

# АГРОЭКОЛОГИЯ



УДК 556.16

Л.И. Инишева,  
О.Н. Смирнов,  
Н.Г. Инишев

## НЕКОТОРЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ

**Ключевые слова:** снежный покров, ландшафтная структура, бассейн, заболоченный водосбор, уровни болотных вод, болотная река, метеостанции, половодье, уровни воды.

### Введение

Запас воды в снежном покрове на заболоченной территории Западно-Сибирской низменности является основным фактором формирования объема весеннего стока, поэтому изучение закономерностей формирования, распределения и количественные оценки снегозапасов с дифференциацией по разным уровням организации геосистем представляют научный и практический интерес.

Кроме того, пространственная неоднородность снегонакопления на различных элементах болотного ландшафта опосредованно влияет на формирование гидрологического режима заболоченного водосбора и позволяет связать его особенности с ландшафтной структурой бассейна.

**Цель работы** – исследование закономерностей снегонакопления и пространственного распределения снежных ресурсов, их оценка на основных типах микроландшафтов олиготрофных болот, динамика снегонакопления в многолетнем разрезе.

### Методика исследований

Для решения поставленной задачи было решено провести следующие исследования: изучение снежного покрова, уровня режима болота и влажности торфа, а также

проведение гидрометрических работ на водотоке заболоченного ландшафта. Для изучения состояния снежного покрова проводилась маршрутная снегомерная съемка [1]. Снегомерные работы были выполнены в период максимального снегонакопления. Изучение динамики уровней болотных вод (УБВ) проводилось в специально оборудованных колодцах, в каждом пункте исследования УБВ были заложены реперы с привязкой к средней поверхности болота. Положение уровня определяется как разность отметок репера и зеркала болотных вод. Для регистрации стока с болотного массива проводились наблюдения за водным режимом р. Ключ на свайном водомерном посту [2]. Стандартная программа наблюдений на гидрометрическом посту р. Ключ включает измерение уровней и расходов воды.

В исследованиях использованы материалы снегомерных съемок на опорных профилях, заложенных на репрезентативных участках ранее проведенными исследованиями [3, 4], а также материалы многолетних наблюдений опорной сети гидрометеорологических станций.

### Основная часть

Объектом исследования является болотный массив, расположенный в пределах водосбора р. Ключ. Основным источником питания этого водотока являются болотные воды исследуемого верхового болота. Истоки реки расположены на периферии бо-

лотного массива и гидрологический режим р. Ключ зависит от водообмена между болотным массивом и окружающей территорией. В среднем и верхнем течении долина этой реки представлена слабо. В устьевой части (при впадении в р. Бакчар) русло вреzano в толщу суглинков и глин на глубину 20–25 м. Объект исследований расположен в междуречье рек Бакчар-Икса и представляет собой северо-восточные отроги Васюганского болота. Район исследований согласно районированию болот отнесен к западносибирской таежной зоне бореально-антлантических выпуклых олиготрофных моховых болот активного заболачивания [5]. На территории верхового болота параллельно линиям стекания заложен гидрологический профиль.

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

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 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.

Избыток влаги и исключительно равнинный рельеф обусловили образование единой системы болотных массивов, располагающихся на водоразделах рек [6].

Как отмечено в многолетних рядах высоты снежного покрова на момент макси-

мального снегонакопления и осадков за XI–III месяцы по станции Бакчар при длине ряда до 2004 фиксируется значимый возрастающий линейный тренд (на уровне значимости 0,05; метод ранговых коэффициентов Спирмена) [7]. Рост осадков в зимний период имеет место и на других метеостанциях (Парабель, Колпашево, Молчаново, Александровское). Однако с 2004 г. осадки за зимний период по метеостанции Бакчар стали уменьшаться. В целом ни за представленный в работе период наблюдений 1977–2010 гг., ни за имеющийся более длительный период 1936–2010 гг. в осадках зимнего периода тренда не обнаружено. В связи с этим, как нам представляется, следует рассматривать значимые тренды на отрезке времени 1985–2004 гг. проявлением глобального потепления климата.

Влияние рельефа на вариацию снеготаяния во времени для равнинных территорий изучено слабо. Материалы многолетних наблюдений на водосборах ЕТР показывают, что коэффициент вариации максимальных снеготаяний уменьшается с для районов с высотой местности более 150 м. В пределах равнин и низменностей со средней высотой менее 150 м, где относительные превышения невелики, вертикальной зональности в распределении снеготаяний нет [8].

