

Таблица 4. Основные статистические параметры максимального стока Припяти

Период	$n$	Тип атмосферной циркуляции	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\sigma_w$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$r(1)$
1877–1890	14	С	2470	1940	0,17	0,81
1891–1928	38	W	1610	962	-0,11	0,60
1929–1939	11	Е	1890	1214	0,08	0,68
1940–1948	9	С	1830	1128	0,53	0,66
1949–1964	16	Е+С	1440	1009	-0,18	0,73
1965–1988	24	Е	1630	772	0,18	0,63
1989–2000	12	W	1020	788	0,06	0,84

Как видно из табл. 3, крайние значения  $r(1)$  для 30-летнего осреднения составили 0,18 и -0,18, а для 20-летнего – 0,19 и -0,36 соответственно. Эти различия в оценках параметра могут свидетельствовать в пользу применения гипотезы о нестационарности рассматриваемого временного ряда стока р. Припять – г. Мозырь. Проверка гипотезы об однородности среднего и дисперсии 30-летних и 20-летних отрезков ряда показала, что при доверительной вероятности 5 % расхождения в оценках  $r(1)$  и дисперсии может быть признано статистически достоверным. Статистически различимыми являются крайние значения  $Q^{(30)}$  (1920 и 1260 м<sup>3</sup>/с) и  $Q^{(20)}$  (2340 и 1030 м<sup>3</sup>/с). При изучении закономерностей многолетних колебаний речного стока несомненный интерес представляет совместный анализ динамики стока и обобщенных характеристик атмосферы. В качестве последних обычно используется классификация Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса, основанная на трех формах циркуляции  $W$  (западной),  $E$  (восточной),  $C$  (меридиональной) [6]. Подробно этот вопрос для метеорологических рядов рассмотрен в монографии В.Ф. Логинова [7], где приведен их полный анализ. Поэтому в настоящей работе остановимся вкратце на связи максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь с типом атмосферной циркуляции. Проверка на статистическую значимость крайних значений  $r(1)$  в табл. 4 показала их недостоверность при 5 %-ом уровне значимости, в то время как средние значения расходов воды за периоды 1877 – 1890 гг. (2470 м<sup>3</sup>/с) и 1989 – 2000 гг. (1020 м<sup>3</sup>/с) являются статистически различимыми.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь, вызванное частыми зимними оттепелями, в результате чего часть его переходит в минимальный зимний сток. Также была установлена стационарность рассматриваемого временного ряда максимального стока.

Проведенная оценка степени однородности основных статистических характеристик максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь более чем за 100-летний период позволяет сделать вывод о наличии статисти-

чески значимых изменений в динамике максимального стока, обусловленного как естественно-климатическими, так и антропогенными изменениями гидрологического цикла. Стационарность процесса многолетних колебаний максимального стока Припяти можно отмечать лишь на отдельных отрезках временного ряда. При анализе закономерностей многолетних колебаний максимального стока рек использование методов теории случайных процессов должно сочетаться с анализом генезиса рассматриваемого процесса и определяющих его природно-хозяйственных факторов, прежде всего климатических.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авакян А.Б. Наводнения. Концепция защиты // Известия АН РФ. Серия географическая. 2000. – № 5. – С. 40 – 46.
2. Волчек А. А., Лукша В. В., Волчек Ан. А. Пространственная структура изменения весеннего половодья рек Беларуси // Экологические проблемы природно-технических комплексов: тез. докл. I международного экологического симпозиума в городе Полоцке. В 2-х томах. Том 1. – Полоцк: УО «ПГУ», 2004. – С. 59.
3. Волчек Ан.А. Колебания максимальных расходов воды весеннего половодья на Немане // Природные асыроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: Матэрыялы міжнар. навук. канф., Брэст, 16 – 18 чэрв. 2004 г. У 2 ч. – Ч. 2. – Брэст: Изд-во Академия, 2004. – С. 496 – 501.
4. Дрозд В.В., Ревера О.З. Река Припять. – Минск: Изд-во «Университетское», 1988. – 77 с.
5. Волчек А.А. Автоматизация гидрологических расчетов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды: Труды международной научно-практической конференции по проблемам водохозяйственного, промышленного и гражданского строительства и экономико-социальных преобразований в условиях рыночных отношений / Брест. политехн. институт. – Биберах – Брест – Ноттингем, 1998. – С. 55-59.
6. Исмаилов Г.Х., Федоров В.М. Анализ многолетних колебаний годового стока Волги // Вод. ресурсы. 2001. – Т. 28. – №5. – С. 517 – 525.
7. Логинов В.Ф. Причины и следствия климатических изменений. – Мн.: Наука і тэхніка, 1992. – 319 с.

