфа сформированных на различных этапах эволюционного развития болотной экосистемы. Наличие межвидовой барьерной слоистости замедляет взаимодействия между разделяемыми различными слоями торфа (энтропия), что является условием в индивидуальности формирования устойчивых физико-химических свойств разных генетически-неоднородных

видов торфов в рамках своей типологии. Это объясняет условие формирования устойчивых и индивидуальных свойств разных генетически-неоднородных типов торфов. Таким образом, создаваемые условия с нетипичным изменением влагонасыщенности, стимулируют проявление динамической изменчивости компрессионного воздействия на нижележащие от деятельного слоя инертного горизонта. В первую очередь не типичность подобных изменений создаёт условия для принудительного водообмена в слои, относящиеся к инертному горизонту и, как следствие, перераспределение продуктов трансформации органического вещества.

Выявленное аномальное распределение влагонасыщености различных видовых слоев в торфяной толщи, приводит к формированию в представленных торфах собственных водообменных процессов, приводящих к нарушению естественного водного режима и увеличению границ доступа кислорода, ведущих к интенсификации окислительных процессов и увеличению биохимических процессов разложения органического материала, обуславливающего минерализацию торфа.

Все это свидетельствует о том, что сформированные деятельностью человека гидродинамические условия режима подземных вод (на локальном уровне) имеют характер стабильно направленной изменчивости, на фоне которой происходит адаптация функционирования болотной экосистемы, характеризующейся некоторой устойчивостью к внешним воздействиям. Устойчивость болотной системы обеспечивается фактором ограничения гидрохимических взаимодействий типо–видовых слоев, определяемых условиями водного режима болота. Подобные условия определяют свойства саморегулирующейся системы, обладающей определённым гомеостазом в условиях гидрохимического режима болотных вод, сформированного составом и свойствами вмещающих их торфов в условиях гидродинамического режима, что обуславливает процесс эволюции торфяной залежи.

Об этом свидетельствуют комплексные исследования проведенные в 2007 г. Д.В. Вислогузовой и др., результаты которых сводились к выводу, что болота

обладают определенной устойчивостью как по отношению к колебаниям уровней воды в воронках, так и определяющим последние метеорологическим условиям.

Анализ опубликованных другими авторами материалов изучения болот Сибири [Болота Западной Сибири…, 1976; Лисс и др., 2001; Инишева, Инишев, 2001; Berezin et al., 2007; Савичев, 2015] и данных, полученных непосредственно на исследуемом объекте (таблица 3.2, 3.3 Глава 3 и рисунок 5.6) позволил предположить, что условия трансформации органических веществ в торфяной залежи и формирования химического состава болотных вод в значительной степени определяются водным режимом болота.

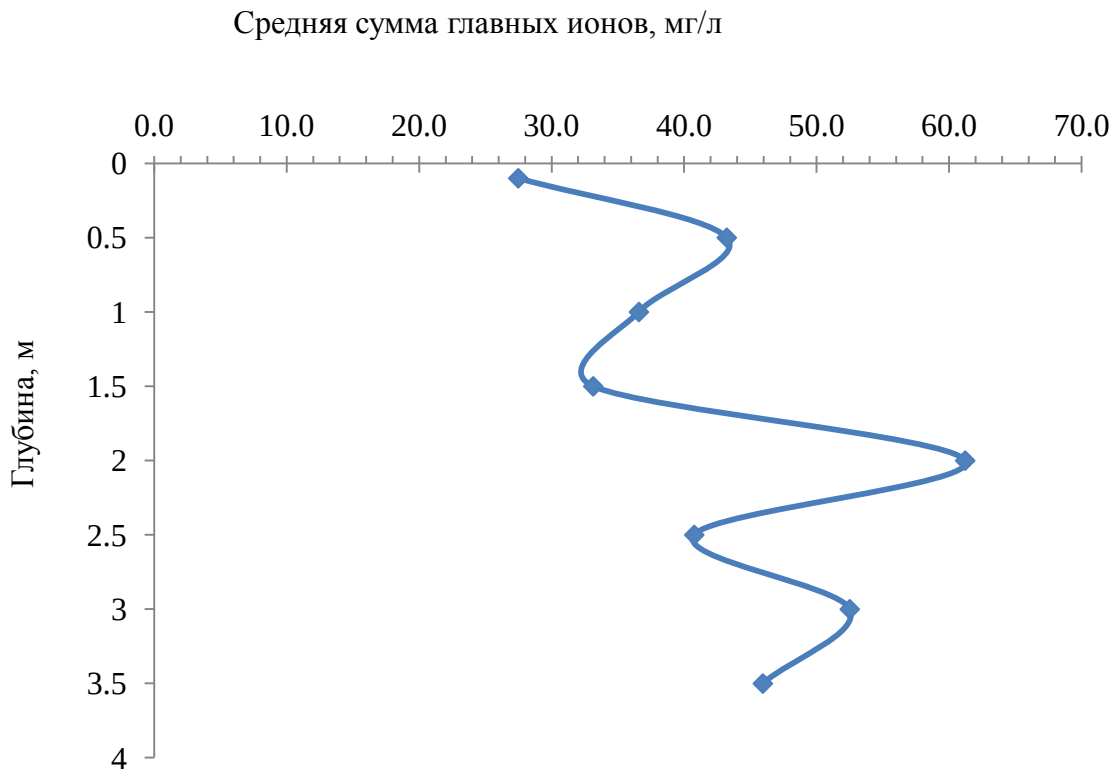


Рисунок 5.6 – Средние изменение сумм главных ионов в болотных водах по глубине торфяной залежи (от поверхности) за весь период наблюдений

Это влияние, на первый взгляд, неоднозначно, но в действительности вполне закономерно. Например, в случае суммарного содержания растворённых солей их минимальные значения, зафиксированные в деятельном горизонте торфяной залежи, во многих случаях были связаны с поступлением талых снеговых вод в период весенне-летнего половодья. Максимальные же значения

отмечаются в инертном горизонте, причём прослеживается определённая пропорциональность изменений по глубине водопритока и суммы главных ионов (таблица 3.2, 3.3 Глава 3). Также следует отметить, что максимальные значения суммы главных ионов в инертном горизонте наблюдаются с небольшой задержкой относительно подъёма более минерализованных грунтовых вод на прилегающих суходолах в конце весенне-летнего половодья (рисунок 4.22, Глава 4 и рисунок 5.1).

За счет влияния антропогенного фактора, вызванного влиянием Томского подземного водозабора, формируется гидрохимический режим исследуемого природного объекта, где основным элементом этого влияния является нарушение естественного регулируемого природными условиями водного режима болотных вод выраженного в первую очередь в амплитуде колебания их уровенного режима.

В целом, влияние Томского подземного водозабора на водный и гидрогеохимический режим исследуемого болота очевидно и сводится к следующему. Во-первых, характер внутригодового изменения уровней болотных вод определяется, прежде всего, режимом грунтовых вод, взаимосвязь которого с отбором воды из палеогеновых отложений меняется во времени и по территории Обь-Томского междуречья. На рассматриваемой территории, расположенной на границе долины реки Томи на стыке суходольного соснового бора и переходного болота, судя по изменениям уровней грунтовых вод, наблюдается террасовый режим грунтовых вод при сочетании в разные периоды года подпорного и нисходящего типов взаимодействия поверхностных и подземных вод.

Во-вторых, механизм взаимосвязей между подземными напорными и безнапорными водами, болотными и речными водами – нелинейный. Его устойчивость определяется в значительной мере общим состоянием сопряжённых ландшафтов долины реки Томи и прилегающих территорий. При активизации хозяйственной деятельности на этих территориях вероятность резкого усиления этих связей очень высока. Соответственно, при застройке приречных территорий следует ожидать существенное изменение химического состава подземных и

болотных вод и водного режима болота. В–третьих, неоднозначное изменение химического состава болотных вод по глубине торфяной залежи определяется, прежде всего, средним уровнем болотных вод и амплитудой его природно-антропогенного изменения, определяющими положение границы доступа кислорода и смену фильтрационных свойств торфов, иными словами – границу биогеохимических барьеров – главных факторов увеличения концентраций ряда веществ в слоях торфяной залежи.

Краткие выводы по главе. С учётом указанных выше фактов сформулировано третье защищаемое положение: *Зонально-временные изменения химического состава болотных вод в значительной степени определяются водным режимом болота. Ключевыми характеристиками водного режима является средний уровень болотных вод и амплитуда его колебаний, определяющие положение границы доступа кислорода, смены окислительно-восстановительных условий и фильтрационных свойств торфов. Влияние Томского подземного водозабора на гидрогеохимический режим Тимирязевского болота, расположенного в 50-60 м от ближайших эксплуатационных скважин, проявляется, главным образом, в увеличении амплитуды колебаний уровней болотных вод и, как следствие, в формировании полимодального профиля концентраций растворённых веществ по глубине торфяной залежи*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оптимизация методов исследований формирования гидрогеохимических условий на болотах как совокупности комплекса выполняемых работ, состоящих из создания оборудования, методик его установки, проведения отбора проб болотных и грунтовых вод с разных глубин и аналитической обработки результатов опытных работ.