Абсолютные отметки Васюганской наклонной равнины колеблются в пределах 116–146 м. Максимальная отметка расположена в истоках р. Бакчар. Интенсивность расчленения рельефа в баллах преимущественно до 20, горизонтальная – до 0,6 км/км<sup>2</sup>, а глубина расчленения – до 10 м.

Таким образом, влияние рельефа на выпадение атмосферных осадков и формирование снежного покрова здесь исключено. Вместе с тем неравномерность залегания снежного покрова вызвана другими факторами, например, микрорельефом, который проявляется в том числе и в изменении состава и высоты растительного покрова.

Наибольшая дифференциация снеготаяния наблюдается между полем и лесом. Массовые материалы показывают, что в лесах запасы воды в снеге, скапливающиеся к началу снеготаяния, больше, чем в поле, а в самих лесах различаются в зависимости от таксационных характеристик (табл. 1, 2).

К основным факторам, обуславливающим разницу снеготаяния в поле и в лесу, относятся различная интенсивность снеготаяния в поле и в лесу во время зимних оттепелей; разница в испарении с поверхности снега в поле и в лесу; благоприятные условия для конденсации водяных паров в лесу; ветровой перенос снега с поля в лес. Перечисленные факторы способствуют увеличению снеготаяния в лесу.

Устойчивый снежный покров на открытых участках исследуемой территории образуется в конце октября. Под влиянием осенних оттепелей разница максимальных снегозапасов в лесу и в поле может превышать 20–30 мм [3, 4]. Основные различия величин снегозапасов отмечаются в декабре – январе, когда выпадает до 80% твердых осадков. Зимой же оттепели для южно-таежной подзоны Западно-Сибирской тайги не характерны и не сказываются сколько-нибудь на ходе снегонакопления.

Средняя высота снежного покрова на открытых участках составляет 40-60 см, на защищенных – 60-80 см. Разрушение устойчивого снежного покрова начинается во второй – третьей декадах апреля. Период со снежным покровом составляет в среднем 175 дней.

Основной причиной превышения снегозапаса в лесу по сравнению с полем является, вероятнее всего, ветровой перенос снега с полей к лесным опушкам. Снегомерные съемки в бассейне р. Ключ показали, что высота снега у опушек может в 1,5-2 раза превышать высоту снега в лиственном лесу.

Неоднородность распределения снегозапасов на открытом болоте связано с характером подстилающей поверхности. Так на-

ми было замечено, что в бассейне р. Ключ, особенно неравномерно залегают снег в грядово-мочажинных и грядово-озерковых микроландшафтах. Наибольшее количество снега залегают на подветренных склонах облесенных гряд и участках мочажин (высота снега достигает 1,5-2,0 м). И, наоборот, на участках мочажин, сопрягающихся с грядами, на наветренных склонах гряд и на микроозерах высота снега снижается до 15-20 см. В условиях, когда гряды на болотном массиве выражены четко, облесены и параллельны друг другу, наблюдается закономерное чередование зон высоких и низких значений снегозапасов. Значительно меньшие колебания высоты снега наблюдаются в сосново-сфагновых микроландшафтах и в лиственных приречных лесах.

Объединенные выборки коэффициента снегонакопления (отношение запаса воды в снеге в лесу к полю) за периоды наблюдений 1965-1975 и 1994-2004 гг. оказались однородными по дисперсии и среднему для основных типов болотных микроландшафтов, что позволило получить достаточно надежные оценки снегонакопления для лиственного леса, рьяма, грядово-мочажинного комплекса и гальи (табл. 3).