УДК 551.48(476)

**Волчек А.А., Калинин М.Ю., Гертман Л.Н., Чекан Г.С.**

## ПРОГНОЗАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БЕЛАРУСИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

Водные ресурсы обладают высокой чувствительностью к колебаниям климата, поэтому в условиях прогнозируемого

изменяющегося климата требуется заблаговременная подготовка к возможным негативным последствиям. Прогнозируе-

*Калинин Михаил Юрьевич, д.т.н., директор Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов.*

*Гертман Любовь Николаевна, младший научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов.*

*Беларусь, ЦНИИКИВР, 220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, кор. 2.*

*Чекан Григорий Степанович, начальник отдела гидрологии и государственного водного кадастра, Республиканского гидрометцентра.*

*Беларусь, Республиканский гидрометцентр, 220023, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 110.*

мое потепление климата вызовет как очередную негативную реакцию водных экосистем в целом, так и отдельных их частей, особенно это скажется на поймах рек – наиболее чувствительных ландшафтах.

Прогноз изменения водных ресурсов Республики Беларусь свидетельствует о необходимости заблаговременной подготовки к возможным неблагоприятным последствиям изменения климата. С водохозяйственных позиций наиболее существенным является учет возможной трансформации гидрографов маловодных лет, особенно если весь объем прогнозируемого уменьшения годового стока будет приходиться на период летне-осенней межени. Негативные последствия такой ситуации для водного хозяйства таковы [1, 2]:

- уменьшение фактической расчетной обеспеченности хозяйственных объектов, использующих поверхностные воды;
- падение минимальных уровней воды в реках и соответствующее осложнение для работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта и рекреации;
- понижение уровней подземных вод, особенно в приречных зонах;
- ухудшение качества речных вод, обусловленное пониженной степенью разбавления сточных вод и других источников загрязнения;
- трансформация гидробиологического режима рек, вызванная изменением уровня и скоростного режима реки, повышением температуры воздуха, и как следствие, ухудшение кислородного режима, снижение интенсивности процесса самоочищения.

При изменении климата наибольший риск связан с наводнениями. Анализ данных о наводнениях 1845 и 1931 годов показывает, что на территории республики возможно формирование в будущем и более катастрофических паводков и половодий. Такая ситуация возможна при усилении антропогенной нагрузки на водосборе, выражающейся с гидрологической точки зрения в существенном изменении условий формирования стока. Постоянное повышение хозяйственной ценности пойменных территорий, рост урожайности сельскохозяйственных культур, развитие населенных пунктов, транспортных коммуникаций способствуют росту среднесезонных ущербов от наводнений. Кроме того, возможны постоянные потери в связи с тем, что из интенсивного хозяйственного использования (из-за высокой вероятности затопления) фактически вообще выпадают потенциально высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья. Несмотря на то, что для территории Республики Беларусь проблема наводнений в рамках рассматриваемого вопроса является самой актуальной в связи с огромными материальными потерями, строгого учета ущерба от наводнений не проводилось. Такое положение приводило к тому, что зачастую ущерб от наводнений был занижен, и в связи с этим в последующем недостаточно внимания уделялось противопаводковым мероприятиям.

Все действующие ГЭС Беларуси относятся к категории «малых». Их гарантированная мощность определяется по водному стоку декабря месяца в маловодном году. Гарантированная мощность проектируемой Полоцкой ГЭС, относящейся к категории «средних», принята по условиям 80 – 85% обеспеченности стока. Для оценки влияния климатических факторов на работу ГЭС требуется проведение специальных исследований. Однако необходимо отметить, что гидроузлы малых ГЭС имеют в своем составе небольшие водохранилища суточного регулирования, подверженные природным и антропогенным воздействиям в значительной степени. Так, например, увеличение среднемесячных значений температуры поверхностного слоя воды на акватории оз. Дрисвяты после пуска Игналинской АЭС, составившее 1 – 4°C, в периоды 1984, 1985 и 1986 гг. привело вследствие дополнительного испарения к соответствующим потерям выработки электроэнергии 70, 90 и 190 тыс. кВт ч на ГЭС «Дружба Народов» и 110, 130, 280 тыс. кВт ч на Богинской ГЭС. Имеются также определенные затруднения в эксплуатации ГЭС в зимний период в связи с неблагоприятными ледовыми условиями на

реках и водохранилищах в отдельные годы. Однако зимнее потепление в последние десятилетия приводит к улучшению ледовой обстановки на реках.