Разработанный методический комплекс позволяет проводить гидрохимические наблюдения в течение всего года и минимизировать вероятность смешения вод с разных горизонтов торфяной залежи и исключить контакт проб болотных вод с атмосферным воздухом, что раскрывает новые возможности в области исследования гидрохимических условий формирования болотных вод и расширение возможностей экологического мониторинга болотных объектов.

Изменение химического состава вод Тимирязевского болота в районе г. Томска характеризуется в разрезе торфяной залежи минимальными значениями минерализации в верхней части деятельного горизонта. В течение гидрологического года в этих водах максимумы содержания микроэлементов, биогенных веществ и органических кислот отмечаются в весенний период вследствие поступления соответствующих веществ в болото с поверхностным стоком с прилегающих суходолов, с атмосферными осадками, при растворении твёрдых примесей талыми водами. Максимумы содержания главных ионов (за исключением Na^+ и K^+) наблюдаются в летний период при усилении биогеохимических процессов.

Они обусловлены, прежде всего, процессами болотообразования и трансформацией органического вещества, которые, в свою очередь, связаны как с естественными (избыточное увлажнение, относительно низкая теплообеспеченность и слабая дренированность рассматриваемой территории, способствующие образованию торфа), так и с антропогенными факторами.

Неоднозначное изменение химического состава болотных вод по глубине

торфяной залежи определяется прежде всего средним уровнем болотных вод и амплитудой его природно-антропогенного изменения, определяющими положение границы доступа кислорода и смену фильтрационных свойств торфов, иными словами – границу биогеохимических барьеров – главных факторов увеличения концентраций ряда веществ в слоях торфяной залежи, а также химическое загрязнение через атмосферу.

Выявлено влияние Томского подземного водозабора на гидрогеохимический режим Тимирязевского болота проявляющиеся, главным образом, в увеличении амплитуды колебаний уровней болотных вод и, как следствие, в формировании полимодального профиля концентраций растворённых веществ по глубине торфяной залежи.

Выявлена закономерно сохраняющаяся взаимосвязь изменений химического состава вод различных типо-видовых слоев слагающих торфяную залежь, как во времени, так и в пространстве, что даёт возможность создания дополнительного инструмента в применяемых методах проведения мониторинга болотных объектов. Суммарная оценка степени происходящих изменений от интенсивности и продолжительности антропогенной нагрузки на экологическую ситуацию рассматриваемого природного объекта, позволяет производить оценку степени и динамики изменений химического состава воды от её гидродинамического режима и их влияние на экологическую ситуацию верховых или переходных болот.

В заключение можно сказать, что торфяная залежь болота является системой взаимодействующих разнородных типо – видовых слоёв взаимодействие которых определяется процессами проходящими между ними. Эти процессы направлены на создание условий устойчивости болотной экосистемы, характеризующей состояние ее экологического равновесия.

Список литературы

1. Аболин Р.И. К вопросу о классификации болот Северо-Западной области: материалы по опытн. мелиоративному делу / Р.И. Аболин. – М.,: Москва, 1928. – Т. 2. – 355 с.

2. Арье А.Г. Исследования процесса фильтрации жидкости в пористой среде / А.Г Арье // Обзорная информация ВИЭМС. – 1982. – 60 с.

3. Арье А.Г. Физические свойства фильтрации подземных вод/ А.Г. Арье – М.: Недра, 1998. – 102 с.

4. Архипов В.С. Химический состав вод сапропелевых озер Томской области /П.В. Бернатонис, Ю.Г. Копылова, В.К. Бернатонис, В.С. Архипов, В.Г. Меркулов. // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 187-190.

5. Архипов В.С. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири. / В.С. Архипов, С.Г. Маслов. – Томск: ТПУ, 1998. – №4. – С. 9-16.

6. Архипов В.С. Микроэлементы в торфе месторождений Обь-Иртышского междуречья / В.С. Архипов, В.И. Резчиков, С.И. Смольянинов, Т.С. Мышова // Торфяная промышленность. –1988. –№ 9. – С. 25.

7. Архипов В.С. Распределение соединений железа в торфяных залежах центральной части Западной Сибири / В.С. Архипов, В.К. Бернатонис, В.И. Резчиков // Почвоведение. – 1994. – № 9. – С. 37.

8. Архипов В.С. Характеристика группового состава органического вещества репрезентативных торфов таежной зоны Западной Сибири / Н.А. Шинкеева, С.Г. Маслов, В.С. Архипов // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2009. – № 3. – С. 116-119.

9. Архипов В.С. Микроэлементы в торфах месторождений Обь-Иртышского междуречья / В.С. Архипов, В.И. Резчиков, С.И. Смольянинов // Торфяная промышленность. – 1998. – № 9. – С. 25.

10. Архипов В.С. Подходы к освоению крупных болотных систем / В.С. Архипов, С.И. Смольянинов, С.Г. Маслов // Природокомплекс Томской области: межвузовская региональная научно-техническая программа "Природокомплекс". — Томск 1990. — С. 146-150.

11. Архипов В.С. Распределение кальция и железа в вертикальном профиле торфяных залежей таёжной зоны Западной Сибири/ В.С. Архипов, Бернатонис В.К. //Известия Томского политехнического университета. – 2013. –Т. 323. – № 1.– С. 173-178.

12. Базанов В.А. Применение метода фитоиндикации в гидрологических исследованиях заболоченных территорий Западной Сибири (на примере р. Ключ, Томская область) / В.А. Базанов, О.Г. Савичев, А.А. Скугарев, Ю.А. Харанжевская // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 4. – С. 84–96.

13. Базин Е.Т. О водопроницаемости торфяно-болотных почв / Е.Т. Базин // Почвоведение. –1966. – № 8.м.

14. Барановский В.И. Особенности формирования стока с болотных массивов среднего приобья / В.И. Барановский; под редакцией проф., д.б.н. Н.Н. Ильинских // Естествознание и гуманизм. – 2006. – Том 3. – Выпуск 2.

15. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса / В.К. Бахнов. – Новосибирск, 1986. – 190 с.

16. Бернатонис В.К. Микроэлементный состав торфов / В.К. Бернатонис, В.С. Архипов //Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири: материалы конференции, 25-27 сентября 2000 г., Томск / ТПУ. — Томск: Изд-во ТПУ, 2000. – С. 212–219

17. Бернатонис В.К. Токсичные элементы в торфах томской области / В.К. Бернатонис, В.С. Архипов, В.И. Резчиков // Природокомплекс Томской области: межвузовская региональная научно-техническая программа "Природокомплекс". — Томск, 1990. – с. 39–43.

18. Богдановская – Гиеиэф И.Д. К вопросу о движении воды в верховых болотах / И.Д. Богдановская – Гиеиэф. // Вестник ЛГУ. – 1948. – №8.

19. Болота и заболоченные леса / под ред. С.Э.Вомперского, А.А. Сирина. – М.: ГЕОС, 1999. – 393 с.

20. Болота Западной Сибири – их роль в биосфере / под ред. А.А.Земцова. Томск: ТГУ, СибНИИТ, 2000. – 72 с.

21. Болота и биосфера / под ред. проф. Л.И. Инишевой. – Томск: ТГУ, 2010. – 284 с.

22. Болотные системы Западной Сибири и их природное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамова, Н.А. Аветов, Н.А. Березина и др. – Тула: Гриф и К^0, 2001. – 584 с.

23. Боч М.С. О применение индикационных свойств растительности болот при установлении типа питания. / М.С. Боч. // В кн.: Основные принципы изучения болотных биогеоценозов. – Л.: Наука, 1972. – с. 39–54.

24. Бондаренко Н.Ф. Физика движения подземных вод/ Н.Ф. Бондаренко. – Л.: Гидрометеоиздат. 1973.

25. Бронзов А.Я. Верховые болота Нарымского края/ А.Я. Бронзов // Тр. Научн.-исслед. Торфяного ин-та. – Томск:. –1930. – Вып. 3.

26. Бронзов А.Я. Гипновые болота южной окраины Западно-Сибирской равнинной тайги/ А.Я. Бронзов // Почвоведение. – 1936. – № 2.

27. Брюсов А.Я. Заселение севера Европейской части СССР по археологическим данным / А.Я. Брюсов. // Уч. зап. Ленингр. ун-та. – 1947. – № 105. – Вып. 2.

28. Булавко А.Г. Водорегулирующие значения болот и последствия их осушения / А.Г.Булавко, Б.С.Маслов.// Гидротехника и мелиорация. – 1982, № 8. С. 53–56.

29. Веретенникова, Е.Э. Химический состав болотных вод олиготрофного ландшафта южно-таежной подзоны Западной Сибири / Е.Э. Веретенникова // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов : материалы Третьей всерос. конф. с междунар. участием, 24-28 августа 2010 г. – Барнаул: 2010. – С. 54-19. Библиогр.: С. 58 (4 назв.). – АКУНБ.

