

УДК 556.16:631.6

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА С ОСУШЕННЫХ БОЛОТ И ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ ОСУШЕННОГО МАССИВА В ОХРАННОЙ ЗОНЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА»

© 2010 г. А.А. Волчек, Н.Н. Шешко

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет»,  
г. Брест, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** осадки, испарение, сток с осушенных болот, осушение, Национальный парк «Беловежская пуца», уровень грунтовых вод, зона влияния осушительной сети.

В работе описаны подходы к оценке дополнительного стока с осушенных болот заболоченных земель. Даны рекомендации для количественного определения отдельных составляющих элементов стока с осушенных болот с использованием стандартных методов картографии. Приведены результаты оценки структуры стока осушенных болот за период инструментальных наблюдений. На основе полученных результатов и сопоставления их со стоком реки данного водосбора выделены два периода в формировании структуры стока с данного болотного массива.



А.А. Волчек



Н.Н. Шешко

### Введение

Под влиянием комплекса проведенных мелиоративных мероприятий и интенсивного последующего сельскохозяйственного использования территории происходят коренные изменения физических свойств почво-

Водное хозяйство России № 4, 2010

# Водное хозяйство России

грунтов и формируются новые ландшафты. В зависимости от условий формирования элементов водного баланса и этапов строительного производства, можно выделить три стадии: период строительства, переходный период и период стабилизации [1, 2].

Наибольшие изменения протекают в переходный период, они сопровождаются значительным увеличением стока. В период стабилизации процессы осадки торфа, уменьшения влагоемкости почвы и снижения уровня грунтовых вод на прилегающих территориях происходят со значительно меньшей интенсивностью.

В ходе длительной эксплуатации осушенного болотного массива сработка и осадка торфа приводят к необходимости углубления гидромелиоративной сети в минеральные материнские породы. Изменения в период стабилизации с небольшой интенсивностью происходят многие десятилетия [3]. Интерес могут представлять данные наблюдений за состоянием осушенных болотных массивов за период с этапа проектирования по настоящее время.

Целью настоящего исследования является оценка изменения стока с осушенных болотных массивов в результате деградации торфяно-болотных почв, находящихся в сельскохозяйственном использовании.

Проведение натурного эксперимента связано с рядом проблем, в частности, трудоемкостью, большими финансовыми затратами и необходимостью проведения наблюдений в течение длительного времени. Исходя из этого, использование математического моделирования для проведения численного эксперимента является наиболее реальным путем решения задачи. Кроме того, с помощью математического моделирования можно оценить изменение стока осушенных болот в будущем в условиях прогнозируемого изменения климата и уровня сельскохозяйственного использования.

Учитывая физико-географические, гидрогеологические и гидрологические особенности, выбран модельный объект — осушенный болотный массив «Дикий Никор». В административном отношении объект расположен в Брестской области в пределах охранной зоны Национального парка (НП) «Беловежская пуца», что придает ему особый статус.

#### Методика исследования

Изменение годового стока в результате строительства сети мелиоративных каналов и дрен, снижения уровня грунтовых вод на осушенных болотах может быть определено по формуле из работы [1]

$$dV = 10^3 \cdot [F_b \cdot (dE + U_{ch} + dU + Y_b) + F_l \cdot Y_l], \quad (1)$$

где  $dV$  — оценка изменения среднегодового стока в результате коренных изменений ландшафта, м<sup>3</sup>;

$F_b$  и  $F_l$  — площади осушенного болотного массива и прилегающих территорий в зоне влияния снижения уровня грунтовых вод, соответственно, м<sup>2</sup>;

$dE$  — разность испарений до и после проведения мелиораций, мм;

$U_{ch}$  — дополнительный сток за счет углубления проводящей и осушительной сети в подстилающие торфяно-болотные почвы породы, мм;

$Y_b$  — сток, обусловленный снижением уровня почвенно-грунтовых вод на осушенном болотном массиве, мм;

$Y_l$  — слой сработки грунтовых вод на прилегающей к болотному массиву территории, мм;

$dU$  — изменение подземного водообмена, мм.

