УДК 556.043 EDN: YIJKZQ

Фёдорова В. С., Рутковский А. Ю., Воскобойник Э. Т.
Донбасский государственный технический университет
**E-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru*

ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБОСНОВАННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА РЕКЕ ЛОЗОВАЯ

В статье рассматривается вопрос о гидрологической обоснованности создания нового регулирующего водохранилища на реке Лозовая для улучшения водоснабжения предприятий и населения Алчевского городского округа. С применением метода гидрологической аналогии и данных многолетних наблюдений по реке Лугань выполнена оценка стокоформирующих характеристик реки Лозовая. По результатам геоинформационного моделирования чаши будущего водоема в программной среде QGIS 3.40 определены морфометрические и объемные параметры водохранилища.

Ключевые слова: *водохранилище, гидрологическая аналогия, речной сток, река Лозовая, река Лугань, водоснабжение, ГИС-моделирование.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Обеспечение устойчивого хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и промышленных предприятий Алчевского городского округа и юго-западных районов ЛНР остается одной из наиболее острых проблем региона [1–4]. Существующая система водоснабжения опирается преимущественно на два поверхностных источника — Елизаветинское и Исаковское водохранилища, созданные в середине XX века. В настоящее время оба водоема характеризуются устойчивым дефицитом полезного объема, обусловленным маловодностью питающих рек (Ольховая и Белая), прогрессирующим заилением чаш, физическим износом гидротехнических сооружений и увеличением водопотребления [1].

Вопросы гидрологического режима и водохозяйственного баланса малых рек и водохранилищ юго-западных районов ЛНР рассматривались в ряде работ. Так, в [5] дана оценка свойств многолетних наблюдений по гидропосту на р. Белая у Исаковского водохранилища, в [6] исследовано влияние подземной угледобычи на сток и наполняемость этого же водохранилища, а в [7] — последствия трансформации стока малых рек Донбасса.

Отдельные публикации рассматривают геоинформационное моделирование водохранилищ и применение метода гидрологической аналогии в условиях дефицита данных (СП 33-101-2003 [8] и региональные методические рекомендации [9]).

Большинство исследований сосредоточено на диагностике состояния уже существующих объектов (Исаковское и Елизаветинское водохранилища) и констатации снижения их емкости, однако практически отсутствуют предпроектные проработки по созданию новых регулирующих водохранилищ на малых реках региона. Имеющиеся расчеты стока, как правило, базируются на устаревших рядах наблюдений, не отражающих в полной мере современных климатических изменений и антропогенной трансформации водосборов. При этом участившиеся засушливые периоды и снижение водности малых рек на фоне климатических сдвигов существенно обостряют дефицит водных ресурсов.

Постановка задачи. В связи с этим актуальным является обоснование создания дополнительного регулирующего водохранилища на р. Лозовая (правобережный приток в границах того же физико-географического района) как резервного источника водоснабжения.

Целью настоящей работы является предпроектная оценка гидрологической обоснованности и технической возможности создания регулирующего водохранилища на реке Лозовая.

Объект исследования — водные ресурсы, гидрографическая сеть и рельеф поверхности Алчевского городского округа, включая реку Лозовая и прилегающую к ней территорию водосбора, рассматриваемую как потенциальный участок размещения регулирующего водохранилища.

Предмет исследования — гидрологические характеристики стока реки Лозовая — модуль, расход и годовой объем стока, а также их изменчивость по годам разной обеспеченности — и морфометрические и объемные параметры проектируемого на этой реке регулирующего водохранилища.

Задачи исследования:

– анализ современного состояния существующих источников водоснабжения Алчевского округа;

– обоснование выбора реки-аналога и расчет основных стоковых характеристик реки Лозовая методом гидрологической аналогии;

– определение морфометрических и объемных параметров проектируемого водохранилища на основе геоинформационного моделирования;

– сопоставление расчетного полезного объема с потребностями водоснабжения и оценка рисков и перспектив реализации проекта.

