

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЫБХОЗА «ЛАХВА» НА СТОК РЕКИ СМЕРДЬ*

А. А. Волчек¹, С. И. Парфомук², Н. Н. Шешко³,
Н. Н. Шпендик⁴, Д. Н. Дашкевич⁵, С. В. Сидак⁶, М. Ф. Кухаревич⁷

¹ Д. геогр. н., профессор, декан факультета инженерных систем и экологии

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: volchak@tut.by

² К. т. н., доцент, заведующий кафедрой информатики и прикладной математики

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: parfom@mail.ru

³ К. т. н., доцент, доцент кафедры природообустройства

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: optimum@tut.by

⁴ К. геогр. н., доцент, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: shpendik@tut.by

⁵ Ст. преподаватель кафедры природообустройства

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: dionis1303@mail.ru

⁶ Магистр физ.-мат. н., ассистент кафедры информатики и прикладной математики

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: harchik-sveta@mail.ru

⁷ Магистр тех. н., аспирант кафедры природообустройства

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь; e-mail: kukharevichmikhail@gmail.com

Реферат

Выполнена комплексная оценка воздействия рыбхоза «Ляхва» на гидрологический режим р. Смердь в расчетных участках. В работе использовались следующие методы: полевые исследования, камеральная обработка данных, географический анализ, статистический анализ, регрессионный анализ, водобалансовые расчеты. Проведенный анализ гидрологического режима расчетных участков реки, используемых для нужд рыбхоза, позволил определить минимальный среднемесячный расход воды 95 % вероятности превышения и экологический сток с учетом внутригодового распределения стока. Для центрального участка рыбхоза «Ляхва» определен допустимый объем изъятия водных ресурсов из р. Смердь.

Ключевые слова: рыбоводное хозяйство, рекогносцировочное обследование, экологический сток, расход воды, математическая модель, водность года.

ASSESSMENT OF THE LAHVA FISH FARM IMPACT ON THE SMERD RIVER RUNOFF

A. A. Volchak, S. I. Parfomuk, N. N. Sheshko, N. N. Shpendik, D. N. Dashkevich, S. V. Sidak, M. F. Kukharevich

Abstract

A comprehensive assessment of the fish farm "Lahva" impact on the hydrological regime of the Smerd River was carried out. The following methods were used in the work: field research, desk data processing, geographical analysis, statistical analysis, regression analysis, water balance calculations. The analysis of the hydrological regime of the calculated sections of the river used for the needs of the fish farm made it possible to determine the minimum average monthly water runoff of 95% probability of excess and ecological runoff taking into account the intra-annual runoff distribution. The permissible volume of the water resources withdrawal from the Smerd River for the central section of the fish farm "Lahva" has been determined.

Keywords: fish farming, reconnaissance survey, ecological runoff, water consumption, mathematical model, water content of the year.

Введение

Рыбоводная деятельность в Беларуси осуществляется по двум основным направлениям – рыбоводство (разведение и выращивание рыбы в искусственных водоемах) и ведение рыболовного хозяйства в рыболовных угодьях. Рыбоводство представлено следующими видами: прудовое рыбоводство, выращивание рыбы в садках, бассейнах и установках замкнутого водообеспечения. Площадь прудового фонда республики, пригодного для использования в рыбоводстве, составляет 22,46 тыс. га [1, 2]. Такая хозяйственная деятельность неизбежно оказывает воздействие на естественные водотоки, которые являются источником водных ресурсов рыбоводческих хозяйств. Нами выполнено исследование влияния хозяйственной деятельности центрального отделения рыбхоза «Ляхва» ОАО «Пинскводстрой» на водный режим р. Смердь.

Филиал «Опытный рыбхоз «Ляхва»» – это крупное полносистемное карповое хозяйство, которое обеспечивает производство полного цикла от получения личинки до выращивания товарной рыбы. Центральная усадьба рыбхоза расположена в д. Ляхва Лунинецкого района (рисунок 1). Хозяйство организовано в 1936 г. В начале деятельности рыбхоз располагал крайне ограниченными прудовыми площадями и бедными рыбопромысловыми угодьями. За последние годы хозяйство значительно укрупнилось. В состав его на правах отделений вошли бывший рыбхоз «Столин» (ныне отделение «Дуброва»), а также участки «Морщиновичи» и «Выгоны». Они находятся от центра рыбхоза на расстоянии от 20 до 150 км. В настоящее время рыбхоз «Ляхва» является многоотраслевым хозяйством.

Он, в отличие от других предприятий, занимается не только искусственным разведением товарной прудовой рыбы и посадочного материала, но также освоением естественных водоемов и выращиванием товарной утки. За период реализации подпрограммы 5 «Развитие рыбоводной деятельности» Государственной программы на 2016–2020 годы введен цех по переработке рыбы в филиале «Опытный рыбхоз «Ляхва»» мощностью 93 тонны готовой продукции в год.