Параметр  $dU$  является сложным для определения. Для обособленных болотных массивов изменение подземного водообмена незначительно. Для данных условий изменение стока с осушенных болотных массивов, учитывающее подземную и поверхностную составляющие, будет определяться по формуле

$$dV = 10^3 \cdot [F_b \cdot (dE + U_{ch} + Y_b) + F_l \cdot Y_l]. \quad (2)$$

Для более удобного представления формулы (2) разделим обе части уравнения на общую площадь исследуемого объекта ( $F_b + F_l$ ). В результате получим уравнение, подобное приведенному в [4, 5]:

$$dY = f_b \cdot (dE + U_{ch} + Y_b) + f_l \cdot Y_l, \quad (3)$$

где  $f_b$  и  $f_l$  — соответственно, доли площади осушенного болотного массива и смежной с ним территории.

Сток  $Y_b$  состоит из таких компонентов, как  $dV_z$  — водоотдача водоносного горизонта в результате снижения уровня грунтовых вод и  $dV_{дН}$  — количество влаги, содержащейся в слое сработки и усадки торфа

$$Y_b = dV_z + dV_{дН}. \quad (4)$$

Слой воды  $dV_z$ , в результате снижения уровня грунтовых вод, будет определяться как разность количества влаги в мм слоя воды до проведения мелиоративных мероприятий и после

$$dV_z = (W_{\Pi} - W_{НВ}) \cdot h_s, \quad (5)$$

где  $W_{\Pi}$  — полная влагоемкость почвогрунтов, %;  
 $W_{\text{НВ}}$  — наименьшая влагоемкость почвогрунтов, %;  
 $h_s$  — мощность осушаемого слоя, мм.

Влагозапасы в осушаемом слое до мелиораций соответствуют полной влагоемкости. Для торфяников эта величина в среднем равна 94 % от их объема, а для минеральных (супесь) почвогрунтов — 57 % [6]. Мощность осушаемого слоя определяется как разность среднегодовых значений уровня грунтовых вод до и после осушения, в среднем значение колеблется от 0,8 до 1,2 м.

Количество влаги, содержащейся в слое сработки и осадки торфа, можно представить как сумму влаги в слое сработки торфа и изменения влажности почвы за счет уплотнения почвогрунтов

$$dV_{\text{дн}} = \varphi \cdot h_0 \cdot W_{\text{ВРК}} + h_c \cdot dW, \quad (6)$$

где  $h_0$  — слой осадки торфа, мм;  
 $\varphi$  — доля слоя сработки торфа в общем слое осадки  $h_0$ ;  
 $h_c$  — мощность зоны аэрации почвогрунтов (рис. 1), мм;  
 $W_{\text{ВРК}}$  — влажность разрыва капиллярных связей, %;  
 $dW$  — изменение влажности зоны аэрации, %.

На долю минерализации приходится примерно половина уменьшения слоя торфа [6], т. е. коэффициент  $\varphi = 0,5$ .

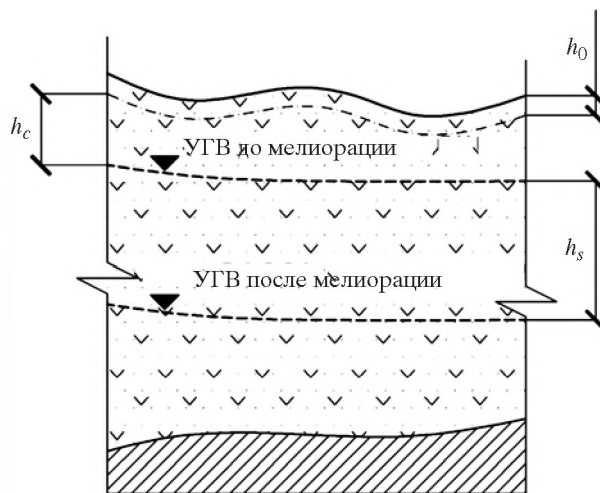


Рис. 1. Расчетная схема почвенного разреза.

