

скв. 510 в интервале 0,02-1,1 м (рис. 3г), а с увеличением глубины отмечается тенденция к росту амплитуды, например, в скв. 458 в интервале 0,4-1,7 м (рис. 3д);

10) на городской территории отмечается низкая частота амплитуд практически на всем интервале значений. Так, в скв. 510 на глубине 7,2 м максимальная частота не превышает 19% (рис. 3г), а увеличением глубины значительно возрастает частота в определенном интервале, так для скв. 458 в интервале 0,7-0,8 м частота амплитуд 33 % (рис. 3д).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гавич. И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. – М.: Недра, 1980. – 358 с.
2. Зальцберг Э.А. Режим и баланс грунтовых вод зоны избыточного увлажнения. – Л.: Недра, 1980. – 207 с.
3. Зекцер И.С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. – М.: Недра, 1977. – 173 с.
4. Каменский Г.Н., Биндеман Н.Н., Вевировская М.А., Альтовский М.Е. Режим подземных вод. – М.-Л.: ГОНТИ, 1938. – 192 с.
5. Киселев П.А. Исследование баланса грунтовых вод по колебаниям их уровня. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 202 с.
6. Ковалевский В.С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. – М.: Наука, 1994. – 138 с.
7. Ковалевский В.С. Многолетняя изменчивость ресурсов подземных вод. – М.: Наука, 1983. – 204 с.
8. Коноплянец А.А., Семенов С.М. Прогноз и картирование режима грунтовых вод. – М.: Недра, 1974. – 216 с.
9. Кудельский А.В., Пашкевич В.И., Ясовеев М.Г. Подземные воды Беларуси / НАН Беларуси. ИГН; Науч. ред. В.С.Усенко. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 1998. – 260 с.
10. Кудельский А.В., Гречко А.М., Кривецкая Т.Д., Пашкевич В.И. Гидрогеологическая экспертиза широкомасштабных осушительных мелиораций Белорусского Полесья / Ред.А.А. Хомич; АН Беларуси. ИГГиГ. – Минск: Наука і тэхніка, 1993. – 109 с.
11. Лебедев А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 192 с.
12. Сачок Г.И., Фадеева Г.М., Бучурин В.И. Применение методов многомерного статистического анализа для альтернативного прогноза уровня подземных вод // Доклады АН БССР, №1, 1977. – С. 73-75.
13. Семенов С.М., Батрак Г.И. Эволюция антропогенных преобразований подземной гидросферы урбанизированных территорий // Глобальные изменения природной среды-2001 / Глав. ред. Н.Л. Добрецов, В.И. Коваленко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "ГЕО", 2001. – С. 320-332.
14. Станкевич Р.А. Артезианские воды Бреста и их использование. Природные условия, история освоения и пути прогресса. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 184 с.
15. Станкевич Р.А. Минское месторождение глубоких артезианских вод: Краткий очерк природных условий и истории освоения. – Минск: Беларуская навука, 1997. – 66 с.
16. Тимофеев А.В., Калинин М.Ю. Условия формирования режима уровня грунтовых вод на территории Минской городской агломерации // ЭКВАТЕК-2002. 5-й межд. конгресс "Вода: Экология и технология", Москва 4-7 июня 2002 г. Материалы конгресса. – М.: СИБИКО, 2002. – С. 258-259.
17. Тимофеев А.В. Факторы формирования режима грунтовых вод на урбанизированных территориях // Водные ресурсы. №20. – Минск: ЦНИИКИВР, 2005. – С. 87-94.
18. Тимофеев А.В. Оценка антропогенных факторов формирования уровня режима грунтовых вод на территории г. Минска. // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (Известия Национальной академии наук Беларуси). Сер. химические наук. №5. – Мн.: Беларуская навука, 2006. – С. 144-146.
19. Калинин М.Ю., Логинов В.Ф., Иконников В.Ф., Синякевич Л.Н., Тимофеев А.В. Исследование изменений поверхностных и подземных вод в результате естественных и антропогенных факторов // Природопользование. Сб. науч. тр. ИПИПРЭ НАНБ Вып. 8. – Минск: ИГН НАНБ, 2002. – С. 88-98.
20. Калинин М.Ю., Синякевич Л.Н., Тимофеев А.В. Анализ многолетнего естественного режима уровня подземных вод в бассейне р. Неман и Минской городской агломерации // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. № 3(9), 2002. – С. 4-7
21. Тимофеев А.В. Использование ГИС-технологий для информационного обеспечения мониторинга гидрогеологической среды урбанизированных территорий // Современное состояние, проблемы и перспективы использования водных ресурсов Беларуси. Материалы Водного форума. Минск, 30 сентября – 1 октября 2003 г. – Минск, 2003. – С. 179-182.

