

6. Buber A.L., Bondarik I.G., Buber A.A. Development of approaches to the management of water resources of the Lower Kuban to meet the needs of water users in low-water years† Irrigation and drainage. 2020. Vol. 69. No. 1. pp. 3-10.
7. A program for visualizing the multidimensional Pareto boundary in non-convex multicriteria optimization problems (PFV-II) Berezkin V.E., Kamenev G.K., Lotov A.V. Certificate of registration of the computer program RU 2019664809, 13.11.2019. Application No. 2019663894 dated 29.10.2019.
8. Lotov A.V., Riabikov A.I., Buber A.L. A multi-criteria decision-making procedure with an inherited set of starting points of local optimization of the scalarizing functions / Scientific and Technical Information Processing. 2019. Т. 46. № 5. С. 328-336.

УДК 556.18.167:504.058

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛЕСЬЯ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

¹Волчек А.А., ¹Мешик О.П., ²Мажайский Ю.А.

¹ УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь;

² ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Мещерский филиал, г. Рязань, Россия

Аннотация. В работе анализируется современное состояние водных ресурсов Полесья. Рассматриваются водные проблемы и связанные с ними экологические риски.

Ключевые слова: водные ресурсы, экологические риски, наводнения, маловодия, гидрохимические показатели, антропогенная деятельность, изменения

CHARACTERISTICS OF POLESIE'S WATER RESOURCES AND THE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS

¹Volchak A.A., ¹Meshyk A.P., ²Mazhayskiy Yu.A.

¹Brest State Technical University, Brest, Republic Belarus;

²All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Meshchersky branch, Ryazan, Russia

Abstract. This study analyses a current state of water resources in Polesie. The authors investigate water problems and the related environmental risks.

Keywords: water resources, environmental risks, flooding, low water level, hydrochemical parameters, anthropogenic activity, changes

Общая характеристика речной сети

Реки Полесья принадлежат к равнинному типу с преобладанием элементов снегового питания. Припять, главная река Полесья, является средней по Европейским масштабам рекой черноморского бассейна, ее длина – 761 км, площадь водосбора – 173,7 тыс. км². Русло в истоке канализированное, на остальном протяжении извилистое, изобилует заливами и примыкающими

староречьями. Большинство притоков полностью или частично канализированы. Наиболее крупными притоками Припяти являются рр. Ясельда, Лань, Случь, Птичь, Пина, Бобрик, Цна, Иппа, Стоход, Горынь, Ствига, Уборть. Трансграничная река Западный Буг представляет собой левый приток р. Нарев, и относится к бассейну Балтийского моря. Длина реки составляет 772 км, а площадь водосбора – 39,4 тыс. км². Основные притоки – рр. Копаяовка, Мухавец, Лесная, Пульва. Правые притоки р. Западный Буг в результате мелиоративного освоения земель практически все канализированы. Река Мухавец является одним из участков Днепровско-Бугской водной системы.

Ресурсы поверхностных вод

Годовой ход уровней воды рек Полесья характеризуется сравнительно невысоким и растянутым весенним половодьем, низкой летней меженью, нарушаемой периодически дождевыми паводками, и более повышенной осенней и зимней меженью за счет дождей и снеготаяния, результатом которых являются зимние паводки, в отдельные годы, превышающие весеннее половодье [1]. Среднегодовой расход р. Припять в устье составляет 450 м³/с. На долю весеннего стока приходится около 61%, летне-осеннего – 23%, зимнего – 16% годового стока. Среднегодовой расход воды р. Западный Буг составляет 127 м³/с, в т.ч. доля весеннего половодья – 30-35%, летне-осеннего – 40-50% годового стока. Подъем воды над меженным уровнем доходит до 2-4,5 м. Количественная характеристика модулей стока рек Полесья различных обеспеченностей представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Модули стока (μ, л/(с·км²)) рек Полесья различной обеспеченности

Вид стока	Коэффициенты изменчивости	μ _{ср}	μ _{p=1%}	μ _{p=5%}	μ _{p=95%}	μ _{p=99%}
Годовой	0,32	3,85	7,17	5,97	2,22	1,77
Максимальный весеннего половодья	0,89	18,12	73,4	44,3	5,06	3,40
Минимальный летне-осенний	0,51	1,53	4,23	2,98	0,68	0,52
Минимальный зимний	0,76	1,48	5,37	3,31	0,52	0,39

В долине Припяти насчитывается более 1100 озер, являющихся оптимальной средой обитания и развития водной и околородной флоры и фауны. Также на территории Белорусского Полесья создано 363 пруда и 66 водохранилищ общей площадью водного зеркала в бассейне р. Припять 224,5 км² и р. Западный Буг 41,1 км² при общем объеме 650,7 и 66,4 млн м³ соответственно.

