

## С Е К Ц И Я 6

# ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

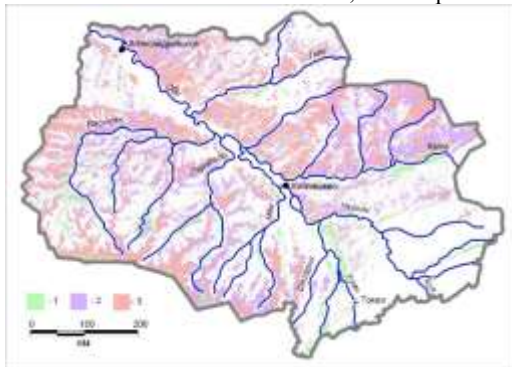
### ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Савичев О.Г., Пасечник Е.Ю.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Западно-Сибирская равнина охватывает огромную территорию площадью около 2,6 млн км<sup>2</sup> от Уральских гор до Енисея и от Карского моря до Казахского мелкосопочника и гор Южной Сибири, соответствует зонам степи, лесостепи, тайги, лесотундры и тундры. Особенностью региона является высокая заболоченность, которая в зоне тайги достигает 40–50 %. Средний вертикальный прирост торфяной залежи – около 1 мм/год. Очевидно, что широкое распространение болот сильно влияет на жизнедеятельность. Также необходимо отметить и важную роль болот в функционировании углеродного цикла и, соответственно, изменении климата. Всё это определяет актуальность исследований болот и их влияния на климат и окружающую среду.

Особенно актуальны подобные исследования для Томска – административного центра Томской области, расположенного на границе Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной страны. Площадь территории Томской области – 314,4 тыс. км<sup>2</sup>, из которой более 30 % занято болотами (рис. 1).



**Рис. 1. Схема распространения разных типов болот на территории Томской области [Савичев, Скугарев, 2005]; типы болот: 1 – евтрофные (низинные); 2 – мезотрофные (переходные); 3 – олиготрофные (верховые)**

болот Западной Сибири, в частности. А именно – раскрыть ключевые аспекты гидрологических и геохимических условий функционирования болот Западной Сибири (на основе результатов многолетних исследований сотрудников ТПУ/ТПИ (С.Л. Шварцева, Н.М. Рассказова, В.К. Бернатониса, А.К. Мазурова, С.И. Арбузова, Ю.Г. Копыловой и многих других).

Прежде, чем приступить к рассмотрению болот и процессов их функционирования, необходимо отметить неопределённость самого понятия «болото» и неоднозначность отнесения болот к тем или иным типам природных и природно-антропогенных объектов. Так, согласно [ГОСТ 19179-73], рассматриваются понятия о болоте, болотном массиве и деятельном горизонте болота. При этом под болотом понимается «природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью» [ГОСТ 19179-73, п. 192].

Близкое по смыслу определение приведено в действующем в РФ Водном кодексе [Водный кодекс РФ, 2006, ст. 5].

Таким образом, в указанных нормативных документах болото признаётся водным объектом, причём поверхностным, хотя, согласно [СП 116.13330.2012, п. 3.15], подтопление, являющееся важным фактором возникновения и существования болот, рассматривается как комплексный гидрогеологический и инженерно-геологический процесс. Кроме того, в соответствии с [Водный кодекс, ст. 1], рассматривается понятие об акватории водного объекта – водным пространством в пределах естественных, искусственных или условных границ. Но во многих случаях на болотах отсутствует открытое водное пространство, а закономерности движения болотных вод более близки к соответствующим закономерностям движения подземных, а не поверхностных вод [1].

В обоих приведённых определениях наличие торфа является критерием выделения болота. Но, согласно [ГОСТ 21123-85, п. 1], под торфом понимается органическая горная порода, образующая в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50% минеральных компонентов на сухое вещество, а в ряде нормативных документов торф рассматривается как вид твёрдых полезных ископаемых [ГОСТ Р 54361-2011]. Таким образом, фактически утверждается, что болото является компонентом

геологической среды. Эта точка зрения закреплена в целом ряде документов, регламентирующих инженерные изыскания для строительства, например, в [ГОСТ 21.302-96, п. 11; СП 11-105-97, ч. III, п. 6.2.8].