Статья поступила в редакцию 22.01.2007

УДК 556.16.06

Парфомук С.И.

ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНОГО РЕЖИМА МАЛЫХ РЕК БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Введение

Водным ресурсам присуща динамика, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогноза колебаний и изменений во времени. Характер колебаний водных ресурсов определяется климатическими факторами, но, начиная со второй половины XX века, роль антропогенной составляющей в ряде случаев становится соизмеримой с природными воздействиями. Таким образом, можно констатировать, что конец XX – начало XXI века характеризуется направленной климатической изменчивостью и повышением антропогенной нагрузки на сток рек, особенно малых. Это не могло

не сказаться на факторах формирования стока малых рек, их гидрологическом режиме и гидро-экологическом состоянии. Кроме того, воздействия антропогенных факторов на водный режим рек имеют как разнонаправленный характер, что компенсирует влияние, так и однонаправленный, что, в свою очередь, усиливает трансформацию водного режима.

Одним из наиболее мощных антропогенных факторов воздействия на речной сток являются крупномасштабные гидротехнические мелиорации. Проведенные мелиорации не только непосредственно трансформируют водный режим территории, но и при неразумном использовании осушенных земель могут

Парфомук Сергей Иванович, аспирант каф. информатики и прикладной математики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика

привести к существенному изменению условий формирования стока. Так, использование осушенных мелкозалежных торфяников под пропашные культуры привело к сработке верхнего торфяно-болотного слоя почвы, на поверхность выступили минеральные подстилаемые грунты, что не могло не сказаться на трансформации водного режима рек, в бассейнах которых произошли подобные трансформации ландшафтов.

Постановка и проведение эксперимента сопряжено с рядом проблем, в частности трудоемкостью и большими финансовыми затратами, кроме этого, очень сложно вычленить влияние отдельных факторов. Поэтому использование математических моделей является одним из наиболее реальных путей решения задачи оценки трансформации водного режима рек.

Целью настоящего исследования является оценка изменений водного режима рек, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв, находящихся под сельскохозяйственным использованием и подстилаемых различными по механическому составу минеральными грунтами, в зависимости от занимаемой ими площади.

Учитывая степень изменений гидрологического режима рек Белорусского Полесья, модельным объектом выбран бассейн р. Ясельда, в рамках которого проведены гидролого-климатические исследования. Выбор объекта исследования объясняется его репрезентативностью для Белорусского Полесья и степенью антропогенной нагрузки в виде гидротехнических мелиораций и последствий эксплуатации мелиоративных земель.

Дополнительно в ходе исследований стояла задача оценить изменения водного режима рек в будущем в условиях прогнозируемого изменения климата с учетом трансформации ландшафтов.

Методика исследования

Для оценки трансформации водного режима рек, вызванной климатическими колебаниями и антропогенными воздействиями, использованы материалы стационарных гидрологических и климатических наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и окружающей среды Республики Беларусь, опубликованные в государственных кадастрах.

Воднобалансовые исследования речных водосборов выполнены с использованием метода гидролого-климатических расчетов (ГКР), разработанного В.С. Мезенцевым, основанного на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [1, 2].

Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид:

$$Y_K(I) = H(I) - Z(I), \tag{1}$$

где $Y_K(I)$ – суммарный климатический сток, мм; $H(I)$ – суммарные ресурсы увлажнения, мм; $Z(I)$ – суммарное испарение, мм; I – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

$$Z(I) = Z_m(I) \left[1 + \left(\frac{\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}}{\frac{X(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)} \right)^{n(I)} \right]^{\frac{1}{n(I)}} \tag{2}$$

где $Z_m(I)$ – максимально возможное суммарное испарение, мм; W_{HB} – наименьшая влагоемкость почвы, мм;

$V(I) = \frac{W(I)}{W_{HB}}$ – относительная влажность почвогрунтов на

начало расчетного периода; $X(I)$ – сумма атмосферных осадков, мм; $g(I)$ – грунтовая составляющая водного баланса, мм; $r(I)$ – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов; $n(I)$ – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Относительная влажность почвы на конец расчетного периода определяется из соотношений

$$V(I+1) = V(I) \cdot \left(\frac{V_{cp}(I)}{V(I)} \right)^{r(I)}; \tag{3}$$

$$V_{cp}(I) = \left(\frac{\frac{X(I) + g(I)}{W_{HB}} + V(I)}{\frac{Z_m(I)}{W_{HB}} + V(I)^{1-r(I)}} \right)^{\frac{1}{r(I)}} \tag{4}$$

Максимально возможное суммарное испарение находится по методике, описанной в работе [3]. Суммарные ресурсы увлажнения определяются следующим образом:

$$H(I) = X(I) + W_{HB}(V(I) - V(I+1)). \tag{5}$$

Решение системы уравнений (1) – (5) осуществляется методом итераций до тех пор, пока значение относительной влажности почвогрунтов на начало расчетного интервала не будет равно значению относительной влажности на конец последнего интервала. При расчете начальное значение влажности принимается равным значению наименьшей влагоемкости, т.е. $W(1) = W_{HB}$, откуда $V(1) = 1$. Сходимость решения метода ГКР достигается уже на четвертом шаге расчета.

Корректировка климатического стока осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на формирование руслового стока, т.е.

$$Y_p(I) = k(I) \cdot Y_K(I), \tag{6}$$

где $Y_p(I)$ – суммарный русловый сток, мм; $k(I)$ – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора.

Метод ГКР реализован в виде компьютерной программы «Баланс». Моделирование водного баланса исследуемой реки осуществляется в два этапа: настройка модели и собственно моделирование.

На первом этапе необходимо задать координаты центра тяжести водосбора исследуемой реки и основные гидрографические характеристики водосбора. Далее программа из встроенного банка гидрометеорологической информации подбирает реку-аналог с учетом сходства формирования водного режима рек. После получения необходимой информации, изменяя параметры W_{HB} , r и n и используя систему уравнений (1) – (5), производится настройка модели на реку-аналог. Наименьшая влагоемкость почвы W_{HB} изменяется в пределах от 60 до 220 мм, параметр r – от 1 до 2,5, параметр n – от 2 до 3,4. При настройке модели преследуется цель достичь наибольшего соответствия рассчитанного климатического стока и руслового стока реки-аналога. Первый этап заканчивается построением графиков климатического и руслового стока и выводом ошибки моделирования.

Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки, используя параметры, полученные при моделировании стока реки-аналога. Расчет элементов водного баланса исследуемой реки производится с учетом конкретных особенностей рассматриваемого водосбора.

Результаты моделирования свидетельствуют о высокой точности расчета водного баланса как для практического применения, так и для теоретических исследований, что проверено на большом количестве рек Беларуси с площадью во-

досбора не более 1000 км², на которых ведутся гидрометрические наблюдения.

Таким образом, программа «Баланс» при наличии данных об атмосферных осадках, температуре воздуха, дефицитах влажности воздуха, стока воды реки-аналога и гидрографических характеристиках водосбора позволяет рассчитывать водный баланс малых рек Беларуси, не охваченных гидрометрическими наблюдениями.

