

О ФОРМИРОВАНИИ СТОКА С БОЛОТ

Харанжевская Ю. А.

Томский государственный педагогический университет
634041, г. Томск, пр. Комсомольский, д.75, lbtor@yandex.ru

Работа посвящена изучению условий формирования стока с болот в весенний период. В результате исследований на верховом болотном массиве, расположенного в пределах водосбора р. Ключ, было отмечено, что на процесс формирования стока значительное влияние оказывает промерзание его торфяной залежи.

Вопрос об условиях стока с болот и их гидрологической роли в природе имеет большое научное значение и вызывает огромный интерес. Изучение болот в гидрологическом аспекте связано, прежде всего, с исследованием процесса движения влаги в болотах. Как известно, специфика гидрологических процессов на болотах определяется, прежде всего, строением торфяной залежи, которую по водно-физическим свойствам разделяют на два горизонта - деятельный и инертный. При изучении водно-физических свойств олиготрофного болотного массива, было отмечено, что верхний 50-ти сантиметровый горизонт характеризуется высокой порозностью (около 98%) и невысокой объемной массой. Объемная масса в деятельном горизонте центральной части болота составляет $0,021 \text{ г/см}^3$, с глубиной увеличивается до $0,047 \text{ г/м}^3$. Согласно К.Е. Иванову, именно в этом пористом горизонте происходит периодические колебания запаса влаги и формирование стока. Нижняя же часть торфяной залежи характеризуется уплотнением и неблагоприятными водно-физическими свойствами.

Основываясь на данных представлениях о специфике гидрологических процессов на болотах при проведении научно-исследовательской работы, перед нами была поставлена задача – изучить процесс образования стока с болот. Известно, что процесс формирования стока с болот представляет собой сложное взаимодействие факторов окружающей среды. К ним относятся физико-географические, определяющие условия подстилающей поверхности и метеорологические факторы. Метеорологические факторы, несомненно, оказывают большое влияние на величину стока, определяя общий объем стока в период весеннего половодья и летне-осенней межени. В условиях образования стока с болот немаловажную роль играют температурные условия и водно-физические свойства торфяной залежи, которые следует относить к факторам подстилающей поверхности. Весной глубина промерзания замедляет интенсивность оттаивания торфяной залежи. В пределах исследуемого болотного массива глубина промерзания не превышает 80 см. В период летне-осенней межени понижение уровней болотных вод способствует повышению температуры торфяной залежи и активизации процесса испарения. Согласно предыдущим исследованиям температура деятельного слоя олиготрофного болота в период вегетации в среднем составляет $10,5^\circ\text{C}$. Гидрологический режим и температурные условия болотного массива находятся в тесной корреляционной связи, немаловажную роль при этом играют водно-физические свойства, а также степень разложения и вид торфа.

Для решения поставленной задачи было решено провести следующие исследования: изучение снежного покрова, уровня режима болота и влажности торфа, а также проведение гидрометрических работ на р. Ключ. Кроме этого проводилась визуальная оценка снежного покрова в период снеготаяния и определение глубины промерзания.

Объект исследований

Объектом исследования является верховой болотный массив, расположенный в пределах водосбора р. Ключ. Основным источником питания этого водотока являются болотные воды исследуемого верхового болота. Истоки реки расположены на периферии болотного массива и гидрологический режим р. Ключ зависит от водообмена между болотным массивом и окружающей территорией. Длина безрусловых склонов по линиям стекания от истоков р. Ключ до водораздела достигает 2.5-6.0 км. В среднем и верхнем течении долина этой реки представлена слабо. В устьевой части (при впадении в р. Бакчар) русло врезано в толщу суглинков и глин на глубину 20-25 м [1]. Объект исследований расположен в междуречье рек Бакчар-Икса и представляет собой северо-восточные отроги Васюганского болота. Район исследований согласно районированию болот [2] отнесен к западносибирской таежной зоне бореально-антлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания. На территории верхового болота параллельно линиям стока заложен гидрологический профиль (Рисунок 1).