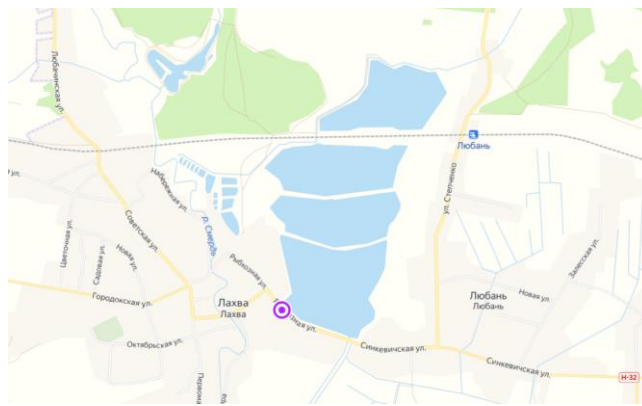


Рисунок 1 – Схема расположения прудов центрального участка филиала «Опытный рыбхоз «Ляхва»» ОАО «Пинскводстрой»

Смердь – река в Лунинецком районе Брестской области, левый приток р. Припять. Длина 37 км. Площадь водосбора 502 км². Среднегодовой расход воды в устье 2,00 м³/с. Средний уклон водной поверхности 0,3 ‰. Лесистость территории водосбора 36 % (леса смешанные с преобладанием хвойных пород). Начинается от слияния 2 каналов в 1,5 км к северо-западу от д. Мижлесье, устье в 4 км к юго-западу от д. Лаховка. Долина невыраженная, сливается с прилегающей местностью. Пойма высокая, местами заболоченная, ширина 200–300 м. Русло в верховьях канализировано, на остальном протяжении извилистое, ширина 5–10 м, в нижнем течении до 15 м. Берега крутые, местами очень крутые и обрывистые, высота до 1 м. На период весеннего половодья приходится 65 % объема годового стока. Река питает пруды рыбхоза «Лахва» [1, 3].

Методы исследования и исходные данные

Ввиду отсутствия регулярных гидрометрических наблюдений расчеты гидрологических характеристик осуществлялись для случая отсутствия данных наблюдений в соответствии с ТКП 45-3.04-168-2009 [3]. Методика расчета минимального и экологического стока детально изложена в нашей работе [4]. На основании экологического стока рассчитывается величина допустимого изъятия водных ресурсов для рыбохозяйственных прудов, которая используется при анализе и оценке уровня воздействия на водный режим реки. В качестве критерия уровня воздействия предложено использовать соотношение текущего объема изъятия воды рыбохозяйственным предприятием к доступному объему изъятия при различных условиях, на основании цветовой индикации (таблица 1).

Таблица 1 – Зоны уровня воздействия рыбохозяйственных предприятий на водный режим рек

Зона	Критерий отнесения
Зеленая зона	Объем изъятия воды не превышает доступный при расчетном экологическом стоке 95 % вероятности превышения
Желтая зона	Объем изъятия воды превышает доступный при расчетном экологическом стоке 95 % вероятности превышения, но меньше критического значения экологического стока, принимаемого как 0,75 от минимального месячного стока 95 % обеспеченности
Красная зона	Объем изъятия превышает максимально допустимый при расчетном критическом значении экологического стока

С целью более эффективного управления и анализа деятельности рыбохозяйственных предприятий зеленую зону можно разделить на 2 подзоны:

1. Зеленая зона, подзона 1 – объем изъятия воды не превышает доступный объем при расчетном экологическом стоке 75 % вероятности превышения;
2. Зеленая зона, подзона 2 – объем изъятия воды превышает доступный при расчетном экологическом стоке 75 % вероятности превышения, но меньше в случае экологического стока 95 % вероятности превышения.

Для каждой зоны и подзоны рекомендуются действия с целью обеспечения допустимого уровня воздействия на водные объекты хозяйственной деятельности рыбохозяйственных предприятий (таблица 2).

Таблица 2 – Допустимые уровни воздействия хозяйственной деятельности рыбохозяйственных предприятий на водные объекты по зонам

Зона	Уровень воздействия на водные объекты
Зеленая зона, подзона 1	Уровень воздействия на водные объекты значительно ниже допустимых его значений. Рекомендуется сохранить текущий уровень воздействия без его увеличения.