Экологические риски

В настоящее время проблема воды является вызовом для человечества, т. к. состояние и развитие биосферы и общества, находятся в тесной взаимосвязи с состоянием водных ресурсов [6]. Водные проблемы возникают в ряде случаев из-за отсутствия или недостаточности воды, при неудовлетворительном ее качестве, несоответствии водного режима оптимальному функционированию экосистем и хозяйственных объектов, а также при избыточном

увлажнении и наводнениях. В глобальном аспекте первые три проблемы обострились в XX веке, а четвертая известна человечеству с древнейших времен. Все это характерно и для Полесья.

Наводнения

На реках Полесья половодье начинается обычно в первой половине марта, но в отдельные годы может смещаться на февраль или апрель. Среднегодовое продолжительность затопления поймы р. Припять составляет 80-110 дней, иногда 150-180 дней. Ширина весеннего разлива изменяется от 5 до 15 км, наибольшая в районе г. Пинска и может достигать 30 км. Глубина затопления преимущественно 0,3-0,8 м, бывает 2-2,5 м [1]. Катастрофическое половодье на Припяти отмечено в 1845 г. и его, вероятно, можно отнести к группе предельно возможных в нашу климатическую эпоху. Оно является уникальным гидрологическим явлением весьма редкой повторяемости. Максимальный уровень превышал нуль графика современного гидропоста у г. Мозырь на 675 см, а расход воды оценивался в 11000 м³/с. Последнее значительное половодье было в 1999 г. В таблице 2 приведены расходы воды 10 наиболее значительных половодий на Припяти и их обеспеченности.

Таблица 2 – Максимальные расходы воды (Q) весеннего половодья и обеспеченность (P) р. Припять – г. Мозырь

Годы	1845	1877	1895	1888	1889	1940	1979	1932	1970	1958
Q, м ³ /с	11000	7500	5670	5100	4700	4520	4310	4220	4140	4010
P, %	0,8	1,6	2,3	3,1	3,9	4,7	5,4	6,2	7,0	7,6

Паводочные подъемы уровней, в отличие от половодий, возникают нерегулярно, и по величине максимального расхода и слою стока паводки, как правило, значительно меньше максимумов половодья. Однако дождевые паводки 1952, 1960, 1974, 1993, 1998 гг. на многих водотоках и створах самой Припяти превысили половодье и нанесли значительный ущерб экономике.

Маловодия

Минимальные уровни и сток воды рек Полесья в летний период наблюдаются при высоких среднесуточных температурах воздуха и при продолжительных периодах отсутствия осадков; в зимний период – при низких температурах. В Полесье в засушливые годы (1939, 1951, 1952 гг. и др.) наблюдалось пересыхание водотоков с площадями водосборов даже свыше 1000 км². Промерзание наблюдается лишь на малых реках и на короткое время. Наиболее маловодный период летне-осенней межени в основном соответствует июлю-августу, реже – сентябрю. Его продолжительность для Припяти составляет 85-90 дней, а для притоков до 130 дней. Зимняя межень, как правило, устанавливается в конце декабря. Наиболее ранние даты наступления межени приходятся на конец октября – начало ноября, а наиболее поздние – на январь, окончание – с началом весеннего половодья. В пределах Полесья нулевой сток отмечен на 17 водотоках с площадями водосборов 11-1280 км². Средняя продолжительность одного случая нулевого стока может достигать летом 195 суток, зимой – 75-100 суток.

Качество поверхностных вод

Формирование состава поверхностных вод Полесья происходит при сложном взаимодействии ряда естественных и антропогенных факторов. К естественным факторам относят: заболоченность водосборов, климатические условия, геоморфологическое и геологическое строение территории, характер почв и растительного покрова. Антропогенное влияние оказывают промышленные предприятия, жилищно-коммунальное и сельское хозяйство. В таблице 3 приведен химический состав речных вод Полесья в летнюю межень до проявления значительного антропогенного воздействия, который, с отдельными допущениями, можно принять за естественный гидрохимический фон воды рек Полесья [7].