Водные ресурсы не являются стабильными. Под воздействием климатических факторов водоносность рек испытывает колебания как внутри года, так и по годам. В Беларуси наблюдается неравномерное распределение местного речного стока внутри года. За весенний период по рекам протекает в среднем 42 – 62 % годового объема стока. На каждый же из 9 месяцев летнего и осенне-зимнего периодов приходится в среднем примерно по 4 – 6 % годового стока. В маловодные годы (обеспеченностью 75 %) ресурсы местного стока составляют 0,85 своей средней многолетней величины, а в очень маловодные снижаются до 0,67. В отдельные летние и зимние месяцы местный сток может снижаться до минимальных значений, не превышающих в среднемаловодные годы 3 % годового объема в месяц, а в остромаловодные – несколько более 2 %. Это отражается на уровнях воды и работе водного транспорта, обеспечивающего перевозку грузов и пассажиров по рекам Припять, Днепр, Березина и Днепро-Бугскому каналу. В последние годы большое влияние на условия работы водного транспорта оказывают климатические факторы. При жарком лете устанавливаются низкие уровни, при которых перевозка грузов не рентабельна. В целях уменьшения влияния климатического фактора на водный транспорт необходимы мероприятия, которые позволят осуществлять проводку судов при низких уровнях воды и свяжут Беларусь с Черным и Балтийским морями.

Особенностью состояния водных ресурсов Беларуси является их загрязненность радионуклидами. Основная часть радиоактивных выпадений от аварии 1986 г. на Чернобыльской АЭС поступила на водосборы Днепра, Припяти и их притоков. Именно эти территории стали, и долгие годы будут оставаться, потенциальными источниками формирования стока радионуклидов в Днепро-Сожскую речную систему. В настоящее время и на ближайшие десятилетия основной вклад в радиоактивное загрязнение поверхностных вод вносят, и будут вносить,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Данные радиационного мониторинга свидетельствуют, что радиационная обстановка на реках Днепро-Сожского и Припятского бассейнов стабилизировалась, среднегодовые концентрации  $^{137}\text{Cs}$  за наблюдаемый период 1987 – 2000 гг. в воде больших и средних рек значительно снизились. Превышений Республиканских допустимых уровней (РДУ-99) в питьевой воде, нормируемых для  $^{137}\text{Cs}$  – 10 Бк/дм<sup>3</sup>, для  $^{90}\text{Sr}$  – 0,37 Бк/дм<sup>3</sup> в поверхностных водах рек не наблюдается, однако при потеплении климата и снижении уровней в реках и озерах произойдет увеличение концентраций радионуклидов.

При росте «термической нагрузки» на реки и водоемы можно ожидать ускорения процессов эвтрофирования. Смещение в видовом составе фитопланктона к видам (группам) с более высоким температурным оптимумом (например, цианобактериям), значительно повышает риск при использовании поверхностных вод для питьевых целей.

Потепление скажется на рыбных запасах. Равномерное повышение температуры воды приведет к потере веса рыб и вызовет летальный исход отдельных особей. Следует ожидать нарушение жизненных циклов рыб, выпадение из ихтиофауны рыб-стенобионтов, изменение видового разнообразия, численности и биомассы рыб.

Расчеты показывают, что если температура воздуха к 2025 г. вырастет на 1,5°C, то это приведет к снижению уровня грунтовых вод (УГВ) примерно на 0,03 – 0,04 м. В результате – на всей территории республики ухудшатся условия водообеспеченности сельского и лесного хозяйства: изменятся почвенно-грунтовые условия произрастания сельскохозяйственных культур и древостоев. Вследствие снижения уровня грунтовых вод и повышения интенсивности испарения с поверхности болот и их водосборных территорий будет происходить активное зарастание болот, увеличится вероятность лесных пожаров и пожаров на осушенных торфяниках.

Одной из самых уязвимых отраслей экономики, на которой будет в будущем сказываться воздействие потепления климата, является сельское хозяйство, напрямую связанное степенью увлажнения территории и водообеспечением. Потепление климата может вызвать отрицательные последствия: значительно ухудшить условия увлажнения почв, увеличить испаряемость, уменьшить поступление влаги на поля, а также увеличить вегетационный период. Все эти обстоятельства приведут к необходимости развития нерегулярного, подвижного орошения. На мелиоративных землях это повлечет снижение среднесезонного водорегулирующего эффекта оросительных мелиораций. Могут также уменьшиться ресурсы воды в источниках, которые используются для принудительной подачи влаги на поля. Следовательно, для водообеспечения оросительных и осушительно-увлажнительных систем, необходимы будут мероприятия по регулированию стока, подаче воды извне, повторному использованию дренажных вод.