Продолжение таблицы 2

Зона	Уровень воздействия на водные объекты
Зеленая зона, подзона 2	Уровень воздействия на водные объекты значительно ниже допустимого, однако в отдельные маловодные и экстремально маловодные периоды может наблюдаться напряженная экологическая обстановка в акватории. Рекомендуется рыбохозяйственным предприятиям разрабатывать план действий для очень маловодных лет.
Желтая зона	Уровень воздействия на водные объекты превышает допустимый. Предприятиям необходимо пересматривать водохозяйственный баланс и, возможно, технологию по выращиванию рыбы.
Красная зона	Критический уровень воздействия хозяйственной деятельности на водный объект. Данный уровень воздействия незамедлительно должен быть снижен, а также должен быть проведен дополнительный анализ деятельности предприятия как в части обоснованности текущего уровня производства продукции, так и возможности вовлечения иных источников водных ресурсов. Данная зона является полностью неприемлемой с точки зрения сохранения водотоков и их экосистем.

Результаты исследования и их обсуждения

Для количественной оценки влияния рыбхоза «Лахва» на сток р. Смердь в июне 2021 года нами выполнены гидрометрические измерения расхода воды в створах, расположенных выше и ниже рыбхоза, по методике изложенной в [5, 6]. Верхний створ р. Смердь был установлен на северной окраине д. Лахва, которая в свою очередь находится на юго-востоке Лунинецкого района (Брестская область) (рисунок 2).

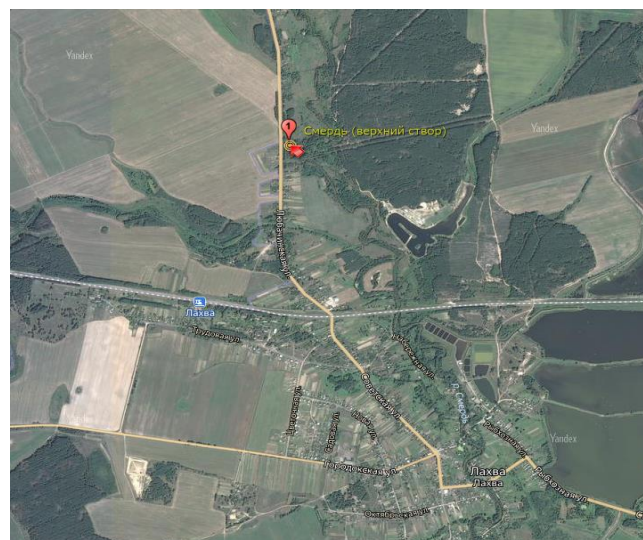


Рисунок 2 – Карта-схема расположения верхнего створа

Русло в пределах исследуемого створа врезано в рельеф на значительную глубину, в связи с этим левый берег имеет высоту около 3–5 м, обрывистое. Ширина русла в пределах створа составила 11–14 м. Форма реки в районе створа извилистая. Береговая линия песчаная и покрыта травяной, древесной и кустарниковой растительностью. Дно реки на участке створа илистое (рисунок 3).



Рисунок 3 – Участок исследования в верхнем створе

По результатам промеров глубин в верхнем створе построен поперечный профиль р. Смердь (рисунок 4) и определены основные характеристики на момент изысканий: расход воды $Q = 2,88 \text{ м}^3/\text{с}$; площадь поперечного сечения $F = 17,78 \text{ м}^2$; ширина реки по урезу воды $B = 12,0 \text{ м}$; средняя глубина потока $h_{\text{ср.}} = 1,48 \text{ м}$; средняя скорость течения воды $V_{\text{ср.}} = 0,16 \text{ м/с}$; максимальная скорость $V_{\text{max}} = 0,257 \text{ м/с}$; уклон водной поверхности $i_{\text{пов}} = 0,264 \text{ ‰}$.