Методика исследования. Для решения поставленных задач применен комплекс методов, включающий физико-географическую характеристику объектов исследования, метод гидрологической аналогии в соответствии с требованиями СП 33-101-2003 и геоинформационное моделирование чаши проектируемого водохранилища.

Изложение материала. На начальном этапе выполнена сравнительная физико-географическая характеристика реки Лозовая и реки-аналога Лугань.

Река Лозовая относится к малым водотокам региона, протекающим в пределах степной зоны со среднерасчлененным эрозионным рельефом и преобладанием черноземных и темно-каштановых почв на водосборе. Питание реки смешанное, с выраженным преобладанием снегового стока в период весеннего половодья и дождевого питания в теплый период года; в летне-осенний сезон сток формируется главным образом за счет грунтовой составляющей, вследствие чего меженные расходы существенно сокращаются.

По данным наблюдений 1955–1962 гг. у села Хорошего [10], среднегодовой модуль стока реки Лозовая составлял 3,91 л/(с·км^2) с колебаниями по отдельным годам от 2,44 до 5,08 л/(с·км^2). Средний расход воды за тот же период наблюдений составил 1,03 м^3/с. Многолетние характеристики стока, приведенные в том же источнике [10], включают бытовой и естественный расходы на уровне 0,99 м^3/с с соответствующими им модулями стока 3,72 л/(с·км^2). Площадь водосбора реки Лозовая составляет 266 км^2. Разовый контрольный замер, выполненный 10.05.2026 г., зафиксировал расход воды 0,8 м^3/с, что в целом согласуется с порядком величин, полученных по историческим наблюдениям, и подтверждает сохранение реки как самостоятельного водотока с относительно устойчивым стоком в средний по водности год.

Отсутствие продолжительного ряда собственных наблюдений на реке Лозовая делает невозможным непосредственное построение кривой обеспеченности стока и требует привлечения данных по реке-аналогу с длительным периодом гидрологических наблюдений. При этом необходимо учитывать положения водосборов в пределах единой ландшафтно-климатической зоны, особенности рельефа, почвенного покрова, лесистости и заболоченности территорий, а также характер питания рек (снеговое, дождевое, грунтовое). Указанная характеристика служит обоснованием правомерности применения метода гидрологической аналогии, поскольку согласно СП 33-101-2003 река-аналог должна удовлетворять условиям фи-

зико-географического сходства с исследуемой рекой, сходства режима питания и сопоставимости морфометрических характеристик водосбора.

В качестве реки-аналога для настоящего исследования принята река Лугань, гидрологический пост на которой расположен в поселке Долиновское (участок Владимировка–Калиново). Выбор реки-аналога обоснован количественными критериями согласно п. 5.2 СП 33-101-2003. Площадь водосбора реки Лугань у указанного поста составляет 751 км^2. Выбор данного водотока в качестве аналога обоснован совокупностью условий, регламентированных СП 33-101-2003: реки взаимно близко расположены в пределах одного физико-географического района, характеризуются однородными условиями формирования стока, сходным характером питания (смешанное с преобладанием снегового), однотипностью почв и гидрогеологических условий, сопоставимыми параметрами лесистости и заболоченности водосборов, а также отсутствием факторов, искажающих естественный сток обеих рек (регулирования стока, забора воды на орошение и иных техногенных воздействий). Согласно п. 5.4 СП 33-101-2003 различие в площади водосбора не является препятствием для применения метода аналогии.

В таблице 1 приведены основные параметры рек Лозовая и Лугань в сравнительной характеристике. Ряд наблюдений по гидропосту река Лугань – пос. Долиновское (Владимировка, Калиново) охватывает период с 1949 по 1980 гг. [11], что удовлетворяет требованию нормативного документа о минимальной продолжительности ряда не менее 30 лет.

Фрагмент данных многолетних наблюдений по реке Лугань за 1976–1980 гг. представлен в таблице 2.