30. Воистинова, Е.С. Гидрохимический режим вод верхового болота / Е.С. Воистинова, Ю.А. Хоранжевская // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов : материалы Третьей всерос. конф. с междунар. участием, 24–28 августа 2010. – Барнаул: 2010. – С. 63-66. Библиогр.: С. 66 (4 назв.). – АКУНБ.

31. Волоровичм М.И. Изучение упругих свойств торфа импульсным ультрозвуковым методом / М.И. Волоровичм, Е.П. Ковалевский, Г.И. Кужман //Труды Калининградского торфяного института. – Вып. 13. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – с. 51–58.

32. Воларович М.П. Исследование торфа при помощи радиоактивных изотопов. / М.П. Воларович, Н.В. Чураев. – М.: Изд., АН БССР, 1960.

33. Вопросы гидрологии бололот / под ред. С. М. Новикова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 152 с.

34. Воробьев П.К. Исследование строения слоя активного влагооборота торфяных залежей верховых неосушенных болот и методика экспериментального определения типовых расчетных характеристик водоотдачи: автореф. дис. на соискание учен, степени канд. техн. наук. – Л.: Ленинград, 1971. – 23 с.

35. Воронков П.П. Основные черты формирования режима ионного состава поверхностных вод в условиях севера / П. П. Воронков. // Тр. ГГИ. – 1951. – Вып. 33(87).

36. Воронков П.П. Закономерности процесса формирования и зональности химического состава вод местного стока / П.П. Воронков // Тр. ГГИ. 1963. Вып.102. С.43−119.

37. География Томской области /под ред. Проф. А.А. Земцова. – Томск: ТГУ, 1988. – 245 с.

38. Геологическое положение и рельеф // Родной край: Очерки природы, истории, хозяйства и культуры Томской области. – Томск: ТГУ, 1977.

39. Гетов Л.В. Влияние давности осушения на водно-физические свойства торфяно-болотных почв / Л.В. Гетов. – Минск: БелНИИМиВХ, 1974.

40. Гетов Л.В. Водно-физические свойства торфяно-болотных почв разной давности осушения: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. Наук. – Минск: БелНИИМиВХ, 1974.

41. Гетманов Я.Я. Гидростатическое давление воды в торфе./ Я.Я. Гетманов. – М.: Г.И.С.-Х.М., 1928. – 42 с.

42. Габовская Л.И. Геохимия окружающей среды / Л.И Грабовская, А.А. Беус, Н.В. Тихонова. – М.: Недра, 1976. – 248 с.

43. Глебов Ф.З. Взаимоотношения леса и болота в таёжной зоне / Ф.З. Глебов. – М.: Наука, 1988. – 184 с.

44. Глебов Ф.3. Болота и заболоченные леса восточной части бассейна р. Дубчес / Ф.3. Глебов // в кн.: Заболоченные леса и болота Сибири. СО АН СССР. – 1963.– с. 33–64.

45. Глебов Ф.3. Болотная система долины Енисея между реками Сым и Дубчес / Ф.3. Глебов // в кн.: Особенности болотообразования в некоторых лесах и предгорных районах Сибири и Дальнего Востока. – М., Наука, 1965. – с. 5–34.

46. Глебов Ф.З. Зависимость производительности сосняков на верховом болоте от колебаний уровня воды и ее проточности/ Ф.З. Глебов, Д.А. Зырянов, Л.С. Толейко // Теория и практика лесного болотоведения и гидролесомелиорации. – Красноярск, 1976. – 202 с.

47. Гудымович С.С. Учебная геологическая практика в окрестностях г. Томска. / С.С. Гудымович. – Томск: ТПУ, 2007. – 108 с.

48. Гудымович С.С. Учебные геологические практики: Учебное пособие. / С.С. Гудымович, А.К. Полиенко. – Томск: ТПУ, 2009. – 153 с.

49. Гудымович С.С. Геологическое строение окрестностей г.Томска / С.С. Гудымович, И.В. Рычкова Э.Д. Рябчикова. – Томск: ТПУ, 2009. – 84 с.

50. Динесенко В.П. Основы болотоведения / В.П. Динесенко. – Л.: С. - Петербурский университет, 2000. – 224 с.

51. Дубах А.Д. Очерки по гидрологии болот / А.Д Дубах. – М.: Речиздат, 1936. – 120 с.

52. Дубах А.Д. Гидрология болот / А.Д Дубах. – Свердловск – Москва, Гидрометиоиздат, 1944. – 228 с.

53. Дубах А.Д. Грунтовая вода в торфяном болоте / А.Д Дубах. // Учененые записки ЛГУ. Сер. Геогр. – 1940. Вып.2 – №50. – с. 58–66.

54. Дутова, Е.М. Химический и микробиологический состав подземных вод и поверхностных водопроявлений на территории Томска / Е.М. Дутова, К.И.

Кузеванов, Д.С. Покровский, Н.Г. Наливайко // Известия ТПУ. – Томск, 2005. – Т.308. – №2. – С.48–53.

55. Дюкарев А.Г. Агрохимия и почвоведение/А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 2 (22). – С. 7–22

56. Дюкарев А.Г. Водный режим почв в зоне влияния Томского водозабора. / А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова // Вестник Томского государственного университета. – 2009. – № 324. – С. 363–371.

57. Дюкарев Е.А. Моделирование водного режима олиготрофного / Е.А Дюкарев, Е.А. Головацкая // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов : материалы Третьей всерос. конф. с междунар. участием, 24–28 августа 2010 г. – Барнаул: АКУНБ, 2010. – С. 369–371.

58. Дюкарев А.Г. Природно-ресурсное районирование Томской области / А.Г. Дюкарев, Н.Н. Пологова, Е.Д. Лапшина и др.: под ред. В.Н. Воробьёва. – Томск: Изд-во «Спектр», 1997. – 40 с.

59. Езупенок Е.Э. Химический состав болотных вод олиготрофных ландшафтов / Е.Э. Езупенок // Болота и биосфера: Материалы. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2003. – С. 127–134.

60. Езупенок Е.Э. Зольный состав торфов олиготрофного болота. / Е.Э. Езупенок, А.Н. Золотарева, Л.И. Инишева //В кн.: Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования озерно-болотных отложений. Материалы международной конференции. – Томск. ЦНТИ, 2003. – С. 24–26.

61. Езупенок Е.Э. Макро- микроэлементный состав торфов Западной Сибири/ Е.Э. Езупенок // Материалы YII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 т. – Томск: Изд-во Том. Гос. пед. ун-та, 2001.– С. 23–27.

62. Елизарьева М.Ф. Схема геоботанического районирования междуречья Оби – Енисея / М.Ф. Елизарьева. // Учен. зап. Красноярского пед. ин-та. – 1959, т. 15, с. 28–33.

63. Елина Г.А. Многоликие болота / Г.А. Елина. – Л.: Наука, 1987. – 191 с.

64. Елисеева В.М. Торфяные болота и пути их использования / В.М. Елисеева, Ю.А. Львов. – М.: Москва, 1967.

65. Ефимов, В. Н. Торфяные почвы / В. Н. Ефимов. – М.: Москва, 1980.

66. Ефремова Т.Т. Водные ресурсы болот России и оценка их химического состава / Т.Т. Ефремова, С.П. Ефремов, Н.В. Мелентьева. // География и природные ресурсы. – 1998. – № 2. – С. 79 – 84.

67. Железняков Г.В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока/ Г.В.Железняков, Т.А. Неговская, Е.Е. Овчаров. – М.: Колос, 1984. – 432 с.

68. Жуховицкая А.Л. Геохимия озёрно-болотного литогенеза / А.Л. Жуховицкая, К.И. Лукашев, В.А. Ковалёв и др. – Минск: Наука и техника, 1971. – 280 с.

69. Зайдельман Ф.Р. Глееобразование – глобальный почвообразовательный процесс / Ф.Р. Зайдельман // Почвоведение. – 1994. – №4. – С. 21–31.

70. Земцов А.А. Географическое положение и рельеф / А.А. Земцов // Природные ресурсы Томской области. – Томск:ТГУ, 1966. – С. 23–34.

71. Земцов А.А. О зандровой равнине в центральной части ЗападноСибирской низменности / А.А. Земцов // Ледниковый период на территории Европейской части СССР и Сибири. – М.: МГУ, 1959.

72. Земцов В.А. Изменения водного стока крупных рек юга Западной Сибири в XX столетии/ В.А. Земцов, В.В. Паромов, О.Г. Савичев // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. Мат. Междунар. науч. конф. – Томск, 2000.– С. 321-324.

73. Земцов В.А. Речные и озерные воды и их природно-хозяйственпое значение / А.А. Земцов //Природные ресурсы Томской области. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 103–114.

74. Здвижков М.А. 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.

75. 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

76. 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.

77. Здвижков М.А. Марганец в водах болотных озер юга Томской области / М.А. Здвижков // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2004. – С. 192–194.