Дополнительный сток за счет углубления проводящей и осушительной сети, будет определяться по формуле, аналогичной (5):

$$U_{ch} = (W_{\Pi} - W_{\text{НВ}}) \cdot dh \cdot k, \quad (7)$$

где  $dh$  — углубление гидромелиоративной сети, мм;

$k$  — коэффициент пропорциональности, равный 0,95.

Для оценки ширины зоны влияния и снижения уровня грунтовых вод на смежной территории существуют различные методики [7]. Детальные исследования по вопросу определения зоны влияния были выполнены В.Ф. Шебеко [8].

Снижение уровня грунтовых вод определялось по формуле [7, 8]

$$\Delta H(x) = \Delta H_0 \cdot \operatorname{erfc} \left[ \frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot t}} \right], \quad (8)$$

где  $\Delta H(x)$  — снижение уровня грунтовых вод в расчетной точке, м;

$\Delta H_0$  — снижения уровня воды в реке (канале);

$x$  — расстояние от расчетной точки до уреза воды, м;

$t$  — время от начала снижения уровня, сут;

$a$  — коэффициент уровнепроводности, м<sup>2</sup>/сут, определяемый по

формуле,  $a = \frac{k \cdot h}{\mu}$ ;

$k$  — коэффициент фильтрации, м/сут;

$h$  — средняя мощность водоносного горизонта, м;

$\mu$  — коэффициент водоотдачи грунта.

Дополнительный осредненный сток подземных вод за счет снижения уровня грунтовых вод на прилегающей к болотному массиву территории равен отношению объема фигуры снижения уровня грунтовых вод к общей площади зоны влияния и произведению на коэффициент водоотдачи

$$\bar{Y}_l = 1000 \cdot \mu \cdot \frac{\int \Delta H(x) \cdot P(x) \cdot dx}{F_l}, \quad (9)$$

где  $P(x)$  — периметр зоны влияния на расстоянии  $x$  от границы гидромелиоративной системы (ГМС), м.

### Полученные результаты и их обсуждение

Объектом исследований является осушенный болотный массив «Дикий Никор», расположенный в Пружанском районе Брестской области, к востоку от НП «Беловежская пуца» (рис. 2). На данной территории в 70-е годы прошлого века были проведены гидротехнические мелиора-