Увеличение повторяемости и продолжительности засухливых периодов приведет к падению уровня в реках, озерах и водохранилищах, а, следовательно, ухудшит качество этих вод. В связи с этим потребуются улучшенная очистка сбрасываемых в эти источники сточных вод, вынос из водоохраных зон всех источников загрязнения.

Для смягчения негативных последствий изменения водных ресурсов необходима разработка противопаводковых мероприятий в первую очередь в Полесье, с учетом особенностей формирования речного стока на территории Украины, а в связи с этим – создание надежного гидрометеорологического мониторинга, широкое использование радиолокационной и спутниковой информации для оценки характеристик снежного покрова и планирования водохозяйственных мероприятий. Оценка режима формирования стока показала, что изменение климата приведет к увеличению изменчивости стока, увеличению повторяемости числа экстремальных явлений (засух, интенсивных паводков). Наиболее эффективной мерой борьбы с эрозионными водными потоками является планомерная лесомелиоративная деятельность в бассейнах рек.

Определенное внимание целесообразно уделить возможности строительства подземных водохранилищ в отдельных районах страны, которые позволяют регулировать водный режим в соответствии с требованиями потребителей воды, то есть решать проблему водообеспечения – повышения гарантированной водности источника.

Осуществление мероприятий по водообеспечению требует продолжительного времени. Проектирование, строительство и ввод сооружений в эксплуатацию занимает до 10 – 15 лет.

УДК 556.53:504.064.36

**Калинин М.Ю., Станкевич А.П., Волчек А.А.,  
Бамбалов Н.Н., Ободовский А.Г., Васенко А.Г.**

## ПРОБЛЕМЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА Р. ПРИПЯТЬ

Вопросы управления, использования и охраны водных ресурсов, особенно ресурсов пресных вод суши занимают особое место среди современных экологических проблем. Многие бассейны рек находятся в границах не одного, а нескольких государств. В мире насчитывается 263 международных

Крупные водохозяйственные мероприятия должны планироваться с заблаговременностью порядка 25 лет, а ввод их в эксплуатацию должен опережать потребности в воде на 10 – 15 лет.

Нынешнее использование ресурсов речных и подземных вод, а также вероятная аридизация климата требует планируемой адаптации. В связи с этим, стратегия реорганизации водного хозяйства должна включать:

- перестройку и переориентацию стратегии развития хозяйства на эффективное использование имеющихся водных ресурсов;
- широкое внедрение водосберегающих технологий в водопотребляющих отраслях промышленности, сельском и коммунально-бытовом хозяйстве;
- преобразование гидромелиоративных систем в технически совершенные с оптимальным расходом воды на производство продукции;
- переход на безотходную систему использования водных ресурсов;
- возможное искусственное пополнение запасов подземных вод.

В условиях изменяющегося климата для разработки мер адаптации необходима единая система информационного обмена для оценки водных ресурсов всего региона и отдельных государств. При создании такой системы предполагается содействие различных международных организаций, таких как ВМО, ПРООН и других.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гриневич А. Г., Плужников В. Н. Оценка влияния возможного глобального потепления на водные ресурсы и водное хозяйство// Природные ресурсы.– 1997. – №2.– С. 49 – 54.
2. Первое национальное сообщение в соответствии с обязательствами Республики Беларусь по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Мн.: «Юнипол», 2003. – 280 с.
3. Калинин М. Ю., Волчек А. А., Трансформация водных ресурсов Беларуси/ Тез. докл. Экологические проблемы природно-технических комплексов/ 1 Международный экологический симпозиум. г. Полоцк. - 2004. Т.1. - С. 42
4. Волчек А. А., Калинин М. Ю. Влияние изменения климата на водные ресурсы Беларуси Тез. докл. Шестой международной конференции ВОДА: ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ. – Москва: ЭКВАТЭК – 2004, Ч.1. - С. 16.

*Станкевич Александр Петрович, заведующий лабораторией Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов.*

*Беларусь, ЦНИИКИВР, 220086, г. Минск, ул. Славинского, 1, кор. 2.*

*Бамбалов Николай Николаевич, д.с.-х.н., академик НАН Беларуси, заведующий лабораторией Института проблем использования природных ресурсов и экологии Национальной академии наук Беларуси.*

*Беларусь, ИПИПРиЭ, 220114, г. Минск, Староборисовский тракт, 10.*

*Ободовский Александр Григорьевич, д.г.н., профессор Киевского государственного университета.*

*Украина, КГУ, 03022, г. Киев, ул. Васильковская, 90.*

*Васенко Александр Григорьевич, к.г.н., заместитель директора Украинского научно-исследовательского института экологических проблем.*

*Украина, УкрНИИЭП, 455009, г. Харьков, ул. Бакулина, 6.*