78. Значение болот в биосфере. Гидрологические аспекты. – М.: Наука, 1980. – 176 с.

79. Иванов К.Е. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим / К.Е. Иванов, С.М. Новиков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 447с.

80. Иванов К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах / К.Е. Иванов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 280 с.

81. Иванов К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотного массива / К.Е. Иванов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1957. – 500 с.

82. Иванов К. Е. О фильтрации в поверхностном слое выпуклых болотных массивов // Метеорология и гидрология. – 1948. – № 2.

83. Иванов К.Е. Сток с системы верховых болотных массивов / К.Е. Иванов // Труды ГГИ. – 1949. – Вып. 13 (67).

84. Иванов К.Е. Экспериментальное исследование водопроводимости верхнего слоя торфяной залежи верховых болот. / К.Е. Иванов // Труды ГГИ. – 1953. – Вып. 39 (93).

85. Инишева Л.И. Биологическая активность олиготрофных торфяно-болотных экосистем / Л.И. Инишева, А.В. Головченко, Ю.В. Санникова, М.А. Сергеева // Шестое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Материалы совещания. Под ред. М.В. Кабанова. – Томск, 2005. – С. 355–358.

86. Инишева, Л.И. Элементный состав основных видов торфов Западной Сибири / Л.И. Инишева, В.С. Архипов, Т.Н. Цыбукова //Торф и сельское хозяйство: сборник научных трудов / под ред. А.Г. Дюкарева. – Томск: Изд-во СО РАСХН, 1994. – С. 39–47.

87. Инишева Л.И. Болотные воды и их влияние на формирование химического состава рек / Л.И. Инишева, Е.Э. Езупенок // Материалы регионального совещания по созданию регистра выбросов и переноса загрязнителей. – Барнаул: Учетиздат, 2004. – С. 187– 197.

88. Инишева Л.И. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование. / Л.И. Инишева, А.А. Земцов, О.Л. Лисс, С.М. Новиков, Н.Г. Инишев // 2-е изд. – Томск: ЦНТИ., 2003. – 212 с.

89. Инишева Л.И. Водная миграция химических элементов в аллювиальных торфяных почвах (в связи с орошением и осушением земель). / Л.И. Инишева, В.Г. Старикова, Р.С. Попадейкина // Тезисы докл. VП делегат. съезда ВОП. – Ташкент, 1985. – т. 5. – С. 105.

90. Инишева Л.И. Водная миграция химических веществ в системе геохимически сопряженных ландшафтов с потоком поверхностно-болотных вод. / Л.И. Инишева, Н.Г. Инишев // Проблемы водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия. Томск, 2000, с. 204–208.

91. Инишева Л.И. Влияние мелиоративного воздействия на состав вод зоны аэрации. // Гидрогеохимические исследования в связи с поисками полезных ископаемых и охраной подземных вод. Тез. докл., Томск, 1992, С. 136.

92. Инишева Л.И. Геохимические особенности вод верховых болот. / Л.И. Инишева, А.Г. Строителев, Н.Г. Инишев // Рудные месторождения, минералогия, геохимия. – Томск; ТГУ, 2000. – вып. 2. – С. 132–139.

93. Инишева Л.И. Геохимическая характеристика болотных вод на территории Западно- Сибирирской равнины и Горного Алтая. / Л.И. Инишева, М.В. Шурова, О.А. Голубина, Л.А. Изерская // Материалы междун. конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. – Томск, 2009. – С. 227–229.

94. Инишева Л.И. Гидрологический и гидрохимический режимы стока с болот. / Л.И. Инишева, Н.Г. Инишев // Тезисы докладов III съезда почвоведов, кн.2. – М., 2000, С. 263–264.

95. Инишева Л.И. Гидрохимический режим олиготрофного болота. / Л.И. Инишева, Н.Г. Инишев // Вопросы географии Сибири. Сб. статей, вып. 26. – ТГУ, 2006. – С. 106 –111.

96. Инишева Л.И. Модель выноса растворенных веществ с заболоченного водосбора. / Л.И. Инишева, Н.Г. Инишев / Мелиорация и водное хозяйство. – 2003.– №2. – С. 9–12.

97. Инишева Л.И. Научно-исследовательский полигон «Васюганье»/ Л.И. Инишева, Т.В. Дементьева, Е.А. Головацкая, Е.В. Порохина // Программа научной экскурсии. – Томск: ЦНТИ, 2003. – 88 с.

98. Инишева Л.И. Особенности химического состава болотных вод / Л.И. Инишева, Н.А. Шинкеева // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов : материалы Третьей всерос. конф. с междунар. участием, 24–28 августа 2010 г. – М.: Барнаул, АКУНБ, 2010. – С. 127–129.

99. Инишева Л.И. Распределение химических элементов в низинных торфах пойменного типа. / Л.И. Инишева, Т.Н. Цыбукова // Торф в сельском хозяйстве. – Томск, 1997. – С. 32–40.

100. Инишева Л.И. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов./ Л.И. Инишева, С.Н. Ивлева, Т.А. Щербакова – Томск: Изд-во ТГУ, 2003. – 122 с.

101. Инишева Л.И. Использование разных методов для определения скорости минерализации торфов. / Л.И. Инишева, Т.А. Дементьева, Б.Г. Агеев, В.А. Сапожникова, Ю.Н. Пономарев // Третье Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Тезисы докладов. – Томск, 1999. – С. 81–82.

102. Инишева Л.И. Содержание, динамика и вынос подвижного углерода с заболоченного водосбора. / Л.И. Инишева, Н.В. Юдина, И.В. Соколова // УП Всероссийский гидрологический съезд. – Санкт-Петербург, 2013. – С. 176.

103. Инишева Л.И. Содержание микроэлементов в торфе Западно-Сибирского региона. / Л.И. Инишева, В.К. Бернатонис // Торфяная промышленность. – 1991. – № 1. – С. 19–25.

104. Инишева Л.И. Сток и эмиссия углерода в Васюганском болоте / Л.И. Инишева, Е.А. Головацкая // Большое Васюганское болото, современное состояние и процессы развития.– Томск: изд-во ИОА, 2002. – С. 123–134.

105. Инишева Л.И. Торфяные почвы: их генезис и классификация / Л.И. Инишева. // Почвоведение. – 2006, С. 781–786

106. Инишева Л.И. Условия формирования и геохимия болотных вод. / Л.И. Инишева. // В кн.: Болота и биосфера, Материалы Второй научной школы. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2003. – С. 38–50.

107. Инишева Л.И. Фракционный состав органического вещества торфа. / Л.И. Инишева, Т.В. Дементьева // Органическое вещества торфа., Тезисы докл. Междун. Симпозиума. – Минск, 1995. – С. 80–81.

108. Инишева Л.И. Химический состав болотных вод и влияние их на грунтовые воды / Л.И. Инишева, Р.С. Попадейкина // В кн: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и ее складчатого обрамления. Тез. докл. IV годичной конференции. –Тюмень, 1983. – т. 2.– С. 196–198.

109. Инишева Л.И. Элементы водного баланса и гидрохимическая характеристика олиготрофных болот южно-таежнойподзоны Западной Сибири/ Л.И. Инишева, Н.Г. Инишев. //Водные ресурсы. – 2001. – Том 28. – № 4. – С. 410–417.

110. Караваева Н.А. Заболачивание и эволюция почв / Н.А. Караваева. – М.: Наука, 1982. – 296 с.

111. Кац Д.М. Болота земного шара / Н.Я. Кац. – М.: Наука, 1971. – 295 с.

112. Кац Д.М. К истории флоры и растительности севера Западной Сибири в послеледниковое и позднеледниковое время / Д.М. Кац, С.В. Кац. // Ботанический журнал. – 1958. – т. 43. – С.998 – 1015.

113. Кац Д.М. Мелиоративная гидрогеология / Д.М. Кац, В.М.Шестаков. – М.: МГУ, 1981. – 296 с.

114. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение / Д.М. Кац. – М.: Географиздат, 1948. – 320 с.

115. Кац Н.Я. О типах болот и их размещения в холодной и умеренной зонах северного полушария / Д.М. Кац. // Почвоведение. – 1958. – №6. – С. 11–20.

116. Ковалев В.А. Геохимическая характеристика вод основных болотных районов Белоруси / В.А.Ковалев, А.Л. Жуховицкая // Физико-химические, геохимические и микробиологические процессы мелиорирования почв Полесья. – М., Наука, 1974. – С. 27–57.

117. Колоколова О.В. Геохимия подземных вод района Томского водозабора: автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. – Томск: ТФ ИГНГ СО РАН, 2003. – 21 с.

118. Кирпотин С.Н. Строение и динамика растительного покрова плоскобугристых болот Надым-Пурского междуречья Западно-Сибирской равнины / С.Н. Кирпотин С.Н. Воробьев, В.Ф. Хмыз, Т.В. Гузынин, С.А. Скобликов, А.Е. Яковлев // Ботан. журн. – 1995. – Т. 80. – № 8. – С. 29–39.