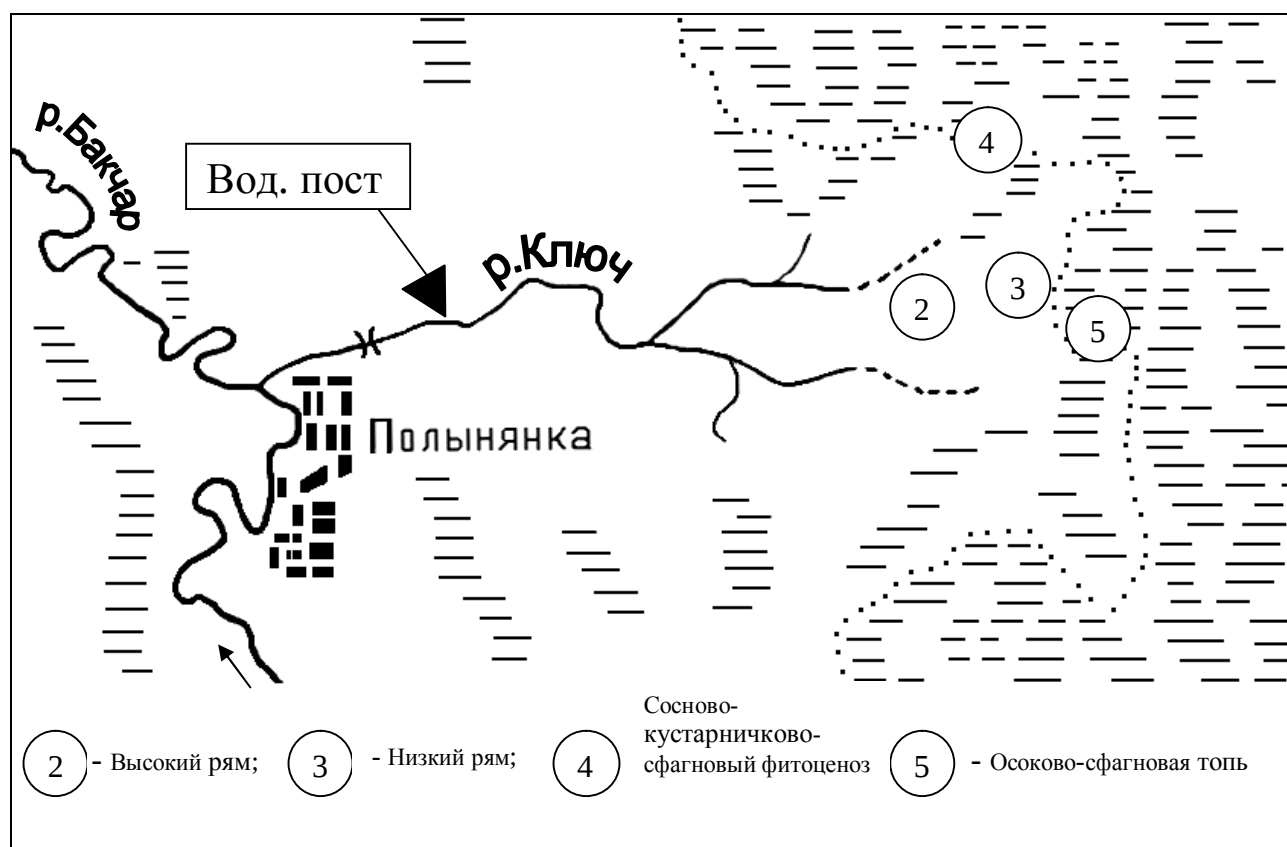


Рисунок 1 -Схема расположения пунктов наблюдения на олиготрофном болоте

Пункты наблюдений расположены в характерных для данного болотного массива биогеоценозах: сосново-кустарничково-сфагновый с высокой сосной (высокий рям, п.2) (Рисунок 2), сосново-кустарничково-сфагновый с низкой сосной (низкий рям, п.3) (Рисунок 3), осоково-сфагновая топь (п.5) (Рисунок 4), сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз с низкой сосной (Рисунок 5) (п.4) [3].

Болотный массив образовался, при зарастании мелководного озера, эвтрофная стадия развития охватила весь исследуемый массив. На смену папоротниковой стадии развития пришли эвтрофные топяные фитоценозы с господством осок. Поэтому в основании торфяной залежи лежит слой низинного осокового торфа высокой степени разложения (65%). Изменение климатических условий на более сухие привело к смене растительного покрова на болоте с осоковых на древесно-травяные. Переходная стадия развития длилась недолго, в результате отложился маломощный слой переходного торфа. Переход в олиготрофную

стадию сопровождался формированием сосново-кустарничково-сфагновых сообществ. В результате сформировалась торфяная залежь мощностью в среднем около 2,7 м. В пределах осоково-сфагновой топи торфяная залежь достигает мощности 2,5 м. В основании залежи находится мощный пласт низинного торфа осокового и древесно-осокового вида (2 м). Верхний слой залежи (1 м) сложен верховыми фускум и сфагновым мочажинным торфами слабой степени разложения. Торфяная залежь низкого рьяма достигает мощности 3 м и имеет



Рисунок 2. Высокий рям (п. 2)

смешанный топяной вид строения. В основании также лежит слой низинного торфа, который перекрывает мощный (1,5 м) слой верхового торфа двух видов - магелланикум и фускум.