Таким образом, болото разными специалистами может одновременно рассматриваться как поверхностный водный объект, компонент недр, почвенный или лесной объект и т.д. Соответственно, возникает целый комплекс проблем с изучением, использованием и охраной болот, которые условно можно разделить на группы:

- 1) информационное обеспечение процесса планирования (экологический мониторинг, реестр природных ресурсов);
- 2) планирование (схемы комплексного использования..., нормирование воздействий на водные объекты и т.д.);
- 3) предупреждение экологических проблем;
- 4) ликвидация или смягчение последствий экологических проблем;
- 5) разработка разделов теории формирования месторождений полезных ископаемых.

При изучении болот (как и любых других геосистем) необходимо учитывать их возраст как одну из характеристик функционирования. Возраст болот часто ограничивается голоценом.

Что происходило после таяния ледников?

Возможно, имеет смысл ограничиться двумя гипотезами:

1) после снижения водного стока, сформировавшегося в результате таяния горных ледников, образовалось много водоемов (рис. 2), которые постепенно стали зарастать вплоть до образования евтрофных болот (рис. 3). Некоторые из них затем стали превращаться сперва в мезотрофные, а затем – в олиготрофные болота; болотный процесс в условиях избыточного увлажнения и слабой дренированности территории может привести к полному уничтожению первичной речной сети. В некоторых случаях этот процесс приводит к полному уничтожению первичной сети и возникновению вторичной (рис. 4);



Рис. 2. Устьевая область реки Васюган (приток р. Оби)



Рис. 3. Заболоченная старица реки Васюган

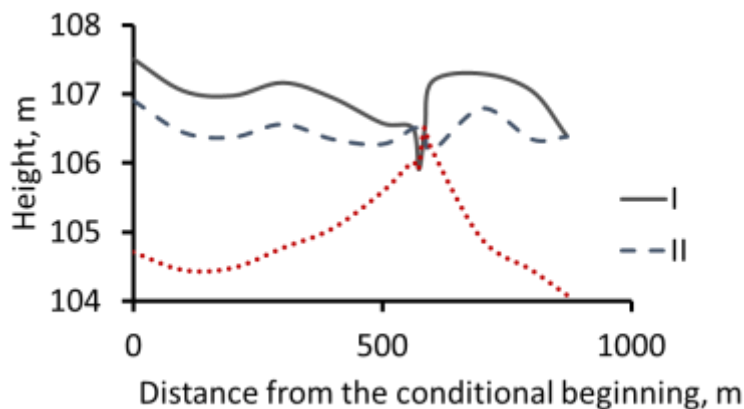
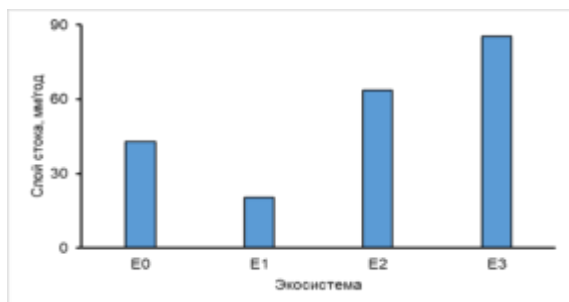


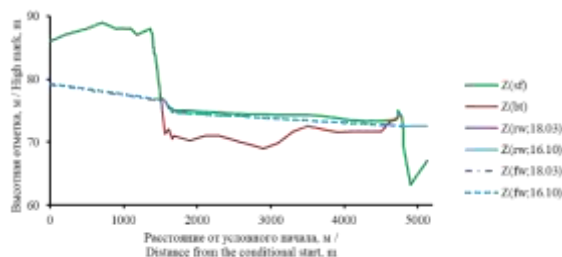
Рис. 4. Профиль долины вторичного внутриболотного водотока в верховьях реки Тром-Юган:  
I) высотная отметка поверхности водосбора в Балтийской системе высот; II) уровень болотных вод (в русле – речных); III) высотная отметка минерального основания болота [2]

2) уже сформировавшиеся олиготрофные болота при определенных условиях могут «наступать» на прилегающие суходолы и «захватывать» их. Один из механизмов этого «захвата» заключается в переувлажнении границы болота и суходола за счет большей водопроницаемости некоторых болотных экосистем (рис. 5).