119. Кирпотин С.Н. Развитие и динамика плоскобугристых болот Западной Сибири как индикатор климатических изменений / С.Н. Кирпотин, С.Н.Воробьев // Экология пойм сибирских рек и Арктики: тез. докл. II совещания, 24–26 ноября 2000. – Томск, 2000. – С. 5–6.

120. Кудельский А.В. О влиянии осушительных мелиораций на изменение химического состава грунтовых вод / А.В. Кудельский, М.В. Фадеева, В.М. Шиманович // Докл. АН БССР. – 1973. – Вып. 17. – № 7. – С. 648–651.

121. Ландшафтные воды в условиях техногенеза / О.В. Кадацкая [и др.]. –Минск.: Урожай, 2005.

122. Лапшина Е.Д. Болота водораздельных равнин юга лесной зоны Западной Сибири / Е.Д. Лапшина, Н.Н. Пологова, Е.Я. Мульдияров // Krylovia. Сибирский ботанический журнал. – 2000. – Т. 1. – № 2. – С. 38–43. URL: http://elibrary.ru/item.asp?id=18020046

123. Лапшина Е.Д. Некоторые принципы и подходы к классификации болотных ландшафтов / Е.Д. Лапшина // Вестник ТГУ. Приложение. 2003. – № 7. – С. 161–170.

124. Лапшина Е.Д. Проблемы и современное состояние классификации болотной растительности / Е.Д. Лапшина // Интеграция ботанических исследований и образования: традиции и перспективы Материалы международной научно-практической конференции. Томск 12–15 ноября. – 2013. – С. 95-98.

125. Ларгин И.Ф. Вторичные минеральные образования в растениях-торфообразователях. / И.Ф. Ларгин, Т.В. Трошичева. //Науч. Исслед работы / Калининский политехнический институт. – Калинин, 1966.

126. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод / А.В. Лебедев. – М.: Госгеолтехнздат, 1963. – 224 с.

127. Лебедев К.К. Ботанические и химические принципы классификации торфа / К.К. Лебедев // Природа болот и методы их исследования. – Л.: Наука, 1967. – С. 130–133.

128. Лисс О.Л. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс, Л.И.Абрамова, Н.А. Аветов, Н.А. Березина, Л.И. Инишева, Т.В. Курнишкова, З.А.Слука, Т.Ю. Толпышева, Н.К. Шведчикова; под ред. д. г. н. профессора В.Б. Куваева. – Тула: Гриф и Ко, 2001.

129. Лисс О.Л. Болота Западно-Сибирской равнины / О.Л. Лисс, Н.А. Березин. – М., Изд-во Моск. Ун-та, 1981. – 208 с.

130. Лисс О.Л Болотные системы Западной Сибири и их природное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамова, Н.А. Аветов, Н.А. Березина и др. – Тула: Гриф и К0, 2001. – 584 с.

131. Лиштван И.И. Основные свойства торфа и методы их определения / И.И. Лиштван, Н.Т. Король. – Минск: Урожай, 1975.

132. Лиштван И.И. Физико-химические свойства торфа и их трансформация при использовании торфяных месторождений / И.И. Лиштван // Химия твердого топлива. – 2010. – № 6. – С. 3–10.

133. Лиштван И.И. Физические свойства торфа и торфяных залежей / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, В.И. Косов. — Минск: Наука, 1985. — 240 с.: ил. — Библиогр.: с. 221–239.

134. Лиштван Я.И. Гидрохимические исследования торфяных месторождений верхового типа / Я.И. Лиштван, А.М. Мамцис, В.П. Петру хин // Природа болот и методы их исследования /под ред. А.А. Ниценко. – Л.: Наука, 1967. – С. 207–213.

135. Лопатин В.Д. О гидрологическом значении верховых болот / В.Д. Лопатин // Вестник ЛГУ. – 1949. – С. 37–39.

136. Лопатин В.Д. Гладкое болото (торфяная залежь и болотные фракции) / В.Д. Лопатин // Ученые записки ЛГУ. Серия географических наук. – 1954. – Вып.9. -– №166. – С. 95–181.

137. Львов Ю.А. К характеристике Иксинского водораздельного болота / Ю.А. Львов. // Изв. Томского отд-ния ВБО. – 1959. – Т. 4 – с. 59–62.

138. Львов Ю.А. Некоторые особенности строения растительного покрова Сечеиского болота Новосибирской области / Ю.А. Львов // Изв. СО АН СССР. – 1961. – № 4. – С. 113–115.

139. Львов Ю.А. Природные ресурсы Томской области / А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов, В.А. Хмелев и др. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 67– 83.

140. Лукашев К.И. Химическиек элементы в почвах / К.И. Лукашев, Н.Н. Петухова // Наука и техника. – Минск, 1970.– 230 с.

141. Любимова Е.Л. Растительность Обь-Иртышского междуречья / Е.Л. Любимова // Природные условия междуречья Обь-Иртыш. – М: Ин-т Географии, 1972. – С. 302–303.

142. Маслов Б. С. Водный режим торфяной почвы в весенний период / Б. С. Маслов // Почвоведение. – 1963. – № 10, – с. 73–82.

143. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот // Б.С. Маслов. –Томск: ТГУ, 2008. – 421 с.

144. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот // Б.С. Маслов. – М: Москва, 2009. – 266 с.

145. Маслов Б.С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование / Б.С.Маслов. – М.: Колос, 1970.

146. Маслов С.Г. Химический состав торфа и направления его использования / С.Г. Маслов, В.С. Архипов //Болота и биосфера: материалы Четвертой Научной

Школы, Томск, 12-15 сентября 2005 г. / Российский фонд фундаментальных исследований; Томский государственный педагогический университет; Сибирское отделение РАН; Институт мониторинга климатических и экологических систем; Институт химии нефти; Российская академия сельскохозяйственных наук. Сибирское отделение; Государственное научное учреждение сибирский научно-исследовательский институт торфа; Томский политехнический университет; Томское отделение Докучаевского общества почвоведов; Болота и биосфера. Четвертая Научная Школа. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2005. – С. 83–89.

147. Межибор А.М. Экогеохимия элементов-примесей в верховых торфах Томской области: автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. – Томск: Томск. политехн. ун-т, 2009. – С. 22.

148. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков: РД 52.24.622–2001. – М.: Федерал. служба России по гидрометеор. и монитор. окруж. среды, 2001. – 68 с.

149. Мир болот: учебное пособие /под ред. Проф. Доктора технологических наук А.М. Черняева. – М: Екатеринбург. Банк культурной информации, 2001. –176 с.

150. Михайлов В.Н. Общая гидрология / В.Н.Михайлов, А.Д. Добровольский. – М.: Высшая школа, 1991. – С. 202–240, 255–269. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.8. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 360 с.

151. Московченко Д.В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д.В. Московченко // География и природные ресурсы. –2006. – № 1. – С. 63–70.

152. Московченко Д.В. Особенности формирования химического состава поверхностных вод в нефтедобывающих районах Западной Сибири / Д.В. Московченко, А.Г. Бабушкин // Проблемы региональной экологии. 2010. № 6. С. 128–134.

153. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. I. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 307 с.

154. Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна Томи (юг Томской области) / О.С. Наймушина, С.Л. Шварцев, О.В. Серебренникова, М.А. Здвижков, О.Г. Савичев // Геохимия. – 2012. – Т.50. – №4. – С. 367–380.

155. Нечаева Е.Г Геохимия болот южнотаежного прииртышья и их ресурсные достоинства / Е.Г.Нечаева // География и природные ресурсы. – 1981. – № 4. – С. 105.

156. Нейштадт М.И. Методы исследования торфяных болот / М.И. Нейштадт. – М.: Москва, 1939. – 172 с.

157. Нейштадт М.И. Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири / М.И. Нейштадт. – М.: Наука, 1977. – 227 с.

158. Никонов М. Н. Агрохимическая характеристика различных видов торфа и закономерности их изменения // М.Н. Никонов. // Тр. конф. по мелиорации и освоению болотных и заболоченных почв. – Минск, 1956.– С. 438–449.

159. Никонов М.Н. Районирование торфяных болот в связи с их использованием в народном хозяйстве. / М.Н. Никонов // Тр. ин-та леса. – 1955. – т. 31. – с. 17.

160. Ниценко А.А. Краткий курс болотоведения / А.А. Ниценко. – М.: Высшая школа, 1967. –148 с.

161. Ниценко А.А. Природа болот и методы их исследования / А.А. Ниценко. – Л.: Наука, 1967. – 299 с.

162. Новиков С.М. Расчет уровенного режима неосушенных верховных болот по метеорологическим данным / С.М. Новиков // Труды ГГИ. – 1964. – Вып.112. – С. 5–32.

163. Новиков С.М. Водообмен болот / С.М. Новиков // Болота и биосфера. – Томск.: ТГПУ, 2003. – С. 28–38.