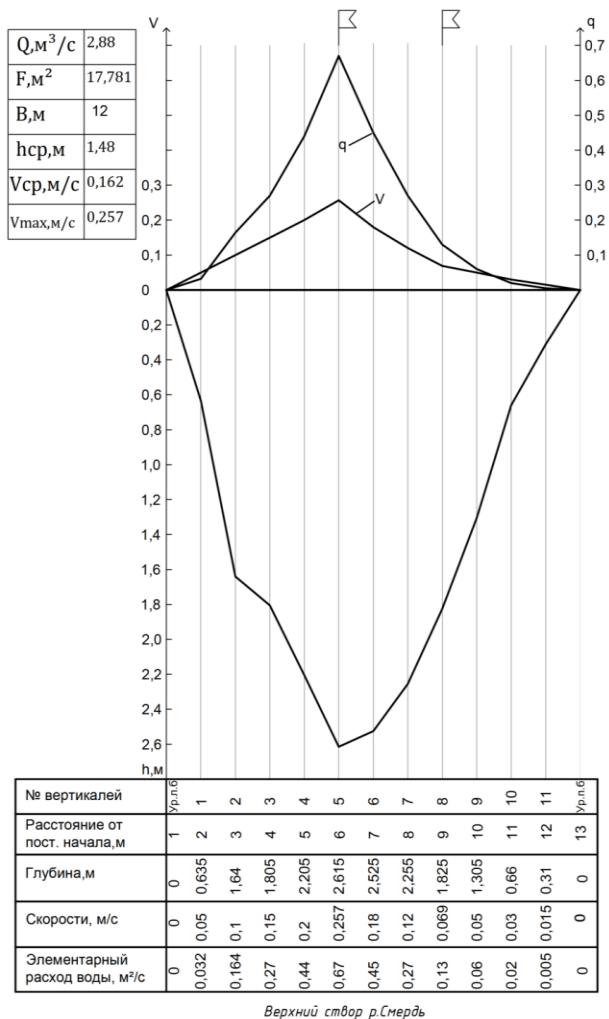


Рисунок 4 – Поперечный профиль р. Смердь в верхнем створе

Нижний створ реки Смердь расположен в 0,5 км на юг от д. Лахва Лунинецкого района (Брестская область) (рисунок 5).

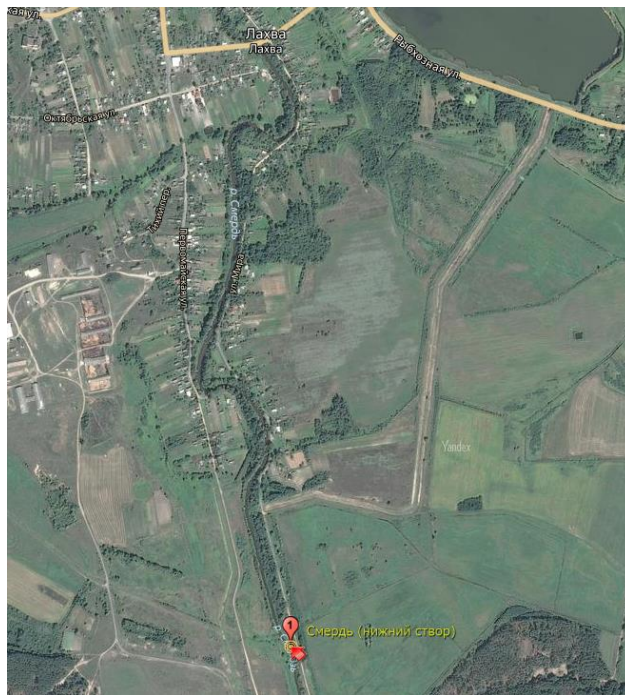


Рисунок 5 – Карта-схема нижнего створа р. Смердь

Русло реки на участке створа имеет достаточно сложную конфигурацию, на правом берегу присутствует значительное количество водной растительности шириной в несколько метров. Ширина всего русла составляет 35 м, без учёта заросшей зоны – 18 м. Правая часть русла полностью покрыта растительностью, имеет глубину в пределах 0,2 м, течение воды отсутствует. Левая береговая линия покрыта у самого края реки преимущественно густыми кустарниками. Также в большом количестве присутствует травяная растительность. Левый берег песчаный, тогда как правый торфянистый. Дно в створе илистое (рисунок 6).