Таблица 3 – Фоновый химический состав речных вод Полесья, (мг/дм³)

Реки	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Fe _{общ}	Общ. минерализация
Гривда – г. Ивацевичи	53,5	7,4	2,2	190,4	8,5	2,4	0,05	0	0,5	264,4
Ведрич – с. Демехи	63,8	10,1	1,5	226,3	4,4	3,2	2,00	0,05 8	1,12	311,4
Лесная – с. Замосты	53,0	4,6	–	171,4	3,4	0,8	0	0,00 2	0,71	233,2
Припять – с. Коробы	73,7	3,0	0,5	233,7	3,7	1,4	0,07	0,00 1	0,48	316,1
Ясельда – г. Береза	44,5	5,7	–	139,1	2,1	0,9	0	0,00 5	2,12	192,3
Горынь – п. Горынь	70	9,9	5	243,4	15,7	6,5	0	0,00 2	0,38	350,5

Основным загрязнителем воды рек Полесья в 80-х годах прошлого столетия являлись нефтепродукты. Так в 1985 г. содержание нефтепродуктов в воде было очень высоким и превышало в 11-76 раз предельную допустимую концентрацию (ПДК). В последние годы в связи с сокращением грузооборота речным транспортом антропогенная нагрузка заметно снизилась, что, в свою очередь, привело к снижению нагрузки на поверхностные воды по нефтепродуктам. В настоящее время их концентрация не превышает ПДК (ПДК_{х.-п.} = 0,3; ПДК_{рыб.} = 0,053 мг/дм³). Так в 2020 г. среднегодовая концентрация загрязнения нефтепродуктами в бассейне р. Западный Буг составила 0,019 мг/дм³, а в бассейне р. Припять – 0,022 мг/дм³. Для рек Полесья типично загрязнение, связанное с присутствием органических веществ (по БПК₅) – 2,78-2,8 мг/дм³, аммоний-иона – 0,15-0,17 мг/дм³, нитрит-иона – 0,015-0,021 мг/дм³, фосфат-иона – 0,059-0,1 мг/дм³, фосфора общего – 0,09-0,155 мг/дм³, СПАВ – 0,021-0,037 мг/дм³. Традиционно в поверхностных природных водах Полесья наблюдается повышенное содержание железа. В 2020 г. максимальные концентрации железа в воде рек бассейна Западный Буг – 0,22-0,69 мг/дм³, Припяти – 0,67-0,72 мг/дм³ [5]. До 1986 г. концентрации ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в воде р. Припять составляли соответственно 0,0033-0,00185

и 0,00185-0,0066 Бк/дм³. В первые дни после Чернобыльской катастрофы суммарная бета-активность воды р. Припять в районе атомной электростанции превышала 3000 Бк/ дм³. В настоящее время наиболее высокое содержание ⁹⁰Sr (от 1,59 до 2,70 Бк/ дм³) наблюдается в водах рек, дренирующих территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения, а также в старицах Припяти на территории зоны отселения. Концентрации ¹³⁷Cs в воде значительно ниже допустимых значений по нормам радиационной безопасности.

Таким образом, хотя по бассейну р. Припять и имеются неблагоприятные в экологическом отношении участки, большинство рек Полесья относится к категории «чистых и умеренно загрязненных».

Трансформация гидрохимического режима воды рек

Под воздействием антропогенных факторов компоненты водных систем претерпели значительные изменения. Первые значимые изменения в гидрологическом и гидрохимическом режимах водных экосистем датируются концом 1960-х годов. В воде рек и озер практически повсеместно установлен рост концентраций ряда компонентов, достоверно превышающий их фоновые значения: хлоридов (в 2-9 раз), сульфатов (в 1,5-2 раза) и щелочных металлов (в 1,3-3 раза) [4]. На рисунке приведены градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде рек Полесья за последние 15 лет.

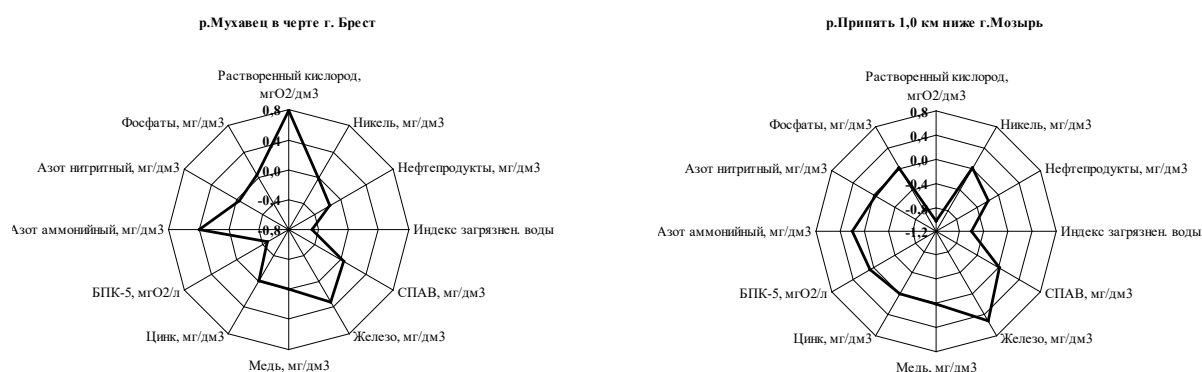


Рисунок – Градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде рек Полесья