Таблица 1  
Основные характеристики высоты снежного покрова на разных ландшафтах в бассейне р. Ключ – с. Польшанка

Тип ландшафта	H <sub>ср</sub>	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Ошибка H <sub>ср</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>
Заболоченный лес	67	82	57	1,16	0,07	0,91
Заболоченный елово-кедровый лес	61	85	40	2,09	0,13	0,31
Поле, бассейн р. Ключ	47	76	23	2,58	0,24	0,21
Поле (суффозионная воронка)	80	142	40	6,35	0,35	0,84
Высокий рям	71	86	57	1,57	0,09	0,01
Средний рям	74	88	55	2,38	0,12	-0,36
Низкий рям	75	97	54	1,83	0,13	-0,04
Галья	53	99	21	4,39	0,31	1,11
Грядово-мочажинный комплекс	69	160	15	5,09	0,51	0,51

Примечание. H<sub>ср</sub> – средняя высота снежного покрова; H<sub>max</sub> – максимальная высота снежного покрова; H<sub>min</sub> – минимальная высота снежного покрова; C<sub>v</sub> – коэффициент вариации для H<sub>ср</sub>; C<sub>s</sub> – коэффициент асимметрии для H<sub>ср</sub>.

Таблица 2  
Основные характеристики влагозапасов на разных ландшафтах в бассейне р. Ключ – с. Польшанка

Тип ландшафта	Запас воды в снеге, мм			Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
	средний	минимальный	максимальный	
Заболоченный лес	113	96	139	0,17
Заболоченный елово-кедровый лес	104	68	144	0,17
Поле, бассейн р. Ключ	101	50	164	0,22
Высокий рям	92	74	112	0,13
Средний рям	108	81	129	0,15
Низкий рям	99	72	129	0,13
Галья	141	55	261	0,26
Грядово-мочажинный комплекс	121	26	281	0,18

На основе многолетних снегомерных съемок средний коэффициент снегонакопления для рассматриваемой территории южной тайги равен 1,20 [3, 4]. По данным снегомерных съемок для водосбора р. Ключ за последние годы (2004-2011 гг.) среднее значение коэффициента снегонакопления составляет 1,18.

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 наблюдаются наиболее быстрое оттаивание и прогревание торфяной залежи. Согласно исследованиям К.Е. Иванова [9] сток с болот начинает формироваться после подъема уровня болотных вод к верхним горизонтам деятельного слоя, который характеризуется достаточно высокими коэффициентами фильтрации.

Рассмотрим динамику уровней р. Ключ. В первую декаду мая наблюдается постепенное увеличение уровней воды р. Ключ с интенсивностью около 6 см в сутки. Формирование первого пика половодья (90 см) связано с поступлением вод, образовавшихся в процессе снеготаяния с болотного мас-

сива. Далее наблюдается незначительное понижение уровней. Начиная с середины мая происходит постепенное увеличение температуры воздуха, что способствует процессу оттаивания торфяной залежи. 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 (рис.).

Однако в связи с низкой температуро-проводностью и высокой теплоемкостью торфяной залежи постепенное оттаивание продолжается еще примерно около месяца со скоростью 0,7 см/день. Так, к середине июня наличие мерзлого слоя отмечается только в отдельных затененных местах.

В результате в середине июня в п. 2 и 4 уровни болотных вод опускаются в среднем до отметок -34 и -45 см ниже средней поверхности болота соответственно. При этом влажность торфа в поверхностном слое составляет около 89 и 95% в п. 2 и п. 4 соответственно. В п. 3 и п. 5 уровни болотных вод поддерживаются около средней поверхности болота, влажность торфа в этих пунктах наблюдения, соответственно, равна 93 и 97% (табл. 4).

Таблица 3

Коэффициент снегонакопления

Период наблюдений	Лиственный лес приречного склона	Средний рям	Безлесная галья	Грядово-мочажинный комплекс
1965-2004 гг.	1,24	1,29	0,98	1,28