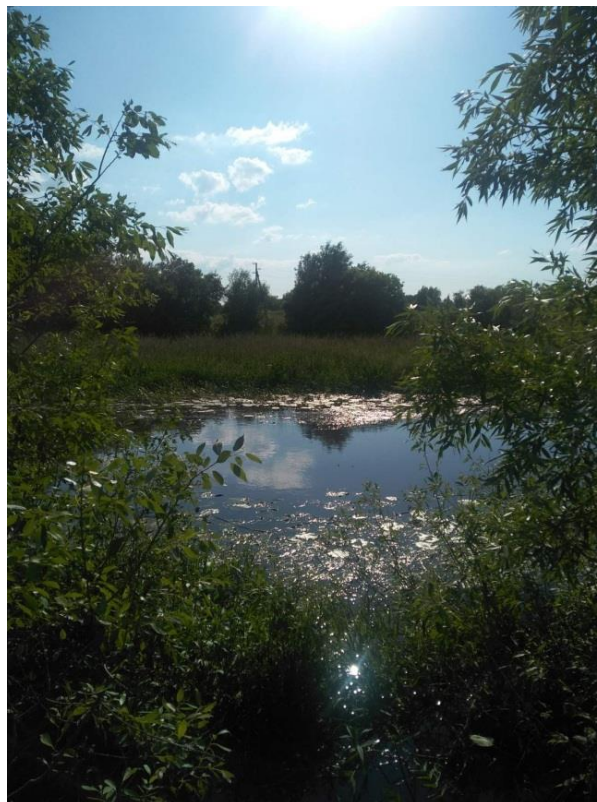


Рисунок 6 – Участок исследования в нижнем створе

По результатам промеров глубин в верхнем створе построен поперечный профиль р. Смердь (рисунок 7) и определены основные характеристики на момент изысканий: расход воды $Q = 3,35 \text{ м}^3/\text{с}$; площадь поперечного сечения $F = 14,03 \text{ м}^2$; ширина реки по урезу воды $B = 36,00 \text{ м}$; средняя глубина потока $h_{\text{ср.}} = 0,47 \text{ м}$; средняя скорость течения воды $V_{\text{ср.}} = 0,24 \text{ м/с}$; максимальная скорость $V_{\text{max}} = 0,334 \text{ м/с}$; уклон водной поверхности $i_{\text{пов}} = 0,264 \text{ }^0/_{00}$.

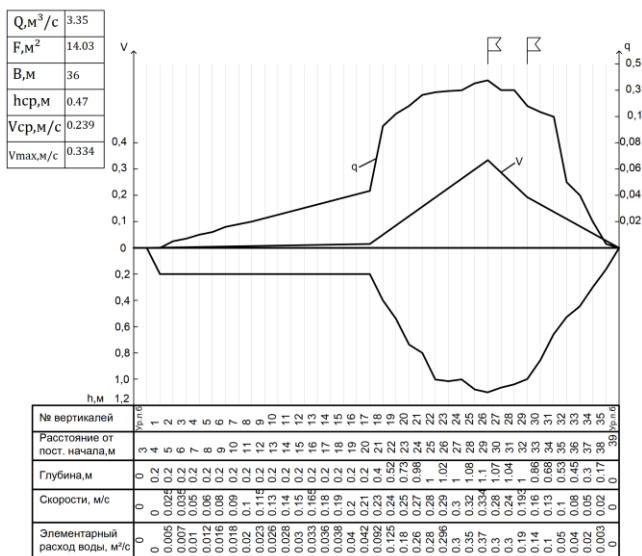


Рисунок 7 – Поперечный профиль р. Смердь в нижнем створе

Сравнительный анализ исследуемых створов показал существенное их различие. Так участок реки в нижнем створе требует чистки русла. Из количественных характеристик обращает на себя внимание увеличение расхода воды в нижнем створе $\Delta Q = 0,47 \text{ м}^3/\text{с}$. Это вызвано дополнительным сбросом воды с поверхности рыбоводных прудов.

По результатам обработки данных гидрометрических измерений построены математические модели (расходы/уровни/скорости) и кривые связи скорости/расхода и уровня воды в створе, по методике, описанной в [7, 8, 9]. В качестве особенности следует отметить, что применение кривых связи допустимо только в пределах установленного диапазона. Применение экстраполяции допустимо, однако может приводить к значительным отклонениям и погрешностям.

Для верхнего створа:

$$V = -0,0168h_{\text{ср.}}^3 + 0,0421h_{\text{ср.}}^2 + 0,0825h_{\text{ср.}}$$

$$Q = 1,0154h_{\text{ср.}}^3 - 0,4067h_{\text{ср.}}^2 + 0,2453h_{\text{ср.}}$$

Для нижнего створа:

$$V = 0,0847h_{\text{ср.}}^3 - 0,1681h_{\text{ср.}}^2 + 0,4128h_{\text{ср.}}$$

$$Q = 0,0140h_{\text{ср.}}^3 - 4,1588h_{\text{ср.}}^2 + 309,4160h_{\text{ср.}}$$

Данные, полученные при расчете экологического стока рек, позволили определить величины допустимого изъятия поверхностных вод из реки с учетом потерь на испарение с водного зеркала и фильтрации из водохранилищ. Результаты расчетов, при условии обеспечения сохранения в рассматриваемых реках экологического стока с учетом внутригодового распределения для различных вероятностей превышения (обеспеченностей) приведены ниже.

Анализ гидрологических характеристик р. Смердь проведен на расчетном участке реки ниже рыбхоза «Лахва».

Количественные характеристики стока р. Смердь по месяцам и в годовом разрезе, полученные по методике, описанной в [10], представлены в таблице 3.

Анализ внутригодового распределения стока р. Смердь по месяцам показал, что на весенний период приходится 55 % от годового стока, соответственно, зимний сток составляет 20 % от годового стока, на летне-осенний сезон приходится 25 % от годового стока.

Минимальные среднемесячные расходов воды 95 % обеспеченности. Характеристиками минимального стока являются расчетными при гидрологическом обосновании различных водохозяйственных и водоохранных проектов. В практике водохозяйственного проектирования основное применение находят величины минимального стока обеспеченностей в диапазоне 75–99 %, характеризующие годы с маловодной меженью сравнительно редкой повторяемости. При оценке наилучших условий для формирования качества воды обычно используется минимальный сток 95 %-й обеспеченности (средняя повторяемость 1 раз в 20 лет), что является достаточно произвольным условием, требующим дифференциации в зависимости от тяжести негативных экологических и санитарно-технических последствий.