Рисунок 3. Низкий рям (п. 3)

На контакте низинного и верхового располагается тонкая прослойка переходного древесно-сфагнового торфа. Торфяная залежь высокого рьяма (п.2) имеет мощность 1 м. В основании залежи лежит слой низинного осокового торфа, затем идут переходные виды торфов: древесно-сфагновый и древесно-травяной. Верхний слой представлен сосново-пушицевым торфом.

В отличие торфяной залежи п. 2, торфяная залежь п.4 также расположенного на периферии болотного массива представлена исключительно верховым торфом толщиной 40 см [1].



Рисунок 4. Осоково-сфагновая топь (п.5)

В процессе развития болотного массива результатом его взаимодействия с окружающими минеральными территориями стало постепенное увеличение грунтовых вод и их заболачивание. Согласно строению торфяной залежи исследуемых пунктов олиготрофного болота заболачивание шло постепенно со сменой всех стадий развития болот. Исключение составляет сосново-кустарничково-сфагновый биогеоценоз (п.4) на периферии болота. Образование болота произошло сразу с верховой стадии, что стало следствием поступления бедных химическими элементами олиготрофных вод путем фильтрации поверхностным путем.

Природные условия исследуемой территории предопределили процесс заболачивания. Согласно ряду исследователей [2] количество атмосферных осадков составляет 450 мм и более мм в год, при этом величина испарения колеблется в пределах 300-360мм. Объект исследований располагается на слабовсхолмленной равнине с абсолютными отметками 90-130 м. Избыток влаги и исключительно равнинный рельеф обусловили образование единой системы болотных массивов, располагающихся на водоразделах рек. [1].

Методика исследований

Методика исследований включает: изучение снежного покрова, уреченного режима болота и влажности торфа, а также проведение гидрометрических работ на р. Ключ.

Для изучения состояния снежного покрова проводилась маршрутная снегомерная съемка [4]. Снегомерные работы были выполнены в период максимального снегонакопления (март 2006 года) в пределах прируслового поля и заболоченного леса. Изучение характеристик снежного покрова включало в себя определение высоты и плотности снега. В

прирусловом поле и заболоченном лесу было произведено 70 и 50 измерений высоты снега, а также 7 и 5 измерений плотности снега соответственно (Рисунок 5).



Рисунок 5. Измерение плотности снега.

Изучение динамики уровней болотных вод производилось в специально оборудованных колодцах, в каждом пункте исследуемого болотного массива (п.2 – п.3 – п.4 – п.5) [5]. Для определения уровня болотных вод были заложены реперы с привязкой к средней поверхности болота. Положение уровня определяется как разность отметок репера и зеркала болотных вод (Рисунок 6).

Для регистрации стока с болотного массива проводились наблюдения за водным режимом р. Ключ на свайном водомерном посту согласно [6]. Стандартная программа наблюдений на гидрометрическом посту р. Ключ включает: измерение уровней воды, определение расходов воды вертушкой сокращенным способом в одной точке на скоростной вертикали (на глубине 0.6 Н).

Отбор проб на влажность производился до уровня болотных вод. Влажность определялась в лаборатории весовым методом [7]. Образцы торфа высушиваются до постоянного веса при температуре $t=105-110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Влажность определяется по формуле:

$$W = (M_{\text{сыр}} - M_{\text{сух}}) / (M_{\text{сыр}} - M_{\text{пуст}}) * 100\% \quad (1),$$

где $M_{\text{сыр}}$ – масса сырого торфа с бюксом, $M_{\text{сух}}$ – масса сухого торфа, $M_{\text{пуст}}$ – масса пустого бюкса.



Рисунок 6. Колодец для измерений уровней болотных вод

Изучение состояния снежного покрова в процессе снеготаяния проводилось визуально. Для определения глубины промерзания были пробурены специальные скважины в мерзлом слое торфа.