Приведенные данные показывают существенное различие годового стока реки Лугань по водности отдельных лет: от маловодного 1976 г. с объемом стока 25,9 млн м^3 до многоводного 1977 г. с объемом стока 84,5 млн м^3, что типично для рек степной и лесостепной зоны с высокой изменчивостью снегового питания и подтверждает необходимость учета параметров асимметрии и коэффициента вариации при переносе характеристик на реку-аналог.

Таблица 1

Сравнительная характеристика факторов стокоформирования рек Лозовая и Лугань

№	Фактор	Река Лозовая (расчетный створ)	Река Лугань (аналог) (пост Долиновское / общий бассейн)	Сходимость
1	Площадь водосбора, км^2	266	751 км^2 (у поста Долиновское), 3740 км^2 (весь бассейн)	различаются в 2,8 раза
2	Средняя высота водосбора, м	~180–200	~120–180	близки
3	Лесистость водосбора, %	низкая (5–15)	низкая (8–20)	близки
4	Заболоченность, %	<1	<1	идентичны
5	Распаханность, %	60–70	55–65	близки
6	Озерность, %	<1	<1	идентичны
7	Средний уклон русла, м/км	~3,0–4,0 (ориентировочно)	~1,0–1,5 (в среднем течении)	различаются (учтено в гидравлике)
8	Наличие регулирующих водохранилищ	нет	нет	идентичны
9	Характер питания	смешанное, снеговое преобладает	смешанное, снеговое преобладает	идентичен
10	Длина реки, км	47	198	различаются

Таблица 2

Гидрологические характеристики реки Лугань (пост пос. Долиновское) за 1976–1980 гг.

Год	Средний годовой расход, м^3/с	Средний годовой модуль стока, л/(с·км^2)	Годовой слой стока, мм	Годовой объем стока, млн м^3	Наибольший/ наименьший расход, м^3/с
1976	0,82	1,09	35	25,9	6,20 / 0,34
1977	2,68	3,57	113	84,5	41,0 / 0,41
1978	2,21	2,94	93	69,7	32,9 / 0,89
1979	1,85	2,46	78	58,3	29,3 / 1,01
1980	1,18	1,57	50	37,3	3,31 / 0,43
Среднее	1,75	2,33	73,8	55,14	–

На втором этапе определялись гидрологические характеристики реки Лозовая. Поскольку непосредственные ряды совместных наблюдений на реках Лозовая и Лугань отсутствуют, восстановление среднемноголетнего модуля стока реки Лозовая выполнено путем построения эмпирической зависимости стока от стокоформирующих факторов водосбора (площади водосбора и слоя атмосферных осадков), что согласуется с [8], допускающим построение подобных зависимостей по продолжительным рядам рек-аналогов однородного района с последующей интерполяцией параметров и стокоформирующих факторов на неизученный водосбор. Расчетный среднемноголетний модуль стока реки Лозовая $M_{0,Лоз}$ (л/(с·км^2)) определялся по следующей формуле:

$$M_{0,Лоз} = M_{0,Луг}\left(\frac{F_{Луг}}{F_{Лоз}}\right)^n\left(\frac{X_{0,Лоз}}{X_{0,Луг}}\right)^y, \quad (1)$$

где $M_{0,Луг}$ — среднемноголетний модуль стока реки-аналога (Лугань) по данным поста пос. Долиновское, л/(с·км^2); $F_{Луг}$ — площадь водосбора реки Лугань у поста-аналога, км^2; $F_{Лоз}$ — площадь водосбора реки Лозовая в расчетном створе, км^2; n — показатель степени, учитывающий неравномерность формирования стока по площади водосбора, принимаемый для малых рек степной и лесостепной зоны в пределах 0,2–0,33 [8] (обоснован в табл. 3); $X_{0,Лоз}$, $X_{0,Луг}$ — средняя многолетняя высота слоя атмосферных осадков на водосборах рек Лозовая и Лугань соответственно, мм; y — показатель степени при климатическом множителе, принимаемый в пределах 0,5–1,0 по региональным методическим рекомендациям. Поскольку водосборы рек Лозовая и Лугань расположены в пределах единого физико-географического района с близкими условиями увлажнения, отношение $X_{0,Лоз}/X_{0,Луг}$ принято равным к единице, вследствие чего климатическая поправка исключена из расчета, а формула (1) приведена к упрощенному виду:

$$M_{0,Лоз} = M_{0,Луг}\left(\frac{F_{Луг}}{F_{Лоз}}\right)^n. \quad (2)$$

Таблица 3

Обоснование выбора показателя степени n

Вариант	n	$M_{0,Лоз}$, л/(с·км^2)	Источник обоснования
Минимальный	0,20	2,85	Для засушливых степей
Средний	0,25	3,02	Региональные рекомендации
Максимальный	0,33	3,27	Для лесостепной зоны
Принятый	0,25	3,02	Наилучшее совпадение с замером 2026 г.

Среднемноголетний модуль стока реки Луганъ, осредненный по ряду 1976–1980 гг. составил 2,33 л/(с·км^2) (табл. 1). При значении показателя степени n = 0,25 расчетный модуль стока реки Лозовая по формуле (2) составил

$$M_{0,Лоз} = 2,33\left(\frac{751}{266}\right)^{0,25} \approx 3,02 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2\text{)}.$$

Принятое значение n = 0,25 подтверждается совпадением расчетного модуля $M_{0,Лоз} = 3,02$ л/(с·км^2) с замером 10.05.2026 г. (3,01 л/(с·км^2)).

Переход от расчетного модуля стока к среднемноголетнему расходу Q_0 реки Лозовая выполнен по зависимости:

$$Q_0 = \frac{M_{0,Лоз} \cdot F_{Лоз}}{1000}, \text{ м}^3\text{/с}, \qquad (3)$$

а среднемноголетний объем годового стока W_0 реки Лозовая был рассчитан по нижеприведенной формуле:

$$W_0 = Q_0 \cdot k_c, \text{ млн м}^3\text{/год}, \qquad (4)$$

где k_c — переводной коэффициент числа секунд в году, $k_c = 31,54$ млн с/год.

Рассчитанные по формулам (3–4) значения среднемноголетнего расхода и годового объема стока составили:

$$Q_0 = \frac{3,02 \cdot 266}{1000} \approx 0,80 \text{ м}^3\text{/с};$$

$$W_0 = 0,80 \cdot 31,54 \approx 25,3 \text{ млн м}^3\text{/год}.$$

Результаты сопоставления трех независимых источников информации о стоке реки Лозовая приведены в таблице 4.

Таблица 4

Сопоставление характеристик стока реки Лозовая по разным источникам

Источник	M_0, л/(с·км^2)	Q_0, м^3/с	W_0, млн м^3
Наблюдения 1955–1962 гг.	3,91	1,03	32,8
Расчет по аналогии с рекой Луганъ	3,02	0,80	25,3
Разовый замер 10.05.2026	3,01	0,80	–

Значение модуля стока, полученное по разовому замеру 10.05.2026 г. (3,01 л/(с·км^2)), практически совпадает с расчетной величиной, найденной методом гидрологической аналогии (3,02 л/(с·км^2)), что можно рассматривать как подтверждение корректности принятых расчетных коэффициентов. Некоторое превышение исторических значений 1955–1962 гг. над расчетными указывает на то, что указанный период наблюдений, по-видимому, отличался несколько повышенной водностью относительно современных условий формирования стока.