В таблице 4 приведены результаты расчета минимальных среднемесячных расходов воды 95 % вероятности превышения (обеспеченности) с учетом внутригодового распределения стока.

Экологический сток реки в различные по водности годы.

Учитывая результаты проведенных натурных исследований и используя метод переноса обеспеченностей, нами проведены гидрологические расчеты по определению экологического стока р. Смердь с учетом внутригодового распределения стока для различных вероятностей превышения (обеспеченностей), результаты которых приведены в таблицах 5–6.

Для р. Смердь величины допустимого изъятия поверхностных вод с учетом потерь на испарение с водного зеркала и фильтрации из водохранилища в год составляют от 10,15 млн м³ для экологического стока 95 % вероятности превышения, до 34,09 млн. м³ для экологического стока 5 % вероятности превышения. Величина максимально допустимого изъятия поверхностных вод из реки с учетом сохранения наименьшего критического значения экологического стока не может превышать 24,45 млн м³. При этом наибольшее изъятие допустимо в весенние месяцы (март – май) – от 4,77 млн м³ (сток 95 % обеспеченности) до 15,83 млн м³ (сток 5 % обеспеченности), а наименьшее – летом (с июня по август) – от 1,33 до 4,77 млн м³ для экологического стока 95 % и 5 % вероятности превышения соответственно.

Сопоставляя существующие объемы изъятия и рассчитанные величины допустимого изъятия поверхностных вод из р. Смердь с учетом сохранения экологического стока, а также используя предложенное зонирование уровней воздействия рыбохозяйственных предприятий на водный режим рек, получено, что р.Смердь относится к 1 подзоне зеленой зоны. Уровень воздействия ОАО «Лахва» на водный режим р. Смердь значительно ниже допустимых его значений. Рекомендуется сохранить текущий уровень воздействия без его увеличения.

Оценки изменения гидрологического режима рек под влиянием природных и воздействием антропогенных факторов. Исследуемая р. Смердь относится к бассейну р. Припять. Для рек данного бассейна выполнены прогнозные оценки изменения речного стока на период до 2035 года. При этом использовались результаты оценки фактического изменения климата и речного стока за период с 1961 по 2015 гг. и уточненный прогноз изменения климата на период до 2035 года с учетом региональной изменчивости климата.

По результатам оценок изменения стока за период с 1961 по 2015 гг. можно сделать следующие обобщенные выводы:

- среднегодовой сток по бассейну реки Припять изменился незначительно – максимально уменьшился на 9 %;
- произошло значительное снижение стока весеннего половодья – на 42 % по бассейну Припяти с более ранним наступлением его пика;
- произошло увеличение стока в зимний период – на 20 % по бассейну Припяти;
- сток в летний период изменился не очень значительно за весь период с 1961 по 2015 гг., однако в последние годы (включая 2014, 2015 гг.) произошло значительное снижение стока, который был даже меньше минимального за весь указанный период.

Обобщение результатов расчетов прогнозного изменения стока в бассейнах реки Припять на период до 2035 года приведено в таблице 3.24 и на картахосхемах в [11].

Таблица 3 – Внутригодовое распределение стока р. Смердь в средний по водности год

Интервалы осреднения												
январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
Расход, м ³ /с												
1,72	3,36	4,47	7,41	5,64	2,49	1,16	0,70	0,75	1,05	1,72	1,24	2,64

Таблица 4 – Минимальные среднемесячные расходы воды 95 % обеспеченности с учетом внутригодового распределения стока р. Смердь, млн м³

Интервалы осреднения												
январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
2,63	3,18	5,88	8,28	3,37	2,41	1,58	1,46	2,17	2,21	2,52	2,24	37,93

Таблица 5 – Экологический сток с учетом внутригодового распределения, м³/с/ млн м³