Однако можно сказать, что наметились тенденции к уменьшению загрязнения рек Полесья, в то же время, по-прежнему качество поверхностных вод на отдельных участках рр. Ясельда, Березина, Западный Буг является неудовлетворительным.

Антропогенные воздействия на речной сток

Начиная с 50-х годов прошлого столетия, открылась дискуссия о влиянии мелиорации на речной сток. Основное воздействие на водный режим Припяти было оказано в период ширококомасштабных мелиораций, проведенных в Полесье. Было осушено 23% территории, общая протяженность открытой мелиоративной сети превысила 65000 км, существенно преобразовалась

гидрографическая сеть, в т. ч. произошло спрямление и углубление самой Припяти и ее основных притоков. Обвалование отдельных участков Припяти и строительство польдерных мелиоративных систем привело к тому, что грунтовые воды понизились на 1,0-1,5 м, вслед за ними снизились уровни воды в реках, в некоторых – вплоть до пересыхания. Все это выразилось в изменении гидрологического режима рек. Анализ изменения стока Припяти показал рост среднегодовых значений в период интенсивных мелиораций во все месяцы года, кроме апреля и мая. Увеличение среднегодового стока р. Припять составляет 12% по сравнению с предыдущими годами, а по сравнению с предыдущим двадцатилетием – около 30% [2]. Максимальные потери от безвозвратного водопотребления и при регулировании речного стока за последние 5 лет в бассейне р. Припять в пределах Белорусского Полесья составили 190 млн м³/год, в бассейне р. Западный Буг – 27 млн м³/год. В тоже время степень влияния этих потерь невелика и находится в пределах ошибки измерений [5]. Анализ динамики стока рек Полесья показал, что, начиная с середины 60-х годов прошлого столетия, среднегодовые, минимальные летние и зимние расходы имеют устойчивую тенденцию к увеличению, однако, сток весеннего половодья уменьшился.

Оценка изменений водного режима малых рек при различных сценариях климата

Основываясь на анализе существующих в настоящее время оценок возможного изменения климата, проведен численный эксперимент по 8 вариантам (табл. 4). Наиболее неблагоприятным прогнозом развития изменения речного стока рек Белорусского Полесья является седьмой вариант – гипотеза, при которой прогнозируется уменьшение стока до 45 % – это равносильно изменению обеспеченности с 50 до 85 %, а коэффициента вариации с 0,47 до 0,54. При наложении воздействий на сток антропогенной составляющей уменьшение среднего годового стока может достигнуть 50-70 % [3].

Таблица 4 – Результаты численного эксперимента по изменению стока рек Полесья

Изменение годовых величин от современного уровня	Номер варианта							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Атмосферные осадки, %	0	0	10	10	10	-10	-10	-10
Температура воздуха, °С	+2	-2	0	2	-2	0	+2	-2
Речной сток, %	-11	18	22	6	42	-21	30	-6
Суммарное испарение, %	5	-9	4	12	-6	-5	0	-12
Влагозапасы, %	0	0	10	10	10	-10	-10	-10

Примечание. Знак «+» – увеличение, «-» – уменьшение.

Прогнозируемое потепление климата вызовет существенные изменения водного режима рек, что потребует адаптации водного хозяйства к изменениям условий формирования местных водных ресурсов.

Основные направления в исследовании водных проблем Полесья

Основной задачей в исследовании водных ресурсов Полесья на современном этапе является комплексная оценка их актуального состояния с учетом пространственно-временных колебаний и изменений основных составляющих водного баланса речных водосборов. При этом необходимо учитывать влияние на них различных природных и антропогенных факторов, прогноз изменения водных ресурсов при различных сценариях изменения климата. На основе полученных научных результатов необходимо разработать мероприятия по минимизации возможных негативных последствий в случае трансформации режима водных ресурсов.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на следующие основные направления: предотвращение и уменьшение негативных последствий от наводнений; улучшение качества поверхностных и подземных вод; охрана водных источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов хозяйственного назначения; управление режимом природных вод, обеспечивающих биосферное функционирование природных экосистем; создание бассейновых схем управления водными ресурсами Полесья.