Анализ результатов

Осушение мелкозалежных торфяников с последующим их использованием под пропашные культуры привело к сработке торфяного слоя, и на поверхность выступили подстилающие минеральные породы. Смена ландшафта с последующей сменой испаряющей поверхности водосбора не могло не сказаться на водном режиме самой реки. Поэтому естественный водный режим в верховьях Ясельды в настоящее время существенно трансформировался.

До массового осушения в бассейне р. Ясельда болота составляли 34%, заболоченный лес – 6%, а общая заболоченность – 45% от площади водосбора в замыкающем створе г. Береза [4].

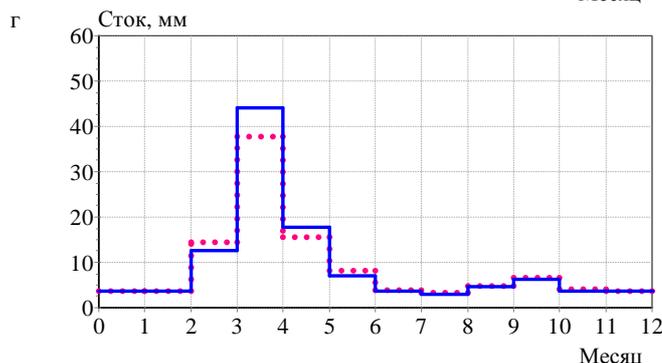
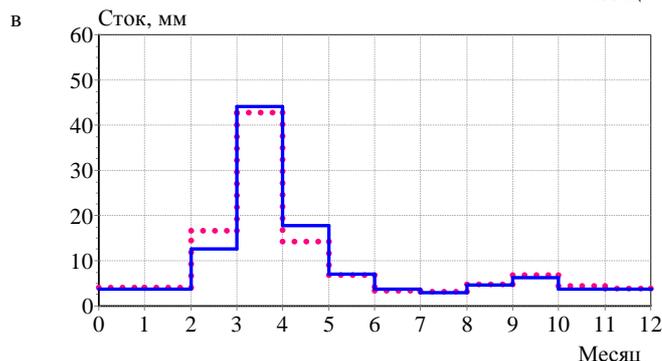
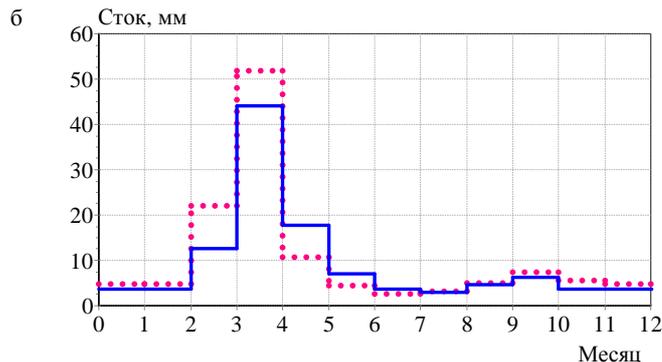
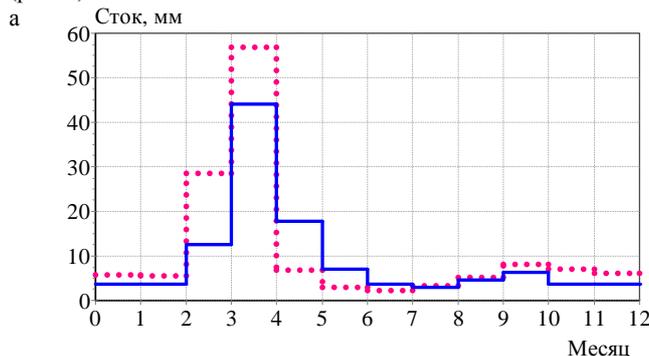
В основу численного эксперимента положена модель водного баланса р. Ясельда в створе г. Береза с настройкой параметров по данным гидрометслужбы на 1962 г., т. е. до начала массовых гидротехнических мелиораций [4]. Результаты моделирования среднемноголетнего годового стока и его внутрисезонного распределения представлены на рис. 1.