Интервалы осреднения												
январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
95 % вероятности превышения (обеспеченности),												
<u>0,73</u> 1,91	<u>0,88</u> 2,30	<u>1,62</u> 4,26	<u>2,28</u> 6,00	<u>0,93</u> 2,44	<u>0,66</u> 1,75	<u>0,44</u> 1,15	<u>0,40</u> 1,06	<u>0,60</u> 1,57	<u>0,61</u> 1,60	<u>0,70</u> 1,83	<u>0,62</u> 1,62	<u>0,87</u> 27,48
75 % вероятности превышения (обеспеченности)												
<u>1,28</u> 3,36	<u>1,55</u> 4,07	<u>2,86</u> 7,51	<u>4,03</u> 10,58	<u>1,64</u> 4,31	<u>1,17</u> 3,08	<u>0,77</u> 2,02	<u>0,71</u> 1,87	<u>1,06</u> 2,77	<u>1,07</u> 2,82	<u>1,23</u> 3,23	<u>1,09</u> 2,86	<u>1,54</u> 48,49
50 % вероятности превышения (обеспеченности)												
<u>1,63</u> 4,28	<u>1,97</u> 5,17	<u>3,63</u> 9,55	<u>5,12</u> 13,45	<u>2,09</u> 5,48	<u>1,49</u> 3,92	<u>0,98</u> 2,57	<u>0,91</u> 2,38	<u>1,34</u> 3,53	<u>1,37</u> 3,59	<u>1,56</u> 4,10	<u>1,38</u> 3,63	<u>1,95</u> 61,65
5 % вероятности превышения (обеспеченности)												
<u>2,55</u> 6,69	<u>3,08</u> 8,09	<u>5,69</u> 14,95	<u>8,01</u> 21,05	<u>3,27</u> 8,58	<u>2,33</u> 6,13	<u>1,53</u> 4,02	<u>1,42</u> 3,73	<u>2,10</u> 5,52	<u>2,14</u> 5,61	<u>2,44</u> 6,42	<u>2,16</u> 5,69	<u>3,06</u> 96,48

Таблица 6 – Величины допустимого изъятия поверхностных вод из р. Смердь с учетом поддержания экологического стока, млн м³

Интервалы осреднения												
январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Год
95 % вероятности превышения (обеспеченности),												
0,72	0,87	1,62	2,26	0,89	0,61	0,38	0,35	0,56	0,59	0,69	0,61	10,15
75 % вероятности превышения (обеспеченности)												
1,15	1,39	2,57	3,60	1,43	1,00	0,63	0,59	0,91	0,95	1,10	0,98	16,28
50 % вероятности превышения (обеспеченности)												
1,29	1,56	2,89	4,05	1,61	1,13	0,72	0,67	1,03	1,07	1,23	1,10	18,34
5 % вероятности превышения (обеспеченности)												
2,38	2,88	5,33	7,49	3,01	2,13	1,37	1,27	1,93	1,98	2,28	2,03	34,09

По результатам расчетов можно сделать следующие выводы о прогнозом изменении стока в бассейне реки Припять до 2035 года:

- снижение среднегодового стока, особенно в бассейне реки Припять;
- незначительное уменьшение стока в зимний период по большинству рек;
- в весенний период, за редким исключением, вероятно снижение стока;
- в летний период прогнозируется существенное и максимальное из всех периодов года уменьшение стока, особенно в бассейне Припяти;
- в осенний период (особенно в начале осени – до середины октября) также прогнозируется снижение стока.

Значимость оценок и прогнозов речного стока в условиях изменяющегося климата определяется целесообразностью их последующего учета при планировании развития ОАО «Ляхва» и водоохранных мероприятий, связанных с совершенствованием управления речным бассейном.

Заключение

Проведена комплексная оценка воздействия рыбхоза «Ляхва», расположенного в бассейне р. Смердь, на гидрологический режим реки для повышения эффективности управления водными ресурсами с учетом обеспечения экологического функционирования водного объекта, в ходе которой решены следующие задачи:

- выполнен анализ гидрологического режима расчетного участка реки, используемого для нужд рыбхоза, состоящий из анализа имеющейся гидрологической информации, определены основные гидрологические характеристики, включающие средне-годовые значения стока;
- проведены натурные исследования участков реки, в ходе которых заложены створы выше и ниже участка забора воды для нужд рыбхоза. Построены поперечные профили, для которых рассчитаны гидрологические характеристики, включающие в себя распределение в поперечных сечениях водотоков местных продольных осредненных скоростей течения воды и расходов воды. Это позволило определить расходы воды на исследуемых участках выше и ниже рыбхоза в период исследований;

- выполнены гидрологические расчеты по определению минимальных среднемесячных расходов воды 95 % вероятности превышения (обеспеченности) и экологического стока с учетом внутригодового распределения стока различной обеспеченности;
 - разработаны математические модели для участков, расположенных ниже и выше рыбхоза в виде математических моделей, позволяющих в зависимости от средней глубины воды в створе определить скорости течения и расходы воды;
 - оперативные гидравлические расчеты с целью оценки воздействия заборов воды рыбхозом на изменение гидрологического режима водного объекта (глубин воды, скоростей течения и расходов воды) осуществляются на основе разработанных математических моделей как разницы расчетных параметров для заложённых створов ниже и выше рыбхоза;
 - определены математические зависимости для глубины, скорости течения и расходы воды в исследуемых створах ниже рыбхоза, соответствующих экологическому стоку, с использованием результатов гидрологических расчетов и математических моделей водного объекта;
 - определены величины допустимого изъятия поверхностных вод из реки, используемых для нужд рыбхоза, с учетом потерь на испарение с водного зеркала и фильтрации из прудов, при обеспечении условия сохранения в реке экологического стока, что позволит определить наиболее эффективный режим наполнения рыбоводческих прудов.
- Полученные результаты актуальны на ближнюю перспективу (10 лет), однако, возможно, требуют некоторых корректировок в будущем в связи с прогнозируемыми изменениями климата [12].