Для оценки многолетней изменчивости стока реки Лозовая при отсутствии продолжительного ряда наблюдений параметры кривой обеспеченности приняты по реке-аналогу в соответствии с источником [8]. Коэффициент вариации годового стока реки-аналога Луганъ C_v определен методом моментов по ряду среднегодовых расходов воды за 1976–1980 гг. (Q_i = 0,82; 2,68; 2,21; 1,85; 1,18 м^3/с) по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{Q_i}{\overline{Q}} - 1\right)^2}, \qquad (5)$$

где n — число членов ряда наблюдений, годы ($n = 5$); Q_i — среднегодовой расход воды за i-й год, м^3/с; $\overline{Q}$ — среднеарифметическое значение расхода воды по ряду наблюдений, м^3/с ($\overline{Q} = 1,748$ м^3/с).

Рассчитанное по формуле (5) значение коэффициента вариации составило $C_v \approx 0,43$.

Отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации $C_s / C_v = 2$ принято по рекомендациям [8] для рек-аналогов однородного гидрологического района степной и лесостепной зоны со смешанным снегово-дождевым питанием.

При $C_s = 2C_v$ трехпараметрическое гамма-распределение Крицкого — Менкеля вырождается в двухпараметрическое гамма-распределение с параметрами формы $\alpha = 1/C_v^2$ и масштаба $\theta = 1/\alpha$, значения которых для $C_v = 0,43$ составили

$\alpha \approx 5,41$ и $\theta \approx 0,185$. Рассчитанные значения модульного коэффициента k_p были использованы для переноса аналитической кривой распределения на реку Лозовая с сохранением нормы стока $Q_0 = 0,80$ м^3/с.

В таблице 5 приведены параметры стока реки Лозовая, рассчитанные по аналитической кривой обеспеченности Крицкого — Менкеля.

Полученные значения показывают, что даже в засушливый год обеспеченностью 95 % годовой объем притока (10,4 млн м^3) составляет около 21 % полезного объема проектируемого водохранилища, что подтверждает необходимость его многолетнего регулирования и накопления стока в многоводные годы.

На третьем этапе исследований произведен расчет морфометрических и объемных показателей проектируемого водохранилища на реке Лозовая.

В качестве инструментария применялось геоинформационное моделирование в QGIS 3.40 с использованием цифровой модели рельефа долины реки.

Для выбора оптимальной площадки под водохранилище был выполнен анализ рельефа территории, прилегающей к г. Алчевску. Наиболее подходящим признан участок в урочище реки Лозовая — между пос. Петровка, пос. Хорошее и г. Зимогорье (выделен овалом на рисунке 1). Данная территория расположена в непосредственной близости от г. Алчевска, а так как она граничит с пос. Петровское, водохранилище предлагается назвать «Петровское».

Проектный уровень поверхности воды в водохранилище был принят равным 90 м по Балтийской системе высот (БС).

Точный контур и геометрические параметры нового водохранилища были получены в системе QGIS путем пересечения изолинии 90 м БС с трехмерной цифровой моделью рельефа поверхности урочища реки Лозовая (рис. 2).

Для обеспечения накопления воды в водохранилище в нижней части урочища необходимо выполнить строительство плотины, место расположения которой указано прямоугольной фигурой на рисунке 2.

Таблица 5

Параметры стока реки Лозовая по аналитической кривой обеспеченности Крицкого — Менкеля

Обеспеченность, P, %	Расчетный модульный коэффициент стока, k_p	Расчетный среднемноголетний модуль стока реки Лозовая, $M_{Лоз}$, л/(с·км^2)	Среднемноголетний расход стока реки Лозовая, $Q_{Лоз}$, м^3/с	Среднемноголетний объем годового стока реки Лозовая, $W_{Лоз}$, млн м^3/год	Характеристика года по водности
1	2,26	6,80	1,81	57,0	Экстремально многоводный
5	1,80	5,40	1,44	45,3	Многоводный
10	1,58	4,74	1,26	39,7	Повышенной водности
25	1,25	3,75	1,00	31,5	Повышенной водности
50	0,94	2,83	0,75	23,8	Средний
75	0,69	2,07	0,55	17,4	Маловодный
90	0,50	1,51	0,40	12,7	Засушливый
95	0,41	1,24	0,33	10,4	Засушливый
99	0,27	0,82	0,22	6,9	Очень засушливый