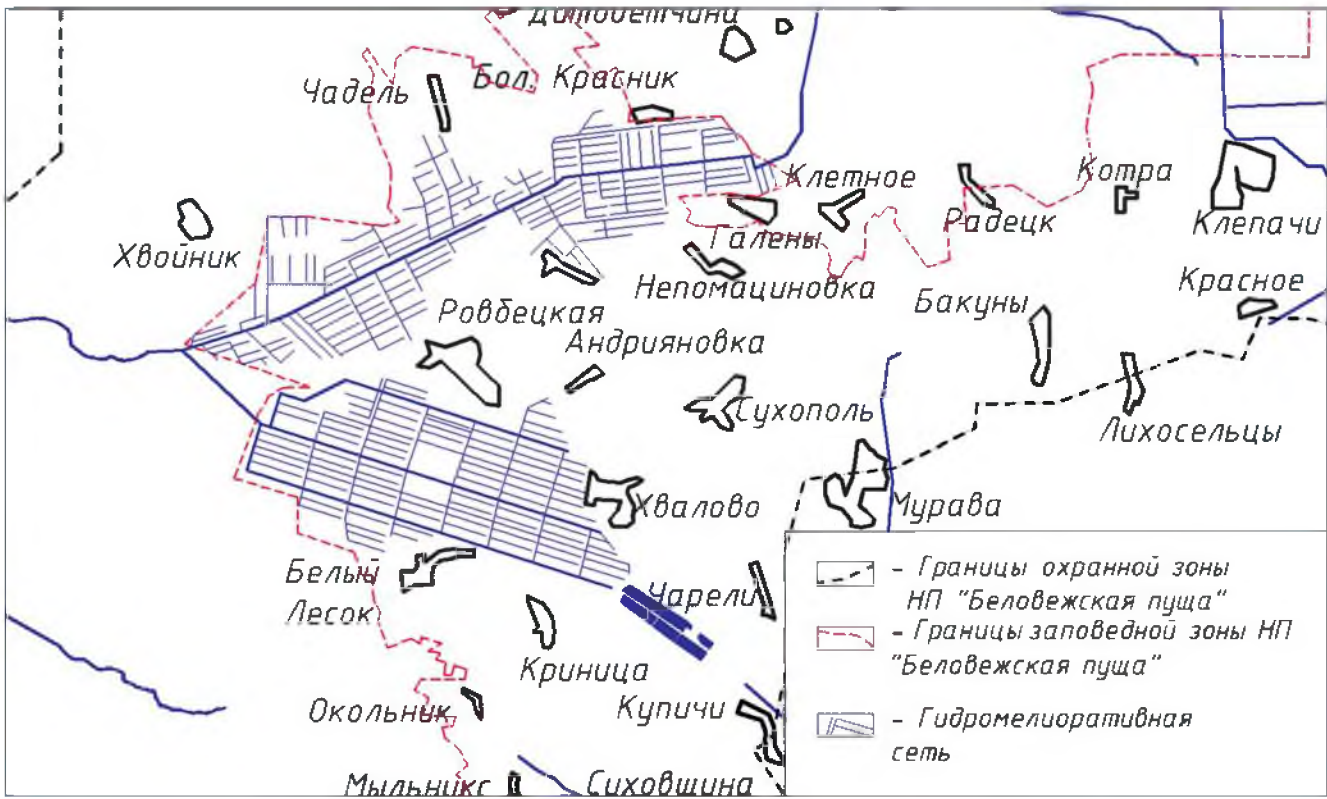


Рис. 2. Схема расположения гидромелиоративной системы «Дикий Никор».

Оценка изменения стока с осушенных болот и заболоченных земель на примере ...

Таблица 1. Характеристика болота «Дикий Никор»

Площадь, га		Глубина, м		Запас торфа, тыс. т		Тип залежи	Средняя степень разложения, %	Средняя зольность торфа, %
в границах нулевой залежи	в границах промышленной залежи	наибольшая	средняя	до выработки	после выработки			
7222	5703	3,2	1,3	13 855	13 125	низинный	36	13,3

пии. Общая площадь осушенного массива составляет 6890 га. Основные характеристики болота приведены в табл. 1 [9].

Водоприемником гидромелиоративной системы «Дикий Никор» является р. Наревка — левый приток р. Нарев (рис. 3).

Определение площади зоны влияния мелиоративной системы ( $F_l$ ) выполнялось картографическим способом. Для этого, используя формулу (8), определена зона влияния  $L$  по изначально заданной величине снижения уровня грунтовых вод  $\Delta H(x)$ . Оконтурив границы мелиоративной системы и отложив полученную величину  $L$  за пределы контура, получили границы зоны влияния (рис. 4), величина которой равна 28 000 га.