164. Новиков С.М. Испарение с внутриболотных озер зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / С.М. Новиков, Г.И. Москвина // Тр. ГГИ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – Вып.333. – С.38–54.

165. Новиков С.М. Гидрология заболоченных территорий Западной Сибири как основа для их хозяйственного освоения и охраны природной среды / С.М.

Новиков. // Тр.V гидрологического съезда. – Л :Гидрометеоиздат, 1990. – Т.4. – С. 192–201.

166. Новиков С.М. Внутриболотные озера Западной Сибири и их гидрологический режим. / С.М. Новиков, А.Е. Короткевич. // Тр. V гидрологического съезда. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – Т.8. – С. 94–103.

167. Новиков С.М. Гидрологические аспекты осушительных мелиорации. / СМ. Новиков, И.М. Нестеренко. //Тр. V гидрологического съезда. – Л: Гидрометеоиздат, 1990. – Т.4. – С. 561–570.

168. Новиков С.М. О развитии болотного массива в лесной зоне / С.М. Новиков. // Метеорология и гидрология. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – №3. – С. 95–100.

169. Новиков С.М. Болота как гидрологический объект / С.М. Новиков. //Торфяные болота в России к анализу отраслевой информации. – М.: ГЕОС, 2001. – С. 93–122.

170. Новиков С.М. Водообмен болот с подстилающими минеральными грунтами / С.М. Новиков. // Болота и заболоченные леса: под ред. С.Э. Вомперского, А.А. Сирина. – М.: ГЕОС, 1999. – 393 с.

171. Парначев В.П. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска./ В.П. Парначев, С.П. Парначев //Материалы к полевой геологической экскурсии: справочное пособие. – Томск: ТГУ, 2010. – 144 с.

172. Перельман А.И. Геохимия природных вод / А.И. Перельман .– М.: Наука, 1982. – 154 с.

173. Пичугин А.В. К вопросу о минеральном режиме торфяных месторождений / А.В. Пичугин. // Торфяная промышленность. – 1947. – №7.

174. Пичугин А.В. Минеральный режим торфяных месторождений /А.В. Пичугин // Химия и генезис твердых топлив. – М.: 1958. –С.291 –310.

175. Попов В.К. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К. Попов, О.Л. Лукашевич и др. – Томск: Из-во ТГАСУ, 2003. – 173 с.

176. Попов В.К. Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения / В.К. Попов, Г.М. Рогов, Е.Ю. Осипова. – Томск: ТГАСУ, 2003. – 218 с.

177. Покровский Д.С. Проблемы водоснабжения населения Томской области / Д.С. Покровский, Ю.В. Макушин, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов // Вестник ТГАСУ.- 2001.- №1.- С. 154–165.

178. Покровский Д.С. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов., И.В. Вологдина., А.С. Тайлашев, Д.В. Лычагин // Под ред. Д.С. Покровского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 176 с.

179. Покровский Д.С. Гидрогеоэкологические условия водоснабжения юга Сибирского региона / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, А.А. Балобаненко, В.Д. Покровский, А.Ф. Рехтин // Вестник томского государственного университета. – 2014. – № 384. – С. 189–197.

180. Пологова Н.Н. Трансформация болотных экосистем под воздействием томского водозабора. / Н.А.Чернова, Н.Н. Пологова. // В сборнике: Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое настоящее Материалы Четвёртого Международного полевого симпозиума. Под редакцией А.А. Титляновой и М.И. Дергачёвой.– 2014. – С. 369–371.

181. Платонов Г.М. Болота северной части междуречья Оби и Томи / Г.М.Платонов. – Томск: ТГУ, 1977.

182. Пьявченко Н.И. Заболоченные леса и болота Сибири / Н.И. Пьявченко. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. – 216 с.

183. Пьявченко Н.И. Торфяные болота: их природа и хозяйственное значение/ Н.И. Пьявченко. – М.: Наука, 1985. – 152 с.

184. Пьявченко Н.И. Значение болот в биосфере / Н.И. Пьявченко. – М.: Наука. 1980, С. 176.

185. Пьявченко Н.И. Типы болотных лесов Томского стационара / Н.И. Пьявченко. // Особенности болотообразования в некоторых лесных и предгорных

районах Сибири и Дальнего Востока / под ред. Н.И. Пьявченко. – М.: Наука, 1965. – С. 97–113.

186. Рассказов Н.М. Районирование Большого Васюганского болота по геохимическим условиям как основа мониторинга региона. / Н.М. Рассказов, В.К. Бернатонис, В.С. Архипов и др.// Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. – Томск:, 2002. – С. 80 – 82.

187. Рассказов Н.М. Микрокомпанентный состав торфов и торфяных вод Обского, Тоганского и Южной части Васюганского торфяных месторождений. / Н.М. Рассказов, Р.С. Солодовникова, М.Р. Головина / / Известия ТПУ.– Том 178. – 1969. – С. 84–91.

188. Рассказов Н.М. Основные гидрогеологические и гидрогеохимические особенности торфяных месторождений центральной части Обь_Иртышского междуречья / Н.М.Рассказов, П.А. Удодов, Т.Я. Емельянова и др.: под ред. Е.В. Пиннекера // Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. – М.: Недра, 1971. – С. 229–232.

189. Рассказов Н.М.. Основные особенности химического состава болотных вод (на примере юго-востока Западной Сибири) [Электронный ресурс] / Н.М. Рассказов //Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]/ Томский политехнический университет (ТПУ). – 2005. –Т. 308, № 4. – [С. 55-58].

190. Рассказов Н.М. Микрокомпонентный состав торфов и торфяных вод Обского, Таганского и южной части Васюганского торфяных месторождений [Электронный ресурс] / Н.М. Рассказов, Р.С. Солодовникова, М.Р. Головина //Известия Томского политехнического института [Известия ТПИ]/ Томский политехнический институт (ТПИ). – : Изд-во Томского ун-та, 1969. –Т. 178 : Комплексное использование торфа в сельском хозяйстве Западной Сибири. – [С. 84–91]

191. Рассказов Н. М. Гидрогеологические условия осушения заторфованных нефтегазоносных территорий Томской области [Электронный ресурс] / Н. М. Рассказов [и др.] //Известия Томского политехнического института [Известия ТПИ] / Томский политехнический институт (ТПИ). – : Изд-во Томского ун-та,

1975. – Т. 237.: Вопросы геологии и освоения нефтяных и газовых месторождений Томской области. – [С. 46–49].

192. Рассказов Н.М. Болотные воды Томской области [Электронный ресурс] / Н.М. Рассказов [и др.] //Известия Томского политехнического института [Известия ТПИ]/ Томский политехнический институт (ТПИ). – : Изд-во Томского ун-та, 1975. –Т. 297 : Геология. – [С. 102-117].

193. Ракович В.А. Восстановление нарушенного мелиорацией лесного болота Червенское Галое) / В.А. Ракович, О.Н. Ратникова // Природопользование. – 2012. – Вып. 21. – С. 155–165.

194. Раковский, В.Е. Химия и генезис торфа / В.Е. Раковский, Л.В. Пигулевская. – М.: Москва,1978.

195. Рихванов Л.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемости населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих, Н.В. Барановская и др. – Томск: Изд-во ИП Серкова Т.И., 2006. – 216 с.

196. Рогов Г.М. Гидрогеология и геоэкология Кузнецкого угольного бассейна / Г.М. Рогов. – Томск: изд-во ТГАСУ, 2000. – 167 с.

197. Рогов Г.М. Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Г.М. Рогов, В.К Попов, Е.Ю. Осипова – Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. – 218 с.

198. Романов В.В. Гидрофизика болот / В.В. Романов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1961. – 360 с.

199. Романова Е.А. Типы болотных массивов и закономерное распределение их на территории Западной Сибири./ Е.А. Романова Общая характеристика болотных ландшафтов / Е.А.Романова //Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – С. 19–46.

200. Романова Е.А. Геоботанические основы гидрологического изучения верховых болот. / Е.А.Романова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1961. – 214 с.

201. Руководящий документ. Дополнение к Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. – Ч.1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 90 с.

202.

203. Савичев О.Г. Атмосферные выпадения в бассейне средней оби и их влияние на гидрохимический сток рек / О.Г.Савичев, А.О.Иванов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2010. – № 1. – С. 63–70.

204. Савичев О.Г. Гидрологическое обоснование хозяйственного освоения торфяных болот (на примере водосбора реки Ключ, Западная Сибирь)/ О.Г. Савичев, П.В. Бернатонис, В.К. Бернатонис //Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]/ Томский политехнический университет (ТПУ). — 2012. —Т. 321, № 1: Науки о Земле. — С. 155–162.

205. Савичев О.Г. Геохимические показатели болотных вод в таежной зоне Западной Сибири / О.Г.Савичев // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015 – №4. – С.47–57.

206. Савичев О.Г. Геохимические условия размещения и утилизации отходов бурения в торфяно-болотных геосистемах сибири / О.Г.Савичев, П.В. Бернатонис, В.К. Бернатонис // Вестник Томского государственного университета. – 2013.– № 375. – С. 183–186.