Рис. 1. Измеренный и рассчитанный сток р. Ясельда в створе г. Береза

Хорошее совпадение измеренного и рассчитанного стока свидетельствует о корректности модели. Полученные параметры модели использованы при проведении численного эксперимента.

Далее моделировался климатический сток на водосборе р. Ясельда с различных подстилающих поверхностей и сопоставлялся с климатическим стоком с торфяно-болотных почв (рис. 2).



— естественный сток,
 - - - прогнозируемый сток

Рис. 2. Сток в бассейне р. Ясельда с различных по механическому составу подстилающих поверхностей: а – песок, б – супесь, в – суглинок, г – глина

Смоделированные гидрографы стока показывают, что наибольшие различия в трансформации стока наблюдаются при сработке торфяников подстилаемыми песками.

Следующим этапом явилась оценка трансформации речного стока в зависимости от величины площади сработки торфяно-болотных почв. Численный эксперимент проведен для следующих условий: на 10%, 20%, 30% площади водосбора произошла сработка торфяно-болотных почв, и на поверхность выступили минеральные грунты. При этом рассматривалось 4 вида подстилающих минеральных почвогрунтов: песок, супесь, суглинок и глина. Результаты численного эксперимента представлены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что наибольшее изменение стока, вследствие выработки торфа на заболоченной территории, характерно для максимальной исследуемой площади, занимаемой торфяниками и равной 30% всей площади водосбора. Причем в наибольшей степени изменению стока подвержены заболоченные территории, на которых торф подстилается песком. Для таких территорий характерно наибольшее увеличение стока воды в реке, а максимальное по модулю уменьшение стока наблюдается в мае-июне.

Таблица 1. Изменение стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв

Вид подстилающей поверхности	Месяцы											
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Сработка торфяно-болотных почв на территории 10 % от площади водосбора												
песок	3,2	3,0	6,3	2,7	-7,3	-7,2	-3,5	1,2	1,2	2,4	4,3	2,2
супесь	1,8	1,7	3,8	1,7	-4,7	-4,5	-2,8	0,7	0,6	1,5	2,4	1,1
суглинок	0,5	0,5	1,6	-0,3	-2,3	-0,4	-0,8	1,0	0,1	0,8	1,0	0,3
глина	-0,1	-0,1	0,7	-1,3	-1,5	1,8	0,8	1,7	0,1	0,5	0,5	0,0
Сработка торфяно-болотных почв на территории 20 % от площади водосбора												
песок	6,8	6,2	13,4	5,4	-14,3	-13,9	-7,1	2,4	2,4	4,9	9,2	4,8
супесь	3,8	3,6	8,0	3,3	-9,2	-8,8	-5,7	1,4	1,2	3,1	5,1	2,5
суглинок	1,0	1,0	3,4	-0,5	-4,5	-0,8	-1,6	2,0	0,3	1,6	2,2	0,6
глина	-0,1	-0,1	1,5	-2,6	-3,0	3,5	1,6	3,4	0,3	1,0	1,1	-0,1
Сработка торфяно-болотных почв на территории 30 % от площади водосбора												
песок	10,7	9,7	21,4	8,2	-21,0	-20,4	-10,7	3,7	3,6	7,6	14,7	7,8
супесь	5,9	5,6	12,7	5,0	-13,6	-12,8	-8,6	2,0	1,7	4,7	8,2	4,0
суглинок	1,5	1,6	5,3	-0,8	-6,7	-1,1	-2,4	3,0	0,4	2,4	3,5	1,0
глина	-0,2	-0,2	2,4	-4,0	-4,4	5,1	2,4	5,1	0,4	1,6	1,8	-0,1

График отклонения годового стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв представлен на рис. 3.