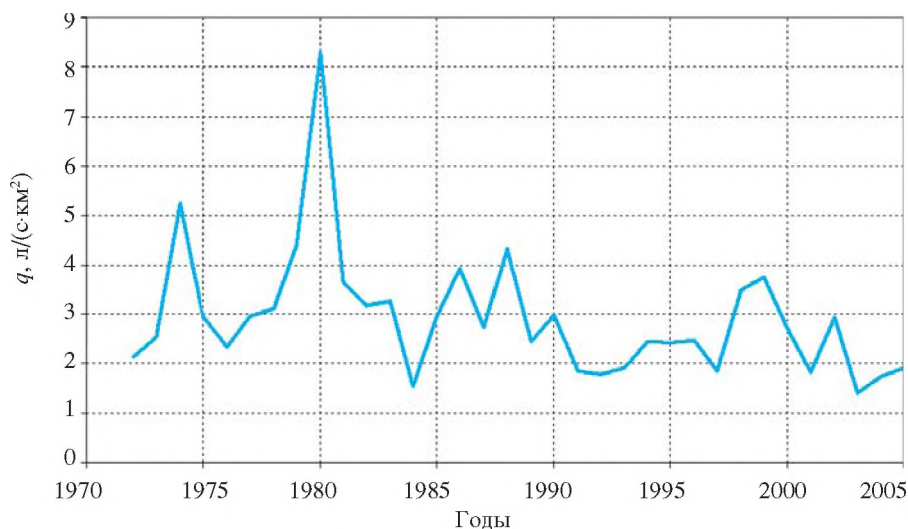


Рис. 3. Хронологический ход среднегодового модуля стока р. Нарев — с. Немержа.