Результаты исследований

Как известно, под стоком с болот подразумевается количество воды, стекающее в единицу времени с болотного массива. Сток формируется в верхнем 50-ти сантиметровом горизонте. В период весеннего снеготаяния величина стока зависит от общего количества поступившей влаги, которое определяется запасом воды в снежном покрове и осадками периода снеготаяния, а также степенью увлажнения торфяной залежи в предшествующий осенний период. Запас воды в снежном покрове является интегральной характеристикой объема стока за весеннее половодье. Неравномерность распределения снежного покрова по территории олиготрофного болота обуславливает промерзание торфяной залежи в зимний период и неравномерность весеннего увлажнения. Распределение снега по территории болота создает условия для удлинения периода снеготаяния, а соответственно и уменьшению максимальных расходов весеннего половодья. Процесс снеготаяния, согласно исследованиям [8], начинается на открытых частях болотного массива - осоково-сфагновой топи и прирусловом поле, и постепенно замедляется в зоне заболоченного леса и сосново-сфагновых фитоценозов.

Неравномерность распределения снежного покрова по территории связана с увеличением шероховатости поверхности залесенных участков водосбора в отличие от незалесенных. В связи с этим закономерно наблюдается увеличение высоты снега в заболоченном лесу по сравнению с полем. Для уточнения характеристик снежного покрова

на территории исследуемого бассейна лабораторией торфа и экологии СибНИИСХиТ СО РАСХН совместно с кафедрой гидрологии ТГУ в 1994-1999 гг. были проведены детальные ландшафтно-маршрутные снегосъемки [9]. Анализ результатов снегомерных работ показал устойчивые соотношения статистических параметров распределения снежного покрова во всех основных ландшафтах рассматриваемой территории. Это позволило уменьшить объем производимых работ и свести их к выполнению снегомерных работ в заболоченном лесу и прирусловом поле.

В результате проведения маршрутной снегомерной съемки в период максимального снегонакопления (март 2006) было отмечено, что по характеристикам снежного покрова данный год следует отнести к среднеснежному. Максимальная высота снежного покрова в лесу составила 68 см, в прирусловом поле – 65 см. Средние характеристики приведены в таблице 1. Распределение снега на полевом участке характеризуется значительной вариацией, что связано с преобладанием метелевого переноса твердых осадков. В результате в понижениях местности, а также у естественных препятствий образуются большие скопления снега, величина влагозапасов которых в 1,5-4,0 раза больше по сравнению со средней величиной по исследуемой территории. Плотность снежного покрова в поле несколько выше, чем в заболоченном лесу. Коэффициент пространственной вариации составляет 0,185. В заболоченном лесу залегание снежного покрова более равномерное, коэффициент вариации равен 0,119. Запас воды в снежном покрове в прирусловом поле составил 137 мм слоя воды, в лесу – 140 мм. Максимальный запас воды в снеге - 177 мм по данным снегомерных работ был отмечен в заболоченном лесу (Таблица 1).

Визуальные наблюдения за процессом таяния снега выявили следующие особенности. Деформация снежной толщи в начальный период активного таяния снега выражалось в уменьшении ее общей мощности, с постепенным превращением отдельных горизонтов в однородный влажный снег. С положительными дневными температурами в середине марта началось постепенное таяние снежного покрова. В апреле произошло резкое похолодание, которое продолжалось до начала мая. В первых числах мая в связи с повышением температуры воздуха началось таяние и водоотдача из снега. Запасы воды в снеге начали быстро уменьшаться. Структура снежной толщи изменилась. В этот период интенсивность уменьшения запасов воды в снеге, освобождения поверхности от снега и деформации снежной толщи обусловлены влиянием экспозиции склонов и растительности.

Таблица 1.

Основные характеристики снежного покрова в период максимального снегонакопления 2006 года

Тип ландшафта	ρ , г/см ³	$H_{\text{ср}}$, см	C_v	C_s	$S_{\text{ср}}$, мм
Поле	0,29	47	0,185	-1,45	137
Заболоченный лес	0,26	54	0,119	-0,381	140

Наиболее интенсивно снег таял на открытых участках – прирусловое поле и открытая топь. Запасы воды в снежном покрове уменьшились в 2 раза быстрее на залесенных участках верхового болота. Наиболее долго снежный покров оставался в затемненных местах и понижениях микрорельефа. В связи с более значительными снегозапасами в заболоченном лесу, талые воды с открытого болота вследствие более позднего таяния снега в полосе заболоченных лесов, частично расходуется на насыщения снега и верхнего горизонта торфяной залежи.