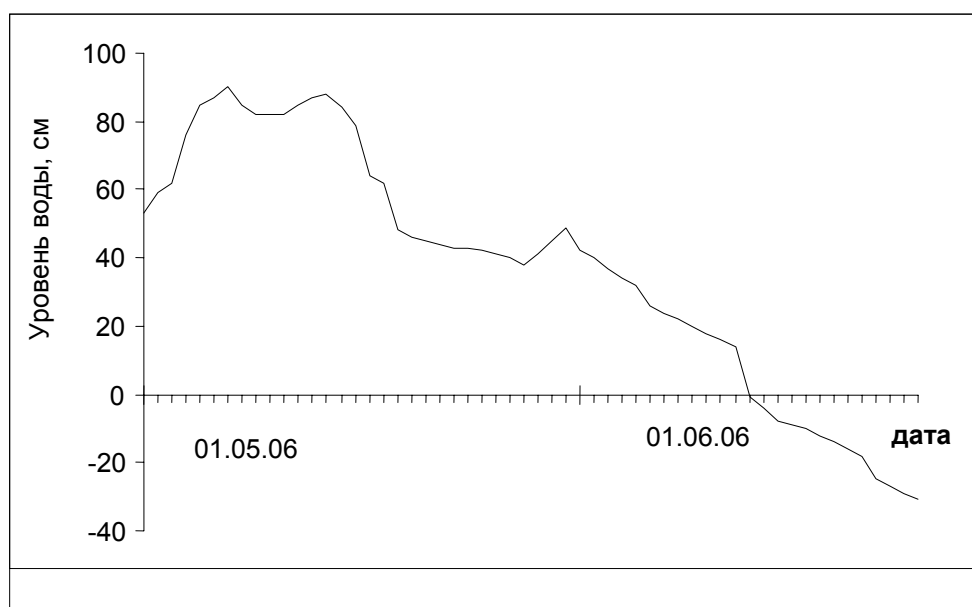


Рис. Хронологический график хода уровней воды р. Ключ — п. Полянника

Таблица 4

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 наблюдается понижение уровней болотных вод и сокращение стока с болот. Наиболее важными являются изменения уровней болотных вод в период вегетации растительности. Характер изменений средних уровней болотных вод в многолетнем разрезе для различных микроландшафтов представлен в таблице 5.

Таблица 5  
Характеристики стояния уровней болотных вод в различных микроландшафтах, см от средней поверхности болота

Глубина	п. 2	п. 3	п. 4	п. 5
Минимальная	7	0	11	0
Максимальная	42	13	41	7
Средняя	24	8	29	3

Начиная с середины июня на р. Ключ наблюдаются отрицательные отметки уровней воды и практически полное прекращение стока.

#### Выводы

На основных типах болотного микроландшафта (рямы и грядово-мочажинный комплекс) запас воды в снеге примерно одинаков и может быть приравнен к лесу.

Наиболее неравномерное распределение снежного покрова отмечается в грядово-мочажинном комплексе. Коэффициенты вариации, характеризующие пространственную неравномерность распределения снегозапасов, составляют в лесах 0,10-0,15, сосново-сфагновых комплексах – 0,10-0,20, грядово-мочажинных и грядово-озерковых комплексах – 0,40-0,70.

Формирование первой волны половодья происходит вследствие более раннего таяния на открытых участках болота и полевых участках водосбора.

Вторая волна половодья является следствием начала оттаивания торфяной залежи

болотного массива и более позднего дотаяния талых и дождевых вод с грядово-мочажинных комплексов.

#### Библиографический список

1. Указания по производству снегомерных наблюдений на гидрометеорологических станциях и постах. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 408 с.
2. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – Вып. 6. – Ч. II. – 226 с.
3. Бураков Д. А. Некоторые особенности залегания снежного покрова в условиях Васюганья // Вопросы географии Сибири. – 1966. – № 6.
4. Бураков Д. А., Петров А. И. Гидролого-математические модели в прогнозах речного стока сибирских рек // География и окружающая среда. – СПб.: Наука, 2003.
5. 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.
6. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование). – 2-е изд. / под ред. чл.-корр. Л. И. Инишевой. – Томск: ЦНТИ, 2003. – 212 с.
7. Петров А. И., Инишев Н. Г., Дубровская Л. И. Закономерности формирования снегозапасов на заболоченном водосборе в южно-таежной подзоне Западной Сибири // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2012. – № 360. – С. 182-187.
8. Мишон В. М. Снежные ресурсы и местный сток: закономерности формирования и методы расчета. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. ун-та, 1988.
9. Иванов К. Е. Гидрология болот. – Л.: Гидрометеоздат, 1953. – 297 с.

*Работа выполнялась при финансовой поддержке грантов РФФИ (12-05-31247-а и 12-05-00094-а) и Рособрнауки (5.1161.2011).*



УДК 631.445.4:631.879.2:631.67

**Н.И. Алешина,  
С.В. Макарычев,  
А.А. Томаровский**

## ВЛИЯНИЕ КРУГЛОГODOVОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ

**Ключевые слова:** сточные воды, гумус, элементы питания, орошение, наморажи-

вание, плотность, гранулометрический состав, микроагрегаты, дисперсность.