207. Савичев О.Г. Гидрохимические и гидроклиматические условия функционирования болотных экосистем в таёжной зоне Западной Сибири / О.Г. Савичев, В.А. Базанов, Ю.А. Харанжевская // Инженерная экология. – 2011. – № 5. – С. 52.

208. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области./ Савичев О.Г.// – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 248 с.

209. Савичев О.Г. Антропогенное поступление железа и органических веществ в речные воды бассейна Средней Оби в пределах Томской области / О.Г. Савичев // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т.305. – Вып.6. – С. 405–414.

210. Савичев О.Г. Химический состав болотных вод на территории Томской области (Западная Сибирь) и их взаимодействие с минеральными и органоминеральными соединениями / О.Г. Савичев. // Известия Томского политехнического университета.. – 2009. – Т. 314. – № 1. – С. 72–77.

211. Савичев О.Г. Химический состав болотных вод Томской области (Россия) в естественном и нарушенном состояниях / О.Г. Савичев. // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии: материалы Междунар. конф. – Минск, 2006. – С. 242–245.

212. Савичев О.Г. Принципы разработки кадастра торфяных болот (на примере районов нефтедобычи Томской области) / О.Г.Савичев, А.Е. Березин, В.А. Базанов.: под ред. А.Е. Березина. // Охрана природы. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – С. 13–26.

213. Савичев О.Г. Региональные особенности химического состава речных вод сибири и их учёт при нормировании сбросов сточных вод / О.Г. Савичев// Вода: химия и экология. – 2014.– № 1 (66). – С. 41–46.

214. Савичев О.Г. Водный и гидрохимический режим восточной части Васюганского болота (Западная Сибирь, Россия) / О.Г. Савичев, В.А. Базанов, А.А. Скугарев. и др.// Известия ТПУ. – 2010. – Т. 316. – № 1. – С. 119–124.

215. Савичев О.Г. Водный баланс заболоченных водосборных территорий Западной Сибири (на примере малой реки Ключ, Томская область) / О.Г. Савичев, А.А. Скугарев, В.А. Базанов, Ю.А. Харанжевская // /Геоинформатика / Geoinformatika. 2011. № 3. С. 39–46.

216. Савичев О.Г Антропогенные изменения макрокомпонентного состава болотных вод на территории Томской области / О.Г. Савичев, В.А. Базанов, Б.А. Егоров, А.О. Крутовский.// Болота и биосфера: Матер. II научн. шк. − Томск: Изд во Томск. гос. пед. унта. 2003. − С. 94−101.

217. Савичев О.Г. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган / О.Г. Савичев, В.А.Базанов, Д.В. Волостнов, Б.А. Егоров, А.О. Крутовский, Е.Г. Язиков // Известия Томского политехнического университета. – 2004 – Т. 307. – № 2 –. С. 72–75.

218. Савичев О.Г. Многолетние изменения гидроклиматических условий в бассейне реки Чая (Западная Сибирь) / О.Г.Савичев, Ю.А. Харанжевская // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 1. –С. 79–82.

219. Савичев О.Г. Вертикальная зональность и внутригодовые изменения химического состава вод Тимирязевского болота (Томск, Западная Сибирь)/ О.Г. Савичев, А.В. Шмаков // Известия ТПУ. – 2012. – Т. 302. – № 1. – С. 156–161.

220. Савичев О.Г. Водный и гидрохимический режим восточной части Васюганского болота (Западная Сибирь, Россия)./ О.Г. Савичев, В.А. Базанов, А.А. Скугарев, Ю.А. Харанжевская, А.В. Шмаков.// Известия ТПУ. – 2010. – Т. 316, № 1. – С. 119–124.

221. Сауков А.А. Геохимические очерки / А.А. Сауков. – М.: Наука, 1976. – 556 с.

222. Сирин А.А. Изучение водообмена в болотных водах с помощью результатов анализа / А.А. Сирин и др. // Водные ресурсы. – 1997. – Т. 24. – № 6. – С. 679–687.

223. Скрынникова И.Н. Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах / И.Н. Скрынникова. – М.: АНСССР, 1961. – 248 с.

224. Смагин В.А. Группы видов болотных растений и их синтаксономическое значение / В.А. Смагин // В сборнике: Направления исследований в современном болотоведении России Санкт-Петербург. – 2010. – С. 207–239.

225. Смагин В.А. О заболачивании озер под влиянием антропогенной евтрофикации (на примере озера Корбъярви, южная Карелия)/ Смагин В.А. // Экология. – 1984. – № 3.– 76 с.

226. Смагин В.А. Динамика зарастания торфяных карьеров (на примере выработанных торфяников Ленинградской области). / В.А. Смагин // Ботанический журнал. – 1982. – Т. 67.– № 8. – С. 1112.

227. Смоляк Л.П. Некоторые вопросы водного режима болот./ Л.П. Смоляк, Е.Г. Петров, А.И. Русаленко – Минск: Наука и техника, 1968. – С. 62–79.

228. Смирнов А.В. Жизнь болот / А.В. Смирнов. – М.: Колос. 1973. – 157 с.

229. Состояние геологической среды на территории Томской области в 2000 г ; под ред. В.А. Льготина. – Томск: ТЦ Томскгеомониторинг. – 2001. – Вып. 6. –180 с.

230. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского Федерального округа в 2012 году : информационный бюллетень. – Томск, 2013

231. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского Федерального округа в 2013 году : информационный бюллетень. – Томск, 2014

232. Тарновская Л.И., Маслов С.Г., Инишева Л.И. Исследование термодинамики адсорбции некоторых органических соединений на гумусовых кислотах. / Л.И.Тарновская, С.Г. Маслов, Л.И. Инишева // Физикохимическике и технологические проблемы наукоемких технологий добычи и переработки органогенных материалов. Материалы научно-технической конференции с международным участием. Тверь 25–26.11.99г. – Тверь, 1999. – С. 94–97.

233. Торфяной фонд РСФСР (Сибирь, Дальний Восток). – М., Изд. главн. управ, торф, фонда при Совете Министров РСФСР.

234. Торфяные месторождения Томской области: Справочник /отв. ред. В.Д. Марков. – М.: Геолторфразведка, 1971. – 306 с.

235. Тюремнов С.Н. Изменение химического состава вод торфяных болот в зависимости от условий их залегания / С.Н. Тюремнов, И.Ф. Ларгин. // Труды ГГИ. – 1966. – Вып. 135. – С. 223 – 242.

236. Тюремнов С.Н. К динамике болотной растительности в голоцене./ С.Н. Тюремнов, О.Л. Лисе. // Мат-лы по динамике растительного покрова. – Владимир, 1968.

237. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения и их разведка. / С.Н. Тюремнов. – М., Д.: Госэнергоиздат, 1949. – 464 с.

238. Тюремнов С.Н. Изменение химического состава вод торфяных болот в зависимости от условий их залегания // С.Н. Тюремнов, И.Ф. Ларгин // Тр. ГГИ. – 1966. – Вып. 135. – С. 223–242.

239. Тюремнов С.Н. Торфяные отложения левобережного Приобья северной части Томской области / С.Н. Тюремнов, О.Л. Лисе, Г.Г.Куликова. // Природные

условия Западной Сибири; под ред. Проф. А.И Попова. – Издательство московского университета. – Выпуск 1. – 1971. – С. 65–76.

240. Указания по расчетам стока с неосушенных и осушенных верховых болот. – Л.:Гидрометеоиздат, 1971. – 80 с.

241. Удодов П.А. Болотные воды Томской области./ П.А. Удодов, Н.М. Рассказов, А.Д. Назаров, Т.Я. Емельянова. // Известия Томского политехнического института. – 1975. – Т.297. – С.102–117.

242. Харанжевская Ю.А. Антропогенная бассейновая трансформация химического состава природных вод на заболоченных территориях Западной Сибири (на примере болота Темное) / Ю.А. Харанжевская // В сборнике: Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Материалы научной конференции с международным участием. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральное Государственное бюджетное учреждение Гидрохимический институт. – 2015. – С. 186–189.

243. Харанжевская Ю.А. Условия формирования химического состава болотных вод в пределах Бакчарского болотного округа / Ю.А. Харанжевская // Материалы X Международного симпозиума студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск, 2006. – С. 305-306.

244. Харанжевская Ю.А. Динамика химического состава вод верхового болота / Ю.А. Харанжевская // Материалы шестой Всероссийской научной школы «Болота и биосфера» (10–14 сентября 2007 г.). – Томск: Изд-во ФГУ «Томский ЦНТИ», 2007. – С. 294–299.

245. Харченко С.И. Управление водным режимом на мелиорируемых землях в нечерноземной зоне / С.И. Харченко. – Л.: Гидрометиоиздат, 1987. – 240 с.

246. Харченко С.И. Водно-балансовые исследования на мелиорируемых землях / С.И. Харченко, Б.С. Маслов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 16 с.

247. Чеботарёв А.И. Гидрология суши / А.И. Чеботарёв. – Л.: Гидрометеоиздат, 1955. – 398 с.

