

Очень редко оборудуются подходы к родникам, что ведет к ускорению эрозионных процессов на склонах. Доступ к ним на заболоченной местности часто затруднен. Немногие из родников имеют ограждение и приспособления для отбора воды, хотя такой элемент обустройства необходим в населенных местах для их сохранения.

Обладая несомненными уникальными качествами, родники до настоящего времени изучены недостаточно и используются не в должной мере. Кроме того, в силу различных причин, одной из которых является непрофессиональный каптаж, значительное количество родников в настоящее время быстро деградирует. В этой связи остро встает вопрос об изучении и составлении государственного кадастра, а также о принятии научно-обоснованных мер по восстановлению и охране родников, в противном случае большинство источников качественной уникальной воды будет утеряно безвозвратно.

Особое внимание при охране необходимо уделить малым родникам, как наиболее уязвимым, но тем не менее обеспечивающим водой места обитания редким видам животных и растений.

Вокруг родников и родниковых ручьев необходимо выделять прибрежные полосы и водоохранные зоны, в которых установить жесткие ограничения хозяйственной деятельности. Кроме того, необходимо законодательно запретить действия, приводящие к изменению естественного состояния родников, находящихся вне населенных пунктов. Речь идет о непрофессиональном подходе к каптажу и обустройству родников, которые вызывают негативные последствия функционирования. Работы по оборудованию родников необходимо проводить специалистам и по специально разработанным проектам. Необходимо также организовать систему постоянного мониторинга состояния родников, охватывающего всю территорию области, выделить ряд уникальных родников, находящихся в различных аграрно-географических регионах, экологические системы которых отличаются стабильностью и могут рассматриваться как эталонные при оценке воздействия антропогенных факторов. В перспективе уникальные родники могут рассматриваться не только как национальное достояние, но и как потенциальные объекты на включение их в Мировой список природного наследия ЮНЕСКО.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А.А. Водные ресурсы Брестской области / А.А. Волчек, М.Ю. Калинин – Минск: Изд. центр БГУ, 2002. – 440 с.

УДК 556.535.2/8(476.7)

*Дашкевич Д.Н.*

*Научный руководитель: проф. Волчек А.А.*

#### ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК БЕЛАРУСИ ДО 2020 Г. (НА ПРИМЕРЕ Р. ЯСЕЛЬДА)

В последнее пятидесятилетие существенно изменилась внутригодовая структура атмосферных осадков, их месячные значения (в апреле-мае и, особенно, в августе) понизились примерно на 20 процентов. Повторяемость засух во второй половине лета в южных районах страны возросла почти в два раза, изменился водный баланс водосборов. Своевременная количественная оценка воздействий факторов изменяющегося климата на водные экосистемы необходимы для разработки предупредительных мер, адаптации водохозяйственного комплекса к природным аномалиям, снижения ущербов и затрат. Водные ресурсы, являясь одним из ключевых элементов устойчивого развития государства,

имеют определяющее значение для его социальных, экономических и экологических аспектов. Основным источником водных ресурсов Беларуси являются, безусловно, средние и крупные реки, вдоль которых концентрируется население и промышленность. Однако водные ресурсы малых рек, рассредоточенные по территории и доступные для повсеместного использования, в ряде регионов являются основным или единственным источником воды. Ресурсы поверхностных вод включают речной сток и запасы воды в водоемах.

Экосистемный и бассейновый подход к исследованиям естественного водного и теплового режимов позволяет выполнить комплексный анализ причин и пространственно-временных закономерностей распространения неблагоприятных гидрологических явлений и процессов на водосборах.

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 гидроэкологическом состоянии. Кроме того, воздействия антропогенных факторов на водный режим рек имеют как разнонаправленный характер, что компенсирует влияние, так и односторонний, что, в свою очередь, усиливает трансформацию водного режима.

Учитывая важность оценок, направленность и степень изменений параметров стока, гидрологического режима рек Беларуси вообще и рек Белорусского Полесья в частности, 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.

Целью настоящего исследования является оценка изменений водного режима рек, вызванных современными изменениями климата.

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

### **Используемые материалы и методика исследований**

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

Нами в расчетах был использован временной период наблюдений 1985–2009 гг., который отмечается интенсивным потеплением климата. С помощью линейного тренда продлены до 2019 года прогнозные значения осадков, испарения и дефицитов насыщения воздуха. На рисунке 1 представлена карта прогнозных значений годовых осадков на территории Беларуси в 2019 году.