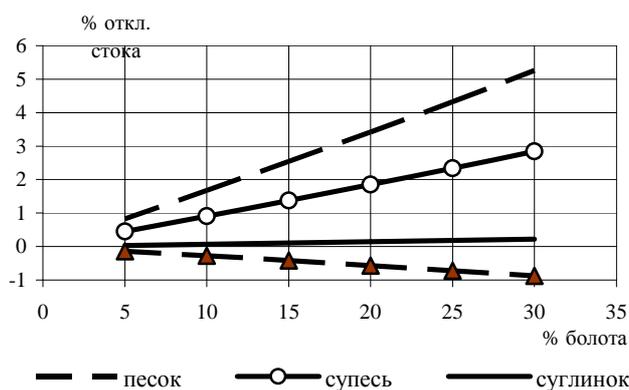


Рис. 3. Отклонение годового стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв

В связи с прогнозируемым изменением климата нами выполнен численный эксперимент для оценки влияния на речной сток трансформаций ландшафтов при тех или иных сценариях развития климата. Основываясь на анализе существующих в настоящее время оценок возможного изменения климата, при исследовании изменения стока р. Ясельда в замыкающем створе г. Береза принимались следующие варианты [5, 6]:

- вариант 1 – увеличение средней годовой температуры воздуха на 2°C по сравнению с современным уровнем при неизменном количестве атмосферных осадков;
- вариант 2 – уменьшение средней годовой температуры воздуха на 2°C при неизменном количестве атмосферных осадков;
- вариант 3 – увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10% с неизменной температурой воздуха;
- вариант 4 – уменьшение суммарных годовых атмосферных осадков на 10% с неизменной температурой воздуха;
- вариант 5 – увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10% по сравнению с современным уровнем с одновременным увеличением температуры воздуха на 2°C;

- вариант 6 – увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10% с одновременным уменьшением температуры воздуха на 2°C;
- вариант 7 – уменьшение суммарных годовых атмосферных осадков на 10% и увеличение средней годовой температуры на 2°C;
- вариант 8 – уменьшение годовых атмосферных осадков на 10% и уменьшение средней годовой температуры воздуха на 2°C.

Численный эксперимент по моделированию водного баланса р. Ясельда – г. Береза проводился отдельно для каждого из перечисленных вариантов. Результаты численного эксперимента приведены в табл. 2.

При анализе данных табл. 2 можно констатировать, что изменение климата приведет к трансформации стока рек. Причем, изменение суммарных годовых атмосферных осадков повлияет на сток в большей степени, чем изменение средней годовой температуры воздуха. В целом для года характерно изменение стока воды в пределах 10-20% по сравнению с настоящим уровнем, а в условиях одновременного увеличения температуры и уменьшения осадков – на 30%, одновременного увеличения осадков и уменьшения температуры – на 40%. В течение года максимальная трансформация стока произойдет в теплый период года.

Для оценки совместного воздействия природных и антропогенных факторов на режим речного стока выполнено моделирование по наиболее неблагоприятным сценариям. Моделирование выполнено при предположении, что произошла сработка торфяно-болотных почв, подстилаемых песком на 30% площади водосбора, для вариантов 3 (увеличение годовых атмосферных осадков на 10% при неизменной температуре воздуха) и 6 (увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10% и уменьшение средней годовой температуры воздуха на 2°C). Для варианта 7 (уменьшение годовых атмосферных осадков на 10% и увеличение годовой температуры на 2°C) имеет место разнонаправленное влияние рассматриваемых факторов, что компенсирует их воздействие, и значимой трансформации стока при этом сценарии не произойдет.