Направленность и интенсивность этого механизма в значительной степени определяется характером взаимодействия болотных и подземных вод, в значительной мере определяющим характер поверхности болота, высотные отметки которой в целом контролируются кривой депрессии подземных вод (рис. 6).



**Рис. 5. Распределение слоя стока по экосистемам на границе водосбора реки Ключ в среднем за многолетний период в створе 93 км по трассе Томск – Бакчар; условные обозначения: E0 – заболоченный лес; E1 – мезотрофная окраина; E2 – «рям»; E3 – ГМК**



**Рис. 6. Расчетный профиль Обского болота; Z(sf) – высотная отметка земной поверхности; Z(bt) – отметка дна болота; Z(rw; 18.03) и Z(rw; 16.10) – уровень воды реки Обь в створе расчетного профиля; Z(fw; 18.03) и Z(fw; 16.10) – расчетный уровень болотных вод**

Фильтрационные свойства торфов, как показали исследования, выполненные в ТПУ (Савичев О.Г., Мазуров А.К., Рудмин М.А., Солдатова Е.А., Иванова И.С. и др.), в существенной мере зависят и от геохимических процессов, протекающих в болотах и на границе болот и окружающей среды. Например, было показано, что распределение изученных химических элементов в водных и кислотных вытяжках из торфов, органо-минеральных отложений и минерального грунта в целом удовлетворительно объясняется функционированием в торфяной залежи двух барьеров, приуроченных к относительно резкому изменению фильтрационных свойств грунтов.

Верхний барьер (окислительный, восстановительный, сульфидный и сорбционный гидроксидный) расположен примерно на глубинах от 0.40 до 1.25 м и соответствует существенному уменьшению с глубиной доступа кислорода и роли адвективного переноса веществ в торфяной залежи. Нижний барьер – механический и комплексный геохимический (щелочной карбонатный и гидrolитический, сорбционный гидроксидный, глинистый и карбонатный) – расположен в нижнем слое торфяной залежи. Он характеризуется дополнительным ухудшением фильтрационных свойств грунтов и диффузионного переноса.

В результате функционирования верхнего барьера в торфах образуются гидроксиды железа и фосфаты РЗЭ. При этом в пределах геохимического градиента между кислородной и бескислородной обстановок происходит локальное осаждение глинистых минералов, сульфидов железа и некоторых других металлов, а также барита. Благодаря нижнему барьеру в придонных слоях торфяной залежи усиливается интенсивность формирования и/или накопления глинистых минералов. В свою очередь, это приводит к накоплению веществ, поступающих (хоть и в небольших количествах) как сверху (с атмосферным аэрозолем), так и снизу (на этапе существования эвтрофного болота).

Кроме того, в результате автотрофной сульфатредукции и образования метана при отсутствии растворенного в болотных водах кислорода происходит увеличение рН водной среды и, соответственно, выпадение кальцита и гидроксидов некоторых металлов. Границы размещения барьеров не являются постоянными вследствие как изменения водообмена в торфяном болоте, так и эволюции последнего. В частности, границы верхнего горизонта будут изменяться при многолетних изменениях атмосферного увлажнения, приросте или деградации торфяной залежи, изменении типа торфа в результате трансформации органического вещества.

С учетом этого аккумуляция вещества в верхней части торфяной залежи всегда будет менее значимой, чем на нижнем барьере, роль которого в процессе эволюции болота только увеличивается. По этой причине именно в нижней части торфяной залежи, ОМО и верхней части подстилающего минерального грунта наиболее вероятно обнаружение повышенных концентраций целого ряда веществ.

Все сказанное выше – гипотезы, в той или иной степени подтвержденные результатами полевых и экспериментальных работ. Но всегда есть вероятность, что все было не так, или так, но не всегда. А как было? Попробуйте ответить сами.

#### Литература

1. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 280 с.
2. Савичев О.Г., Паромов С.В. Гидрологические аспекты образования болот в таёжной зоне Западной Сибири. Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 1. С. 154-161.

### **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЗАРИНСКА АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

**Братченко А.С.**

Научный руководитель доцент Решетько М.В.

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

На текущий момент в Алтайском крае одной из самых важных и сложных проблем, влияющих на санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, является проблема обеспечения населения доброкачественной питьевой водой. Одной из причин сложившейся ситуации является неравномерное