Однако в результате изучения верхнего горизонта торфяной залежи было выявлено его промерзание. Что, по-видимому, послужило следствием холодной и малоснежной зимы. Не маловажную роль при этом сыграла поздняя и холодная весна. По данным наших

исследований, толщина мерзлого слоя на 11 мая 2006 года составила: п. 5 – 18 см, п. 3 – 15 см, п. 4 – 10 см, п. 2 – 12 см. Следует отметить, что мерзлый слой в п.3 и п. 5 располагался в среднем на глубине 20 см от поверхности, а в п. 2, п. 4 – на глубине 5 см. Глубина промерзания значительно различается по территории в пределах каждого пункта исследования. Преобладание открытого пространства (п. 5) способствует более глубокому промерзанию торфяной залежи. Однако здесь же наблюдается наиболее быстрое оттаивание и прогревание торфяной залежи. Согласно исследованиям К.Е. Иванова [10] сток с болот начинает формироваться после подъема уровня болотных вод к верхним горизонтам деятельного слоя, который характеризуется достаточно высокими коэффициентами фильтрации. Таким образом, влага, образовавшаяся в результате снеготаяния, сформировала сток по поверхности мерзлого слоя практически без потерь на насыщение верхнего горизонта торфяной залежи (Рисунок 7). В результате мерзлый слой послужил естественным подпором, за счет которого были отмечены высокие отметки уровней болотных вод: п. 5 – 9 см, п. 3 – 15 см, п. 2 – (-5)см. Более низкие уровни болотных вод в п.4, по-видимому, определяются замедленным процессом оттаивания снега (Таблица 2).



Рисунок 7. Вода на поверхности мерзлой торфяной залежи на границе верхового болота и заболоченного леса (11 мая 2006 года)

Для подтверждения всего выше сказанного рассмотрим динамику уровней р. Ключ. В период с 1 по 7 мая наблюдается постепенное увеличение уровней воды р. Ключ с интенсивностью около 6 см в день. Формирование первого пика половодья (90 см) по-видимому, связано с поступлением вод, образовавшихся в процессе снеготаяния с болотного массива. Далее наблюдается незначительное понижение уровней. Образование второго пика половодья на р. Ключ можно отнести к началу процесса оттаивания торфяной залежи. С этого момента начинается постепенный спад уровней, в среднем около 3 см в день. Следует отметить, что благодаря создавшимся условиям понижение уровней на р. Ключ носит достаточно равномерный характер (Рисунок 8).

Таблица 2.

Динамика уровней болотных вод* верхового болотного массива

Дата	п. 2	п. 3	п. 4	п. 5
11 мая	-5	15	-26	9
16 мая	-12	13	-28	8
21 мая	-18	11	-30	8
26 мая	-23	8	-31	7
1 июня	-26	6	-33	6
7 июня	-29	5	-35	6
12 июня	-31	4	-39	4
18 июня	-31	0	-42	3
21 июня	-34	-2	-45	1

Примечание: в см от средней поверхности болота

Процесс дальнейшего формирования стока определялся климатическими условиями. Начиная с середины мая, наблюдается постепенное увеличение температуры воздуха, что способствовало процессу оттаивания торфяной залежи. Примерно в этот период наблюдается незначительный подъем уровня воды на р. Ключ (Рисунок 8). Однако в связи с низкой температуропроводностью и высокой теплоемкостью торфяной залежи постепенное оттаивание продолжалось еще примерно около месяца. Так к середине июня наличие мерзлого слоя было отмечено только в отдельных затененных местах.

