

3. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере Аральского моря) // Ташкент: «Фан», 1988. 104 с.
4. Чембарисов Э.И. Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии // Ташкент: «Укитувчи», 1989. 232 с.
5. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан // Нукус: «Билим», 2008. 56 с.
6. Якубов М.А., Якубов Х.Э., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение // Ташкент: «НИЦ МКВК», 2011. 188 с.

## МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД И ЕГО АПРОБИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ «ТИМИРЯЗЕВСКОГО» БОЛОТА

А.В. Шмаков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия  
E-mail: ashmakov@sibmail.ru*

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы изменения химического состава болотных вод от их фильтрационного режима на фиксированных глубинах стратиграфического разреза торфяной залежи. Для решения задачи разработан и применён комплекс оборудования для отбора проб болотных вод с разных фиксированных глубин торфяной залежи с возможностью получения значений фильтрационных расходов. На основе созданного комплекса разработана методика отбора проб с одновременным определением фильтрационных расходов отбираемой воды. По результатам полевых работ получены ряды фильтрационных расходов, а по лабораторным исследованиям получены ряды химического состава болотных вод. Математический анализ исследуемых рядов выявил наличие надёжной корреляционной связи между химическим составом отобранных проб и их фильтрационным режимом. Установлены особенности и характер распределения компонентов химического состава болотных вод, как во времени, так и по глубине их вмещения от условий их фильтрационного режима. Сделан вывод о возможности влияния Томского водозабора на особенность гидрологического режима вод исследуемого болота.

**Abstract.** Problems changing the chemical composition of the marsh water from their filtration mode at a fixed depth stratigraphic section of peat deposits. To solve the problem developed and applied a set of equipment for sampling the bog water with different fixed depth of peat deposits with the ability to obtain the values of filtration costs. On the basis of the complex created the technique of sampling with simultaneous determination of seepage water sample costs. According to the results of field work received ranks filtration costs, and in laboratory tests obtained ranks of the chemical composition of the bog water. Mathematical analysis of the test series revealed the presence of a reliable correlation between the chemical composition of the samples and filtration mode. The features and nature of the distribution of the components of the chemical composition of the marsh waters, both in time and depth of their receiving the conditions of their filtration mode. The conclusion about the possible impact of the Tomsk water intake on the hydrological regime of the marsh waters under study.

В настоящее время происходит резкое увеличение интенсивности техногенного воздействия на болотные геосистемы, сочетающие в себе функции и свойства подземных и поверхностных водных объектов, почвенного покрова, лесных экосистем, геологических объектов. Существует актуальность исследований влияния болот на граничащие с ними природные комплексы и компоненты окружающей среды.

В рамках этих исследований достигнуты значительные успехи и тем не менее, многие вопросы, например, в плане изучения 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. В значительной степени это определяется методологической и инженерной сложностью опробования болотных вод в заданной точке без смешения вод различных горизонтов, а также трудоёмкостью болотных исследований в целом.

Создание комплекса усовершенствованных методов исследования этой проблемы представляется важным, как с точки зрения создания инструмента экологического мониторинга природных болотных объектов, так и в повышении эффективности методов нормирования хозяйственной деятельности на заболоченных территориях. Практическая значимость результатов этих исследований находит место в районах интенсификации антропогенных нагрузок на болотные экосистемы.

Средством решения представленной задачи являются исследования химического состава болотных вод в разрезе торфяной залежи с присущим им фильтрационным режимом. В состав исследований входит выявление: 1) изменений химического состава болотных вод по глубине торфяной залежи; 2) изменений химического состава болотных вод во времени; 3) особенности фильтрационного режима болотных вод в генетически разнородных слоях торфяной залежи на фиксированных вертикальных интервалах исследуемого болота; 4) влияние работы Томского подземного водозабора на изменения химического состава болотных вод.

Объектом исследования являются болотные и подземные воды «Тимирязевского» болота расположенного в 2 км на юго-запад от п. Тимирязево, в левобережной части долины р. Томи [6]. «Тимирязевское» болото представлено в качестве натурной модели для разработки, новых и совершенствования уже имеющихся методов исследования химического и фильтрационного режимов болотных вод и выбор методов и методик обработки полученных данных наблюдений. Критерием при выборе этого болотного массива является его типичность, для болот подтаёжной зоны, Западной Сибири.

Выполненные исследования основывались на разработанном методическом комплексе применение которого направленно на изучение изменений химического состава болотных вод и выявление их связи с существующим фильтрационным режимом. При этом качество результатов выполнения полевых работ и полученные на их основе материалы, определяли качество их последующей обработки и сделанные на их основе выводы.

Методический комплекс исследования включает в себя:

1. *Разработку и создание приборов и устройств*, позволяющих проводить пробный отбор болотных вод с присущими ему оптимальными параметрами функционирования.
2. *Разработку методов, технологий* (порядка, режима) проведения отбора проб воды с определением их фильтрационных расходов.
3. *Методы обработки и последующая интерпретация* полученной информации о гидрохимическом и гидродинамическом режиме болот.