Если торфяно-болотные почвы, подстилаемые песком, занимают 30% площади водосбора, то для варианта 3 изменения климата сток в целом за год увеличится на 30%, для варианта 6 – на 46%. Результаты численного эксперимента совместного воздействия природных и антропогенных факторов на режим речного стока в течение года приведены в табл. 3. Для

Таблица 2. Изменение стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного для различных сценариев изменения климата

Сценарий изменения климата	Месяцы												Год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
вариант 1	-5,7	-0,2	-1,1	-12,4	-18,9	-29,8	-19,5	-26,2	-19,7	-6,8	-1,7	-9,6	-10,2
вариант 2	8,2	1,8	0,4	13,3	25,0	48,0	27,4	39,6	29,3	7,3	1,1	11,3	12,9
вариант 3	17,5	9,0	16,9	23,0	23,6	44,6	35,6	49,0	42,2	19,0	17,0	28,7	23,1
вариант 4	-17,2	-9,5	-16,1	-21,4	-20,9	-34,3	-29,3	-36,2	-33,2	-17,5	-16,4	-25,8	-21,1
вариант 5	10,4	8,2	16,1	9,3	0,7	2,9	10,0	11,1	15,4	11,5	15,6	18,3	10,9
вариант 6	27,1	12,0	16,1	37,1	52,7	109,4	71,5	105,7	81,6	27,0	17,6	41,7	38,8
вариант 7	-22,0	-9,0	-18,4	-32,6	-36,7	-54,5	-43,3	-53,4	-46,9	-23,7	-18,1	-34,1	-29,9
вариант 8	-11,0	-8,9	-15,4	-9,5	0,0	-1,1	-9,0	-10,1	-12,8	-11,2	-14,8	-16,9	-10,2

Таблица 3. Изменение стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного для вариантов 3 и 6 изменения климата при сработке торфяно-болотных почв, подстилаемых песком на 30 % площади водосбора

Сценарий изменения климата	Месяцы												Год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
вариант 3	29,3	20,7	42,1	33,4	-1,0	16,6	23,3	53,4	44,7	28,5	35,0	36,5	29,8
вариант 6	37,2	23,0	41,4	48,7	25,2	72,4	60,2	110,0	82,6	37,3	36,5	48,3	46,0

варианта 3 изменения климата незначительное уменьшение стока воды за май вызвано существенным уменьшением стока при сработке торфяно-болотных почв.

Заключение

Для оценки трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов использован метод ГКР, реализованный в виде компьютерной программы «Баланс».

При оценке изменений водного режима, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв с различных подстилающих поверхностей в зависимости от занимаемой ими площади, установлено, что наибольшей трансформации стока подвергнутся бассейны, на которых произойдет сработка торфа, подстилаемого песком, на 30 % всей площади водосбора. Причем, среднее годовое значение стока воды изменится незначительно, но произойдет существенное внутригодовое перераспределение стока.

Результаты численного эксперимента по моделированию стока воды рек в условиях изменяющегося климата показали, что годовые значения речного стока изменятся на 10-20 %, а для наиболее экстремальных вариантов – на 30-40 %. При совместном воздействии природных и антропогенных факторов трансформация стока еще больше усилится, а в отдельные месяцы года сток может измениться более чем в 2 раза.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о трансформации водного режима малых рек Белорусского

Полесья, что требует разработки компенсационных мероприятий для поддержания речных экосистем в равновесном состоянии.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
2. Мезенцев В.С., Белоненко Г.В., Карнацевич И.В., Лоскутов В.В. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Ч. I. – Омск, 1980 – 80 с.
3. Волчек А. А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии)// Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Т.5. – Ч.2 «Основные гидрологические характеристики». – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 720 с.
5. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
6. Изменение климата Беларуси и их последствия / В.Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В.С. Микуцкий, В.И. Мельник, В.В. Коляда; Под общ. ред. В.Ф. Логинова; Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Мн.: ОДО «Тонпик», 2003. – 330 с.

Статья поступила в редакцию 20.03.2007

УДК 620.9

Северянин В.С., Тимошук А.Л.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Введение

Энергетика является основой мирового экономического

прогресса и непосредственно влияет на благополучие человечества. Надежное обеспечение современного общества раз-

Северянин Виталий Степанович, профессор, д.т.н., профессор каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.

Тимошук Александр Леонидович, к.т.н., старший преподаватель каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, г. Брест, ул. Московская, 267.