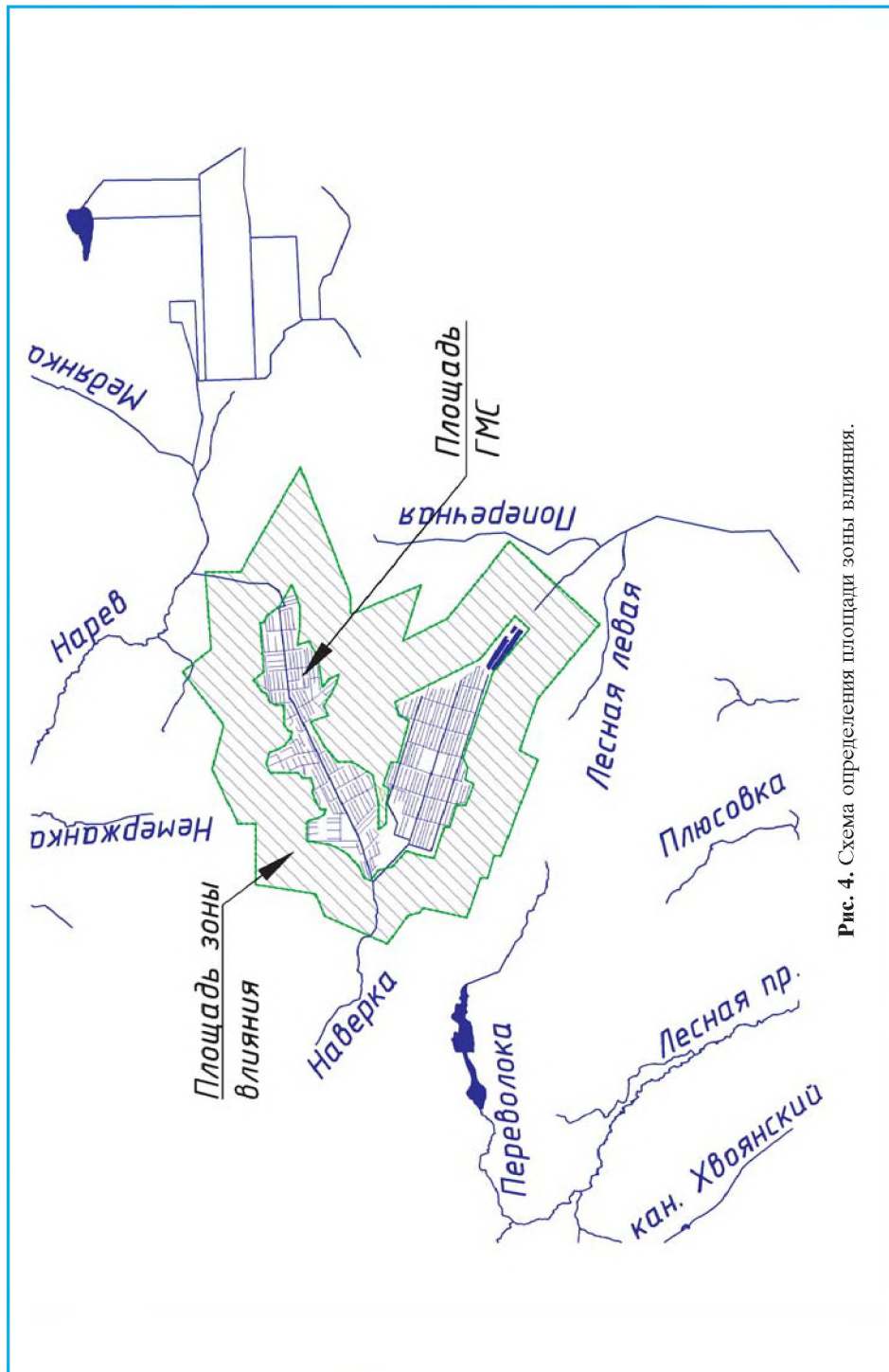


Рис. 4. Схема определения площади зоны влияния.



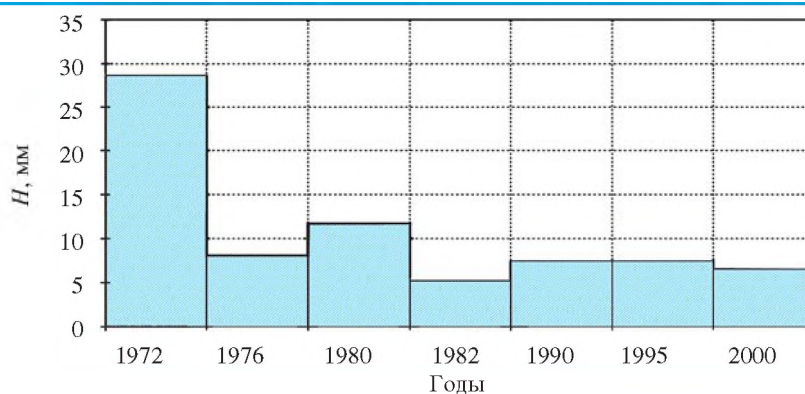
**Таблица 2.** Основные природно-климатические характеристики объекта и результаты моделирования изменения стока с осушенных болотных массивов

Основные характеристики	Годы							
	1972	1976	1980	1982	1990	1995	2000	2005
Слой осадки торфа, м	0	0,1	0,15	0,1	0,08	0,01	0,18	0,12
Изменение влажности, мм	0	6	4	5	7	9	5	3
Мощность слоя аэрации, м	0	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
Изменение годового стока с осушенных болотных массивов, мм	0	115	32	23	42	37	37	33
Суммарный сток с осушенных болотных массивов, мм	0	115	147	170	212	249	286	319

Торфяно-болотные почвы имеют коэффициент фильтрации в пределах 0,23—4,53 м/сут. Основной подстилающей породой являются мелкозернистые и среднезернистые пески со средней мощностью 18 м и коэффициентами фильтрации 2,2—16 м/сут.

Водовмещающими породами исследуемого района служат пески, нередко заиленные с прослойками супесей и суглинков, для которых  $k = 10$  м/сут,  $\mu = 0,2$  и  $h = 3,1$  м.

Результаты оценки дополнительного стока приведены в табл. 2 и на рис. 5.



**Рис. 5.** Изменение дополнительного стока осушенного болотного массива по годам.

Сопоставим величину дополнительного стока со слоем среднегодового стока р. Нарев — с. Немержа. Из рис. 6 видно, что ежегодный вклад дополнительного стока не превышает 15 %, кроме первой пятилетки после проведения крупномасштабных гидротехнических мелиоративных мероприятий на данной территории.