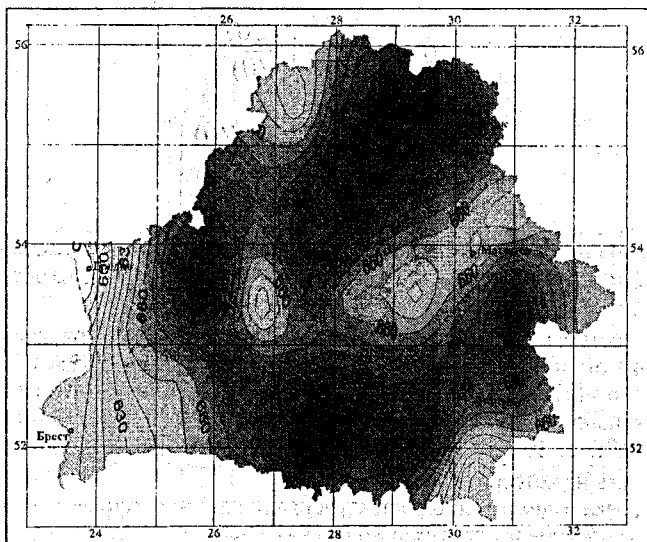


Рисунок 1 – Карта распределения прогнозных значений годовых осадков в 2019 г., мм

Воднобалансовые исследования речных водосборов выполнены с использованием метода гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенного 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:

$$H(l) = Z(l) + Y_k(l) \pm \Delta W(l), \quad (1)$$

где  $H(l)$  – суммарные ресурсы увлажнения, мм;  $Z(l)$  – суммарное испарение, мм;  $Y_k(l)$  – суммарный климатический сток, мм;  $\Delta W(l)$  – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм;  $l$  – интервал осреднения.

Суммарное испарение находится по формуле:

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

где  $Z_m(l)$  – максимально возможное суммарное испарение, мм;  $W_{HB}$  – наименьшая влагоемкость почвы, мм;  $V(l) = \frac{W(l)}{W_{HB}}$  – относительная влажность почвогрунтов на начало расчетного периода;  $KX(l)$  – сумма измеренных атмосферных осадков, мм;  $g(l)$  – грунтовая составляющая водного баланса, мм;  $r(l)$  – параметр, зависящий от водно-физических свойств и механического состава почвогрунтов;  $n(l)$  – параметр, учитывающий физико-географические условия стока.

Относительная влажность почвы на конце расчетного периода определяется из соотношений:

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

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

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

$$H_p(I) = KX(I) + W_{HB}(V(I) - V(I+1)). \quad (5)$$

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 ГРП достигается уже на четвертом шаге расчета.

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

$$Y_p(I) = k(I) \cdot Y_k(I), \quad (6)$$

где  $Y_p(I)$  – суммарный русловой сток, мм;

$k(I)$  – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора.

Метод ГРП реализован нами 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 реки. 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  $r$  изменяется в пределах 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.

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 среднеегодового стока и его внутригодового распределения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение стока р. Ясельда – г. Береза

	Месяцы												Год
	январь	февраль	Март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
Сток в 2009 г., мм	5,72	7,54	23,4	27,1	6,76	6,09	4,85	1,97	1,87	7,66	8,17	8,32	109
Сток в 2019 г., мм	5,96	7,64	24,2	22,8	7,15	6,45	4,82	4,16	0,79	6,24	8,6	8,74	107
Изменение стока в 2019 г. в % от стока 2009 г.	4,2	1,3	3,4	-15,8	5,8	5,9	-0,6	111,2	-57,4	-18,5	5,2	5,0	-1,8

Результаты численного эксперимента по моделированию стока воды реки Ясельда в условиях изменяющегося климата показали, что годовое значения речного стока существенно не изменится. Внутригодовое изменение стока колеблется по модулю от 1,3% до 111,2. Существенное изменение стока наблюдается в период с августа по октябрь.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Мезенцев, В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – 168 с.
- Мезенцев, В.С. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях / В.С. Мезенцев [и др.]. – Омск, 1980 – Ч. 1. – 80 с.
- Волчек, А.А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А.А. Волчек // Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Л.: Гидрометеоздат, 1966. – Т. 5. – Ч. 2: Основные гидрологические характеристики – 720 с.

удк 628.316

**Касперович А.В.**

*Научный руководитель: ассистент Наумчик Г.О.*

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ФЛОККУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ОЗОНА ПРИ УДАЛЕНИИ ТРУДНОСЕДАЕМЫХ ЧАСТИЦ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ДРУГИМИ РЕАГЕНТАМИ

##### Введение

Актуальность: дренажные воды от водопонижения карьера имеют очень высокую мутность и при сбросе их в реку Рита, многократно увеличивается мутность реки, что является угрозой для жизни рыб.

Новизна: тема зарегистрирована в БелНИИСА как научная. Для решения проблемы в данном исследовании использовались нестандартные реагенты. Внедрение: на основе полученных исследований примутся рекомендации, на основе которых будут проектироваться и строиться очистные сооружения для очистки дренажных вод карьера.

Месторождение строительных материалов "Хотиславское" расположено в Брестской области, в долине одного из левых притоков р. Рита, и находится южнее г. п. Малорита.