* Работа выполнена при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в рамках научно-исследовательской работы «Оценка воздействия рыбхозов, расположенных в бассейне реки Припять, на гидрологический режим водных объектов» № госрегистрации 20212617.

Список цитированных источников

1. Энциклопедия: в 3 томах / редкол.: Т. В. Белова [и др.]. – Минск : Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 2010. – 504 с.
2. Оценка влияния рыбхоза «Селец» на сток реки Ясельда / А. А. Волчек [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2022. – № 1 (127). – С. 86–96.
3. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. Центр БГУ, 2002. – 440 с.
4. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения: ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Введ. 2010-07-01. – Минск : Стройтехнорм, 2010. – 55 с. – (Технический кодекс установившейся практики).
5. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. – Москва : КНОРУС, 2021. – 418 с.
6. Гидравлика, гидрология, гидрометрия : учебное пособие / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчека. – Москва : КНОРУС, 2021. – 520 с. – (Бакалавриат и магистратура).
7. Учебная гидрометрическая практика : учебное пособие / А. А. Волчек [и др.] ; под ред. А. А. Волчека. – Минск : РИВШ, 2020. – 260 с.
8. Статистические методы в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев [и др.]. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
9. Логинов, В. Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, П. В. Шведовский. – Брест : БрГТУ, 2004. – 301 с.
10. Математические методы обработки данных в экологии : учебное пособие / А. А. Волчек [и др.]. – Минск : РИВШ, 2018. – 212 с.
11. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. – Москва : КНОРУС, 2021. – 418 с.
12. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 225 с.

References

1. Encyklopediya: v 3 tomah / redkol.: T. V. Belova [i dr.]. – Minsk : Belaruskaya En-cyklopedyya imya P. Brouki, 2010. – 504 s.
2. Ocenka vliyaniya rybhoza «Selec» na stok reki Yasel'da / A. A. Volchek [i dr.] // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2022. – № 1 (127). – S. 86–96.
3. Volchek, A. A. Vodnye resursy Brestskoy oblasti / A. A. Volchek, M. Yu. Kalinin. – Minsk : Izd. Centr BGU, 2002. – 440 s.
4. Raschetnye gidrologicheskie karakteristiki. Poryadok opredeleniya: TKP 45-3.04-168-2009 (02250). – Vved. 2010-07-01. – Minsk : Strojtekhnorm, 2010. – 55 s. – (Tekhnicheskij kodeks ustanovivshejsya praktiki).
5. Volchek, A. A. Gidrologicheskie raschety : uchebnoe posobie / A. A. Volchek. – Moskva : KNORUS, 2021. – 418 s.
6. Gidravlika, gidrologiya, gidrometriya : uchebnoe posobie / A. A. Volchek [i dr.] ; pod obshch. red. A. A. Volcheka. – Moskva : KNORUS, 2021. – 520 s. – (Bakalavriat i magistra-tura).
7. Uchebnaya gidrometricheskaya praktika : uchebnoe posobie / A. A. Volchek [i dr.] ; pod red. A. A. Volcheka. – Minsk : RIVSH, 2020. – 260 s.
8. Statisticheskie metody v prirodopol'zovanii : uchebnoe posobie dlya studentov vys-shih uchebnyh zavedenij / V. E. Valuev [i dr.]. – Brest : Izd-vo Brestskogo politekhnicheskogo instituta, 1999. – 252 s.
9. Loginov, V. F. Praktika primeneniya statisticheskikh metodov pri analize i prognoze prirodnykh processov / V. F. Loginov, A. A. Volchek, P. V. Shvedovskij. – Brest : BrGTU, 2004. – 301 s.
10. Matematicheskie metody obrabotki dannyh v ekologii : uchebnoe posobie / A. A. Volchek [i dr.]. – Minsk : RIVSH, 2018. – 212 s.
11. Volchek, A. A. Gidrologicheskie raschety : uchebnoe posobie / A. A. Volchek. – Moskva : KNORUS, 2021. – 418 s.
12. Vodnye resursy Belarusi i ih prognoz s uchedom izmeneniya klimata / A. A. Volchek [i dr.] ; pod obshch. red. A. A. Volcheka, V. N. Komeeva. – Brest : Al'ternativa, 2017. – 225 s.

Материал поступил в редакцию 14.05.2022