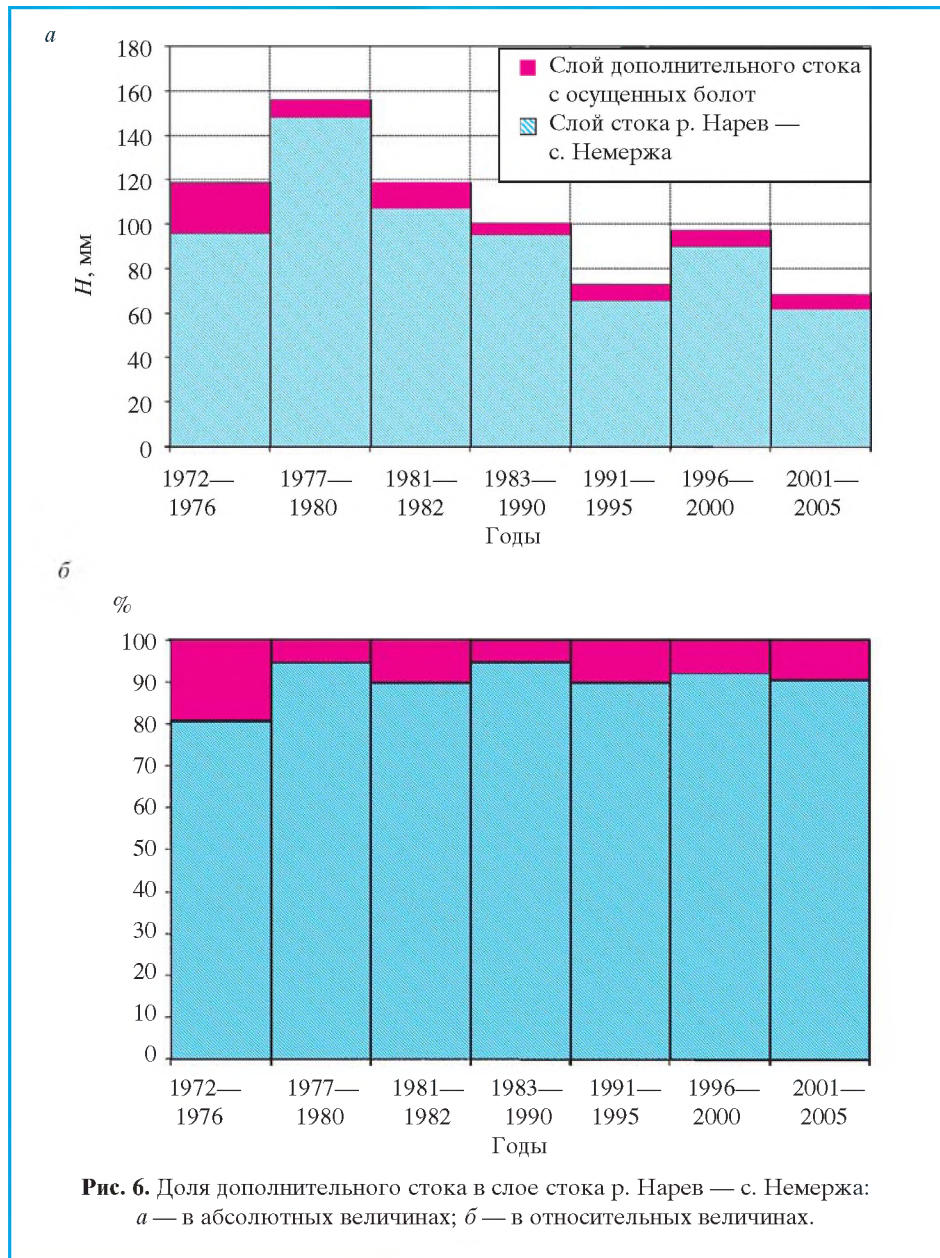


Рис. 6. Доля дополнительного стока в слое стока р. Нарев — с. Немержа:  
а — в абсолютных величинах; б — в относительных величинах.