Для проведения работ, в соответствии с задачами исследований, было создано три пункта фиксированного отбора проб, это:

*Экспериментальная скважина 1*, позволяющая получать поинтервальные, интегральные и суммарные данные по физико-химическим свойствам и гидродинамическим условиям водного режима по глубине торфа относящейся к генетически неоднородным слоям слагающим эту залежь.

*Скважина 2*, изготовлена в соответствии с требованиями к болотным станциям и постам [3]. Её назначением является наблюдение за изменениями уровня и химического режима болотных вод. Гидрохимический состав этой скважины характеризует физико-химические свойства воды в условиях её формирования, приуроченных к деятельному слою активного водообмена торфяной залежи.

*Оборудованный постоянный пункт отбора проб с поверхности болота – 3*, представляет собой углубление, сделанное на поверхности болота на глубину 50 см.

Вода в этой точке опробирования выражает характерный химический состав корнеобитающего слоя, 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.

В соответствии с разработанной методикой всего было отобрано 59 проб воды, по которым в аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета, выполнено 78 анализов. Из них 71 выполнено в аккредитованной лаборатории НОЦ «Вода» ИПР и 8 в аккредитованном научно-аналитическом центре при ТПУ.

На основании полученных материалов сделан вывод, о классификации, составе и качестве исследуемых вод [6]. Установлено, что изменения содержаний главных ионов и значений рН в разрезе торфяной залежи имеют достаточно сложный характер. Но их минимальные значения в целом приурочены к верхней части деятельного горизонта [рис.2, б].

В нижних слоях торфяной залежи отмечены достаточно сильные колебания минерализации болотных вод, связанные, предположительно, с генетической неоднородностью торфов и, как следствие, неоднородностью их фильтрационных свойств (по стадии формирования) [6].

Установлено, что максимальное содержание большинства веществ отмечается в весенний ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Si}$ , перманганатная окисляемость, ХПК, ГК, ФК,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cu}$ ), или в летний ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , сумма главных ионов  $\Sigma_{\text{ми}}$ ) периоды [табл. 3, 6].

Процессы оказывающие влияние на выявленный режим изменений химического состава болотных вод, происходящих как во времени, так и в разрезе торфяной залежи исследуемой натурной модели, могут характеризовать химический режим типичных (по признаку ландшафтно-климатического районирования) природных объектов в пределах подтаёжной зоны Западной Сибири.

Из этого можно сделать вывод, что причинами антропогенного характера следует отнести, преимущественно увеличение амплитуды колебаний уровней болотных вод, а также химическое загрязнение через атмосферу [6].

При обработке массива полученных данных применены методы математической статистики и метод математического обобщения, т.е. унифицирования полученных данных, приведения их в единообразный, безразмерный вид с учётом пространственного распределения [4].

В соответствии с примененной методикой по полученным значения рядов относительной интенсивности фильтрационных (ОИФ) и выраженных через модульные коэффициенты приведенные к среднему значению суммы главных ионов построена графическая зависимость (рис.), на которой отражены графики, характеризующие закономерно взаимно разнонаправленную изменчивость распределения сумм главных ионов к фильтрационному режиму. В построенных графиках видна сохраняющаяся тенденция изменчивости на каждом рассматриваемом вертикальном интервале как во времени (в разные периоды опробирования), так и по интервалам опробирования.

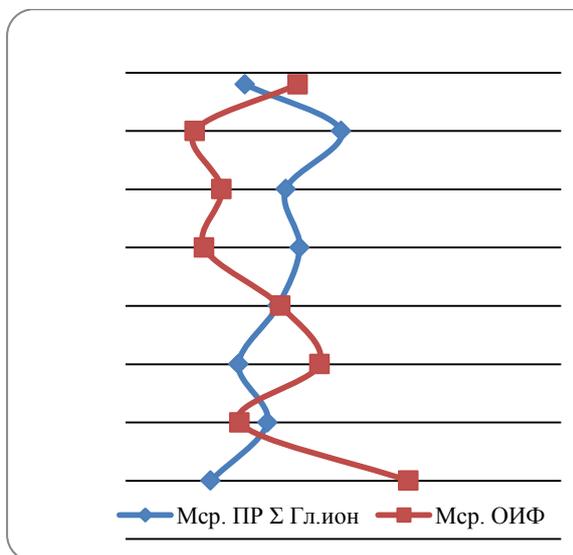
Результатом статистической обработки исследуемых рядов наблюдений, включая их проверку на случайность и однородность, был выявленный коэффициент корреляции ряда значений относительной интенсивности фильтрации к значениям полученного ряда сумм главных ионов, который составил  $r = -0,89$  при  $E_r = 0,14$ , что указывает на достаточно тесную и надёжную связь между ними. Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$y = -70,05x + 84,79.$$

Полученные результаты позволяют сделать вывод, о существовании устойчивой связи между химическими свойствами вод и гидродинамическими условиями в стратиграфическом разрезе генетически разнородных слоев, слагающих торфяную залежь.