248. Чеботарёв А.И. Гидрологический словарь / А.И. Чеботарёв. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 308 с.

249. Черняев А.М. Гидрохимия болот./ А.М. Черняев, Л.Е. Черняева, М.Н. Еремеева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 429 с.

250. Чечкин С.А. Водно-тепловой режим неосушенных болот и его расчет / С.А. Чечкин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 205 с.

251. Чечкин С.А. Радиоиндикаторные методы исследования движения подземных вод. / А.В. Чураев, Н.И. Ильин. – М.: Атомиздат, 1967. – 123 с.

252. Шапошников М.А. Геотехнические исследования болотных грунтов для строительства. /М.А. Шапошников. – М.: Недра, 1971. – 272 с.

253. Шварцев С.Л. Геохимия болотных вод нижней части бассейна Томи (юг Томской области) / С.Л. Шварцев, О.В. Серебренникова, М.А. Здвижков, О.Г.Савичев, О.С. Наймушина // Геохимия. – М.: Наука, 2012. – 403 с.

254. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. / С.Л. Шварцев. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

255. Шварцев С.Л. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота / С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, Т.Н. Сидоренко, М.А. Здвижков // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. Томск. – 2002. – С. 139.

256. Шварцев С.Л. Химический состав некоторых органогенных типов подземных вод западной части Томской области / О.Е. Лепокурова, С.Л. Шварцев, О.Ф. Зятева // Гидрогеохимия осадочных бассейнов. Томск: Изд-во НТЛ, 2007. – С. 270–275.

257. Шварцев С.Л. Качество речных вод и проблемы управления водопользованием в бассейне реки Томи / С.Л. Шварцев, О.Г. Савичев // Вычислительные технологии. – 2006. –Т. 11. – № S6. – С. 67–78.

258. Шебеко В.Ф. Испарение с болот и баланс почвенной влаги / В.Ф. Шебеко. – Минск: Урожай, 1965. – 394 с.

259. Шебеко В.Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий / В.Ф. Шебеко. – Минск.: Урожай, 1983. – 200 с.

260. Шебеко В.Ф. Некоторые данные по стоку и испарению с болот./ В.Ф. Шебеко, Э.А. Брагилевская.; В кн.: Основные работы научно-исследовательской работы института // Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства. 1956. – Минск.: Урожай, 1957.

261. Шикломанов И.А. Влияние антропогенных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы. В кн.: Изменения климата и их последствия./ И.А. Шикломанов, В. Ю. Георгиевский. – СПб.: Наука, 2002. – С. 152–164.

262. Шумилова Л.В. Торфяные болота Томской области и пути их сельскохозяйственного освоения./ Л.В. Шумилова, В.М. Елисеева. – Томск, 1956. 44 с.

263. Шурова М.В. Химический состав вод торфяно-болотных экосистем Горного Алтая. / М.В. Шурова, Л.И. Инишева, Г.В. Ларина, О.А. Орт//Вестник ТГПУ. – 2009. – № 3. – С. 96 –102.

264. Янголь А.М. Двустороннее регулирование влажности при осушении / А.М. Янголь. – М., «Колос», 1970 с.

265. Яснопольская Г.Г. К характеристике растительности и торфяной залежи Васюганского болота / Г.Г. Яснопольская // Учен. зап. Томского гос. ун-та им. В. В. Куйбышева. – 1965, № 51, с. 49–63.

266. Boe Iter D.H. Water storage characteristics of several peats in situ / D.H. Boe Iter. // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1964. – N 28. – P. 433–435.

267. Boelter D.H. Hydraulic conductivity of peat / D.H. Boelte. // Toil Sci. Amer. Proc". – 1965. – N 100. – P. 227–231.

268. Botanical diversity in the wetlands of Tomsk province (Western Siberia) and its /conservation / S. Shaw, J. James, R.P. Money, B.D. Wheeler, E. Lapshina, N. Semenova, A. Zverev, E. Mouldiyarov // The Spirit of Peatlands. : Jyvaskyla (Finland). – 1998. – P. 150–151.

269. Fleischer M. Bodenkunde 5. Antl. Kulturtecnische Bücherei. – Berlin, 1930.

270. Heikurainen L. Groundwater table and water content in peat soil. / L.Heikurainen, J.Paivanen, J.Sarasto. // Acta forestalia fennica. – 1964. – vol.77. – N 1. – P.1–18.

271. Holstener – Jorgensen H. Influences of Forest Management and Drainage on groundwater fluctuations. Intern. Symposium on Forest Hydrology. Proc. Pergamon / H Holstener – Jorgensen. – 1966. – P. 325–33.

272. Ivanov K.E. Quantitative water budget criteria of evaluation of representativity of drainage areas in studying the influence of physiographical factors upon hydrological regime elements./ K.E. Ivanov, V.V. Romanov. // In: Representative and experimental areas, vol.2 (Symposium of Budapest 28 IX – 1 X 1965). Gentbrugge (Belgique), 1965. – P. 669 – 675.

273. Korpijaakko Martti. Studies on the hydraulic conductivity of peat. / Martti Korpijaakko and N.W. Radforth // The proc of the 4th international peat congress. Otaniemi, Finland. – 1972. – vol. 3. – P. 323–334.

274. Mustonen S.E. Metsaojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaon. Vesihallitus / S.E. Mustonen, P.Seuna. – Helsinki, 1971. – 63 p.

275. Novikov S.M. Up–to–date metod to stady mursh–ridden areas in West Siberia. Symposium jn the temperate and Cold regions Vol – 2. – P. 14 – 17. Jaensuu. Finland 6–8 june 1988,Yelsinki, 1988. The publcations of the academy of Finland.

276. Novikov S.M., Trofimov S.A. Reseach results for evoporation from different landscapes in the arctic zone/ World climate reseach programme/ Proceedings of the acsys conference on the dynamics of the arctic climate system (Goteborg, Sweden, 7 – 10 November 1994) September 1996./ S.M. Novikov, S.A .Trofimov. – P. 130 – 133.

277. Novikov SM., Usova L.I. Zonal specific features of deposits of the west Siberian mires / S.M. Novikov, L.I. Usova. – Novosibirsk, 2001. – P.188 – 190.

278. Semenova N.M. Current status and protection of peatlands in Tomsk province / N.M. Semenova // West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present. Proceedings of the International Field Symposium. : Novosibirsk, 2001. – P. 239 – 242.

279. Savicheva O.G. Biochemical activity of the peat soil of a river marsh ecosystem/ O.G. Savicheva, L.I. Inisheva // Contemporary Problems of Ecology. – 2008. – Т. 1. – № 6. – С. 667.

280. Shotyk W., Nesbitt H.W., Fyfe W.S. The behaviour of major and trace elements in complete vertical peat profiles from three Sphagnum bogs / W. Shotyk, H.W. Nesbitt, W.S. Fyfe. // International journal of Coal Geology. – 1990. – № 15. – P. 163 – 190.

Электронные ресурсы

281. Гидрографические условия Томской области. [Электронный ресурс] //Административный сайт Томской области [сайт]. – Режим доступа: URL:http://tomsk.gov.ru/ru/tomsk_region/ hydrographic.html (дата обращения 22.07.11).

282. Западная Сибирь. [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: http://geosibiria.narod.ru/problems.html (дата обращения 20.07.11).

283. Западная Сибирь. // Словари и энциклопедии на Академике. dic.academic.ru.[сайт]. – Режим доступа: URL: http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/51841 (дата обращения 22.07.11).

284. Научная сеть. [Электронный ресурс] // Nature Web.Ru. / Copyright. 2000-2009, РОО "Мир Науки и Культуры". ISSN 1684-9876 . URL: [сайт]. – Режим доступа: http://nature.web.ru/db/ search.html (дата обращения 15.07.11).

285. Соколов А.А. Гидрография СССР [Электронный ресурс] – Л.: Гидрометеоиздат, 1952. // (Персональная страница А.А. Братцева). – Режим доступа: URL: http://abratsev.narod.ru/ biblio/sokolov/p1ch6a.html (дата обращения 22.07.11).

286. Физическая география России: Азиатская часть, Ландшафтные зоны и провинции Западно-Сибирской равнины [Электронный ресурс] //Экологический центр «Экосистема». [сайт]. – Режим доступа: URL: http://www.ecosystema.ru/ 08nature/world/ geoussr/2_1.html (дата обращения 19.07.11).

Патенты

287. Пат. РФ 2532505. Способ определения равновесности химического состава болотных вод от их гидродинамических условий/А.В. Шмаков, Т.Х. Шмакова // Бюл. – 2014. – №31.

288. Пат. РФ 2548464. Комплекс для отбора проб воды и способ его работы // А.В. Шмаков, Т.Х. Шмакова // Бюл. – 2015. - №11.

289. Пат. РФ 2552267. Комплекс для отбора проб газа /А.В. Шмаков, Т.Х. Шмакова // Бюл. – 2015. – №13.