Анализируя результаты, приведенные в табл. 2, видно, что значительная доля вклада в сток осушенных болотных массивов является дополнительным стоком за счет углубления проводящей и осушительной сети в подстилающие торфяно-болотные почвы породы  $U_{ch}$ . Этот компонент имеет высокие значения в период строительства (то есть первичное осушение в 1972—1976 гг.) и в период реконструкции осушительной и проводящей сети (1987—1991 гг.).

### Выводы

С использованием методики, изложенной в работе [1], вычислен дополнительный сток с осушенного болотного массива под воздействием климатических и антропогенных факторов.

При оценке изменения стока, вызванного деградацией торфяной залежи и изменением природно-климатических условий, установлено два периода с резким увеличением объемов стока: период строительства (36 % дополнительного стока за рассмотренный период) и период реконструкции осушительно-увлажнительной мелиоративной сети (13 % дополнительного стока за рассмотренный период). Причем, нельзя пренебрегать таким компонентом, как количество влаги в слое сработки и осадки торфа. Количество влаги за счет данного элемента колеблется в течение времени эксплуатации, но практически всегда имеет положительный баланс (37 % дополнительного стока с осушенных болот за год).

Результаты численного эксперимента по моделированию изменения стока осушенных болот показали, что дополнительный сток с осушенных болотных массивов составляет в среднем 5,5 % среднего расхода реки данного водосбора Нарев — с. Немержа.

Это не противоречит известным теоретическим представлениям. Известно, что увеличение температуры и уменьшение осадков приводят к увеличению испарения, и в то же самое время — к ускорению процесса сработки и усадки торфа (до 50 %).

Таким образом, использованная методика позволит выполнить комплексную оценку состояния различных осушенных болотных массивов на территории Республики Беларусь.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко Ю.В. Изменение стока с осушаемых болот и заболоченных земель при их эксплуатации в сельскохозяйственном производстве // Водные ресурсы. 2004. № 4. С. 401—406.
2. Корчоха Ю.М. Формирование составляющих водного баланса мелиорированных речных водосборов // Труды V Всесоюзного гидрологического съезда. 1990. Т. 4. С. 588—595.

3. *Plnicki P.* Vorausberechnung der Moorsackung. Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes // Kulturtechnik Flurbereinigung. 1977. № 18. P. 153—165.
4. *Новиков С.М., Гончарова Ж.С.* Прогноз изменений водных ресурсов крупных рек СССР под влиянием осушительных мелиораций // Труды ГГИ. 1978. №. 255. С. 54—68.
5. *Шикломанов И.А.* Влияние хозяйственной деятельности на речной сток Л.: Гидрометеиздат, 1989. 355 с.
6. *Лундин К.П.* Водные свойства торфяной залежи. Минск: Урожай, 1964. 285 с.
7. *Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В.* Справочник по мелиорации. М.: Росагропромиздат, 1989. 384 с.
8. *Шебеко В.Ф.* Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий. Минск: Урожай, 1983. 200 с.
9. Гидрография Беловежской пуцци и ее трансформация под влиянием хозяйственной деятельности // отчет о НИР / Бел. гос. ун-т; рук. Б.П. Савицкий. № ГР 19993992. Минск, 1999. 86 с.

**Сведения об авторах:**

Волчек Александр Александрович, д. г. н. профессор, декан факультета водоснабжения и гидромелиорации Брестского государственного технического университета, 224000, Республика Беларусь, г. Брест, ул. Московская, 267; e-mail: volchak@tut.by;

Шешко Николай Николаевич, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций факультета водоснабжения и гидромелиорации Брестского государственного технического университета, e-mail: optimum@tut.by.