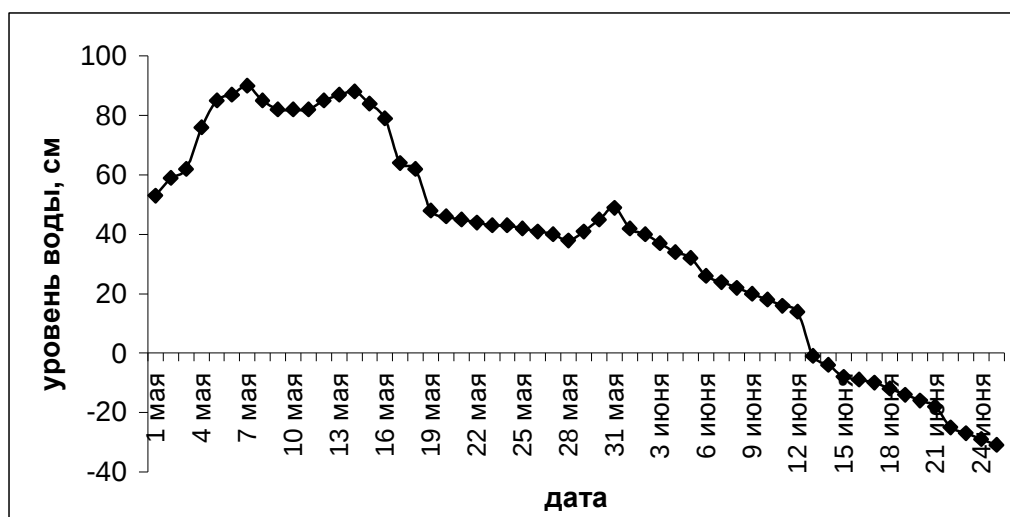


Рисунок 8. Хронологический график хода уровней воды р. Ключ – п. Полынянка

Таким образом, согласно нашим исследованиям скорость оттаивания торфяной залежи в среднем по территории болотного массива составила 0,7 см/ день. Отмеченное выше увеличение температуры воздуха и отсутствие атмосферных осадков способствовало понижению уровней болотных вод. В результате в середине июня в п. 2 и п. 4 уровни болотных вод опустились до отметок -34 и -45 см ниже средней поверхности болота соответственно. При этом влажность торфа поверхностном горизонте составила около 89 и 95% в п. 2 и п. 4 соответственно. В п. 3 и п. 5 уровни болотных вод наблюдаются

в среднем около средней поверхности болота, влажность торфа в этих пунктах наблюдения соответственно равна 93 и 97 % (Таблица 3).

Таблица 3.

Динамика влажности в верхнем слое торфяной залежи верхового болота (%)

Глубина, см	п. 2	п. 3	п. 4	п. 5
0-10	90±1,89	92±0,612	95±0,375	97±0,463
10-20	89±7,89	94±0,335	95±0,924	вода

В этот период наблюдается увеличение испарения с поверхности болота, а также транспирации растительностью. В результате при отсутствии атмосферных осадков наблюдается понижение уровней болотных вод и сокращение стока с болот. Начиная с 13 июня на р. Ключ наблюдаются отрицательные отметки уровней воды и практически полное прекращение стока (Рисунок 9).



Рисунок 9. Верховья р. Ключ (в пределах заболоченного леса)

Таким образом, в результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- процесс формирования стока с болот представляет собой сложный процесс и включает: процесс снеготаяния, процесс насыщения снега и водоотдачу из него, процесс оттаивания торфяной залежи и процесс фильтрации в толще торфяной залежи;
- в результате промерзания торфяной залежи формирование первой волны половодья произошло практически без потерь на инфильтрацию в толщу торфяной залежи;
- формирование второго пика половодья, возможно, является следствием начала оттаивания торфяной залежи болотного массива;
- дальнейшее уменьшение стока с болот определяется метеорологическими условиями, а именно: увеличением температуры воздуха и отсутствием атмосферных осадков.

Литература

1. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование)/ 2-е изд., под ред. чл-корр Л.И. Инишевой. – Томск: ЦНТИ, 2003.-212 с.
2. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слука З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К°, 2001. 584 с.
3. Инишева Л.И., Дементьева Т.Н., Головацкая Е.А., Порохина Е.В. Программа научной экскурсии. Научно-исследовательский полигон «Васюганье» - Томск: ЦНТИ, 2003.- 88с.
4. Указания по производству снегомерных наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 408 с.
5. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.8.- Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 201 с.
6. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып.6.- Ч.II. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 226 с.
7. ГОСТ 11305-83. Торф. Методы определения влажности: Введ. 01.01.84. Без огранич. срока действия. - М.: Изд-во стандартов, 1983. – 7 с.
8. Инишев Н.Г.. Гидрологический режим болот и его влияние на сток рек // Болота и биосфера. Материалы второй научной школы. – Томск. – 2003. – С. 71-78.
9. Петров А. И. Динамика характеристик снежного покрова на малом заболоченном водосборе в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины // Вестник Томского государственного университета, №15. – Томск. – 2005. – С. 96-98.
10. Иванов К.Е. Гидрология болот. - Л.: Гидрометеиздат, 1953.- 297с.

ABOUT FORMATION RUNOFF FROM BOGS

Kharanzhevskaya Y. A.

Work is devoted to studying of conditions of formation runoff from bogs in the spring period. As a result of researches on the raised mire, located in the basin of Klyutch river, it was marked, that on process of formation runoff significant influence renders frost penetration its peat deposit.