Список использованных источников

1. Meshyk, A. Snow as a Contributor to Spring Flooding in Belarus / A. Meshyk, M. Barushka, V. Marozava // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2021. – № 28. – P. 18826–18836. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09638-8>.
2. Volchak, A. Environmental Risks of the Pripjat River in a Changing Climate / A. Volchak, A. Meshyk, Yu. Mazhayskiy, A. Rokochynskiy and J. Jeznach // *E3S Web Conf.*, 212 (2020) 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021201015>.
3. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев, С. И. Парфомук, И. А. Булак // Под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.
4. Волчек, А. А. Трансформация гидрохимического режима поверхностных вод Беларуси / А. А. Волчек, М. А. Таратенкова // *Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – № 2(110). – 2018. – С. 3–16.
5. Государственный водный кадастр: Водные ресурсы, их использование и качество воды (за 2020 г.). – Минск : ЦНИИКИВР, 2021. – 223 с.
6. Данилов-Данильян, В. И. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты / В. И. Данилов-Данильян, К. С. Лосев // ИВП РАН. – Москва: Наука, 2006. – 221 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Ленинград : Гидрометеиздат. – Т. 5. – Ч. 1. – 1966. – 718 с. ; Ч. II. – 1966. – 621 с.

References

1. Meshyk, A. Snow as a Contributor to Spring Flooding in Belarus / A. Meshyk, M. Barushka, V. Marozava // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2021. – № 28. – P. 18826–18836. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09638-8>.
2. Volchak, A. Environmental Risks of the Pripjat River in a Changing Climate / A. Volchak, A. Meshyk, Yu. Mazhayskiy, A. Rokochynskiy and J. Jeznach // *E3S Web Conf.*, 212 (2020) 01015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021201015>.
3. Volchek, A. A. Water resources of Belarus and their forecast in the context of climate change / A. A. Volchek, V. N. Korneev, S. I. Parfomuk, I. A. Bulak // Edited by A. A. Volchek, V. N. Korneev. – Brest : Alternative, 2017. – 228 p.

4. Volchek, A. A. Transformation of the hydro-chemical regime of surface waters in Belarus / A. A. Volchek, M. A. Taratenkova // Vestnik BSTU. Water management construction, thermal power engineering and geoecology. – No. 2 (110). – 2018. – P. 3–16.
5. State Water Cadastre: Water resources, their use and water quality (for 2020). – Minsk, TsNIIKIVR, 2021. – 223 p.
6. Danilov-Danilyan, V. I. Water consumption: environmental, economic, social and political aspects / V. I. Danilov-Danilyan, K. S. Losev // WPI RAS. – Moscow : Nauka, 2006. – 221 p.
7. Resources of surface waters of the USSR. – Leningrad : Gidrometeoizdat. – V. 5. – Part 1. – 1966. – 718 p.; part II. – 1966. – 621 p.

УДК 633.511(470.44/47)

К ВОПРОСУ О ВОЗДЕЛЫВАНИИ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

Дедов А.А.

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Москва, Россия

Аннотация. Приведены статистические данные по урожайности, площади и валовому сбору хлопка-сырца; рассматриваются проблемы выращивания стратегической культуры хлопчатника на юге европейской части России, связанные с разработкой агротехнических приемов, основанных на создании ультраскороспелых сортов, режимов орошения в условиях дефицита водных ресурсов.

Ключевые слова: хлопчатник, урожайность, посевная площадь, валовый сбор.

COTTON CULTIVATION IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH PART OF RUSSIA

Dedov A.A.

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russia

Abstract. Statistical data on crop yield, area and gross yield of raw cotton are given. The problems of growing cotton as a strategic crop in the south part of European Russia are considered, these problems related to the development of agrotechnical methods based on the creation of ultra-early varieties, irrigation regimes under water resources deficiency.

Keywords: cotton, crop yield, cultivated area, gross yield.

Возможное снижение объемов импорта хлопкового волокна породило идею производить его внутри страны. Пока культура хлопчатника занимает небольшие площади, его выращиванием, в основном, занимаются энтузиасты, но по уверениям Минсельхоза России в перспективе потребность в хлопке может полностью удовлетвориться собственным производством.

Сегодня Россия полностью не зависит от рынка зерновых, став главной житницей планеты, что позволяет регулировать стоимость муки и хлеба, не допуская инфляционных и спекулятивных колебаний. Прорыв в хлопковод-