Вероятно, это обусловлено относительным постоянством химического состава болотных вод, на разных глубинах торфяной залежи, где слои различного видового состава торфа, ограничены разделяющими их барьерными прослойками, сформированными в характерные периоды сукцессии фитоценозов.

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.



**Рис. Зависимость осреднённых значений модуля относительной интенсивности фильтрации к модулю приведённой минерализации от глубины**

режима исследуемого объекта, связаны с образованием депрессионной воронки образованной в результате эксплуатации Томского подземного водозабора. Исследуемый болотный массив, согласно [7] попадает под влияния первой и второй очереди Томского подземного водозабора.

Полученный анализ данных динамики уровней подземных вод на режимных скважинах в районе исследуемого болота не выявил значительные многолетние изменения гидродинамических условий в течение последних тридцати лет [рис. 3, 6]. Из чего можно предположить, что сформированные, антропогенным воздействием, гидродинамические условия режима подземных вод имеют характер стабильно направленной изменчивости, на фоне которой происходит адаптация функционирования болотной системы, приобретая свойства некоторой устойчивостью к внешним воздействиям.

Подобная устойчивость болотной системы объясняется условиями энтропии взаимодействия типо-видовых слоев, обуславливаемой прежде всего формированием барьерных условий. Об этом свидетельствуют проведенные комплексные исследования [1] сводимые к выводу, что болота обладают определенной устойчивостью как по отношению к колебаниям уровней воды в воронках, так и определяющим последние метеорологическим условиям.

Влияние на гидрогеохимический режим «Тимирязевского» болота проявляется, главным образом, в увеличении амплитуды колебаний уровней болотных вод, внося тем самым изменения в баланс минеральной составляющей вод, увлажняющих нижние слои инертного горизонта.

Выводы сделанные К.Е. Ивановым [2], предполагают, возникновения условий ведущих к началу завершающего этапа эволюционного развития болотных экосистем, где основным факторам выделяется понижение уровня болотных вод в системе торфяная залежь – подстилающее минеральное дно - уровень грунтовых вод.

Гидрохимический режим исследуемого природного объекта, формируется под влиянием антропогенного фактора вызванного воздействием Томского подземного водозабора. Основным элементом влияния, является нарушение естественного, регулируемого природными условиями, водным режимом болотных вод, выраженных в первую очередь в амплитуде колебания их уровня режима. 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). Поэтому влияние водозабора исключать нельзя.

Возможно подобные изменения водного

Можно предположить, что этот процесс влечет обезвоживание, т.е. изменения отношения баланса теплообеспеченности к изменениям увлажнения болотного объекта, вызванного снижением уровня грунтовых вод ниже дна торфяной залежи [6].

Это обуславливает изменения относительной увлажненности различных слоёв торфа слагающих торфяную залежь и как следствие изменения гидрохимического их фона. По результатам исследований, амплитуда колебания степени влажности в разрезе торфяной залежи находится в пределах 100 – 91%.

Таким образом, создаются условия с нетипичным изменением влагонасыщенности, стимулирующей проявление динамической изменчивости компрессионного воздействия на нижележащие, от деятельного горизонта, слою инертного горизонта. В первую очередь не типичность подобных изменений создаёт условия для принудительного водообмена в слою, инертного горизонта и как следствие перераспределение продуктов трансформации органического вещества.

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

Выявленная закономерно сохраняющаяся взаимосвязь типо-видовых слоев, как во времени, так и в пространстве 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, позволит делать оценку степени и динамики изменений химического состава воды от её гидродинамического режима и их влияние на экологическую ситуацию верховых или переходных болот.

### **Литература**

1. Вислогузова Д.В. Эколого-гидрологические наблюдения на карстовых болотах Тульской области (на примере системы болот у пос. Озерный) // Исследования природы Тульской области и сопредельных территорий: сб. науч. тр. Тула, 2008. С 130-133
2. Иванов К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов // Л: «Гидрометеиздат», 1957. 500с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 8. Гидрометеорологические наблюдения на болотах // Л: «Гидрометеиздат», 1990. 360 с.
4. Пат. 2532505 РФ / Шмаков А.В., Шмакова Т.Х. Способ определения равновесности химического состава болотных вод от их гидродинамических условий. Заявлено 23.07.2013. Опубликовано 10.11.2014. Бюл. № 31. Приоритет: 23.07.2013.
5. Пат. 2548464 РФ / Шмаков А.В., Шмакова Т.Х. Комплекс для отбора проб воды и способ его работы. Заявлено 15.07.2013. Опубликовано 20.04.2015. Бюл. № 11. Приоритет: 15.07.2013.
6. Савичев О.Г., Шмаков А.В. Вертикальная зональность и внутригодовые изменения химического состава вод Тимирязевского болота (Томск, Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 1. С. 156–156.
7. Состояние геологической среды (недр) территории Томской области в 2013 году. Вып. 19: информационный бюллетень / Томскгеомониторинг; Сибгеомониторинг; под ред. В. А. Лыготина. //Томск: изд-во «Д-Принт», 2014. С.27.