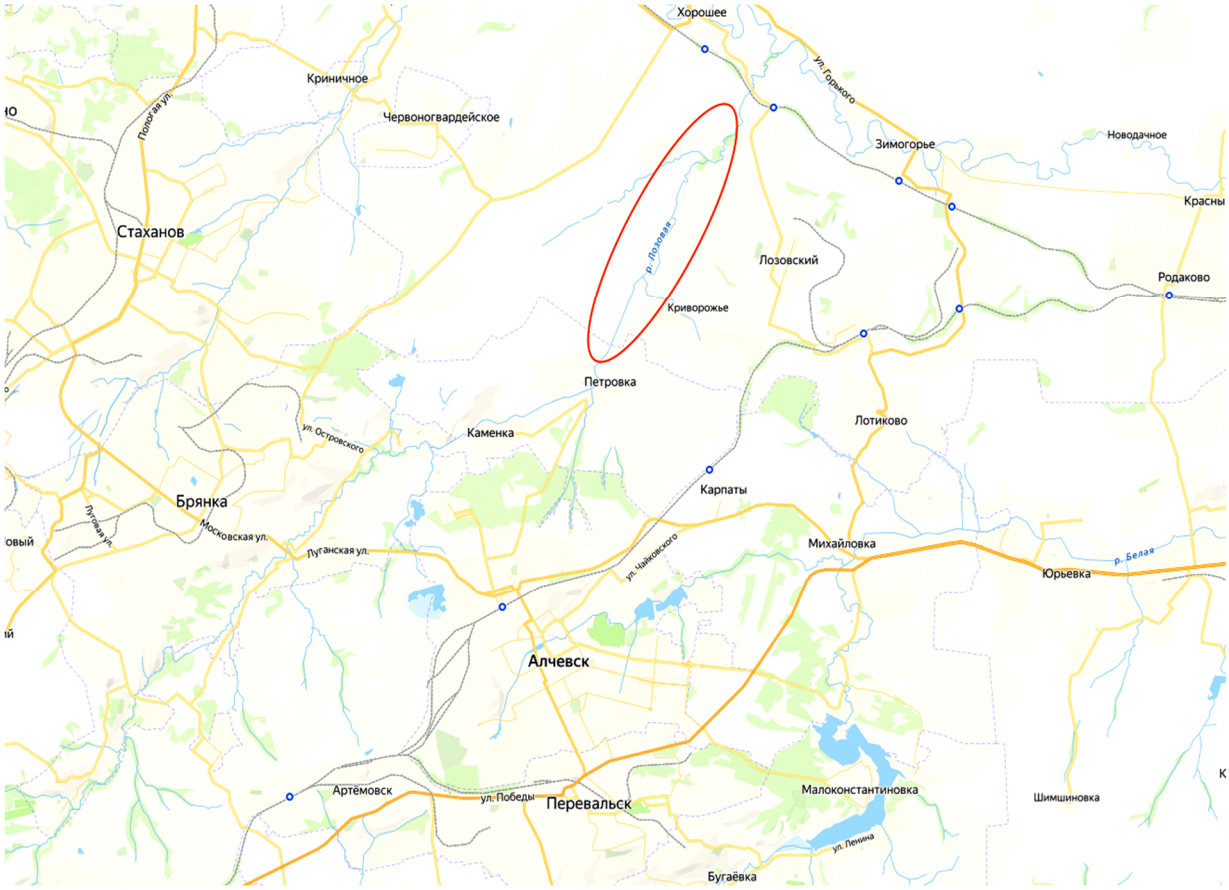


Рисунок 1 — Место расположения нового водохранилища «Петровское» на карте

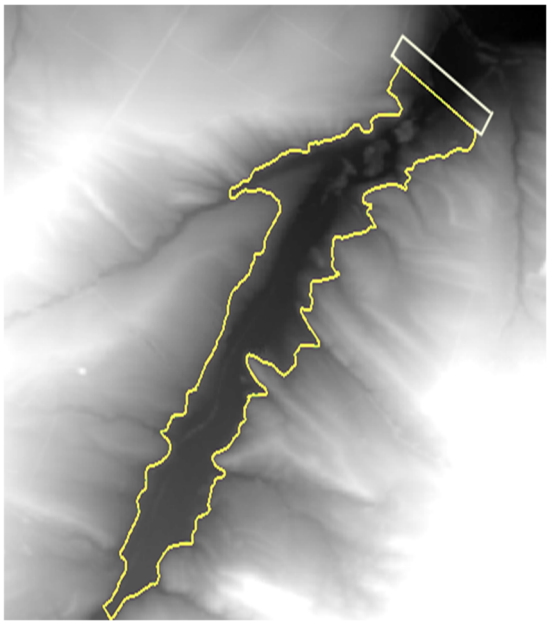


Рисунок 2 — Контур водохранилища, образованный пересечением изолинии 90 м БС с рельефной поверхностью

Параметры водохранилища «Петровское» определены с помощью плагина Surface Water Storage, поставляемого в составе геоинформационной системы QGIS 3.40, позволяющего построить для водоема зависимости «высота-площадь-объем» на основе цифровой модели рельефа Copernicus GLO-30 с размером ячейки 30 м.

Согласно расчетным данным при нормальном подпорном уровне НПУ = 90 м БС длина нового водохранилища «Петровское» вдоль основного русла составляет 7,0 км, площадь зеркала — 5,55 км^2, а полный объем — 0,0551 км^3. Для сравнения площадь зеркала Исаковского водохранилища достигает 2,95 км^2, объем — 0,026 км^3, а Елизаветинского водохранилища — площадь зеркала равняется 1,4 км^2, объем — 0,0084 км^3 [10]. На рисунке 3 представлена карта расположения трех во-

дохранилищ, из которой можно визуально сопоставить площади их водных зеркал.

Полезный объем нового водохранилища $W_{пол}$ определялся по формуле:

$$W_{пол} = W_{полн} - W_{мо} - W_{исп} - W_{фильтр}, \quad (5)$$

где $W_{полн}$, $W_{мо}$ — полный и мертвый объемы водохранилища соответственно; $W_{исп}$, $W_{фильтр}$ — объемы воды, теряемые за расчетный период на испарение и фильтрацию соответственно. В результате проведенных расчетов были установлены значения: $W_{мо} = 0{,}37$ млн м^3; $W_{исп} = 2{,}63$ млн м^3/год; $W_{фильтр} = 5{,}52$ млн м^3/год.

Полезный объем $W_{пол}$ за расчетный период 1 год составил 49,6 млн м^3.

На рисунке 4 представлены графики расчетных зависимостей объема нового водохранилища и площади его зеркала от глубины.

Сопоставление полезного объема проектируемого водохранилища (49,6 млн м^3) со среднемноголетним годовым объемом стока реки Лозовая (25,3 млн м^3) показывает, что при равномерном притоке наполнение чаши до отметки НПУ потребовало бы аккумуляции стока около двух лет. Однако внутригодовое распределение стока рек рассматриваемого района отличается резкой неравномерностью, поэтому фактические сроки наполнения могут оказаться более продолжительными, например, в течение нескольких многоводных лет. Доля весеннего половодья по данным реки-аналога достигает 45–55 % годового объема стока, что позволяет обеспечить основной приток в чашу водохранилища в период снеготаяния, тогда как меженный расход теплого периода (порядка 0,80 м^3/с по данным замера 2026 г.) используется преимущественно для компенсации потерь на испарение и фильтрацию, а также для поддержания санитарного попуска в нижний бьеф. В засушливый год (95 % обеспеченности) приток (10,4 млн м^3) составляет лишь 21 % полезного объема, что подтверждает необходимость многолетнего регулирования.

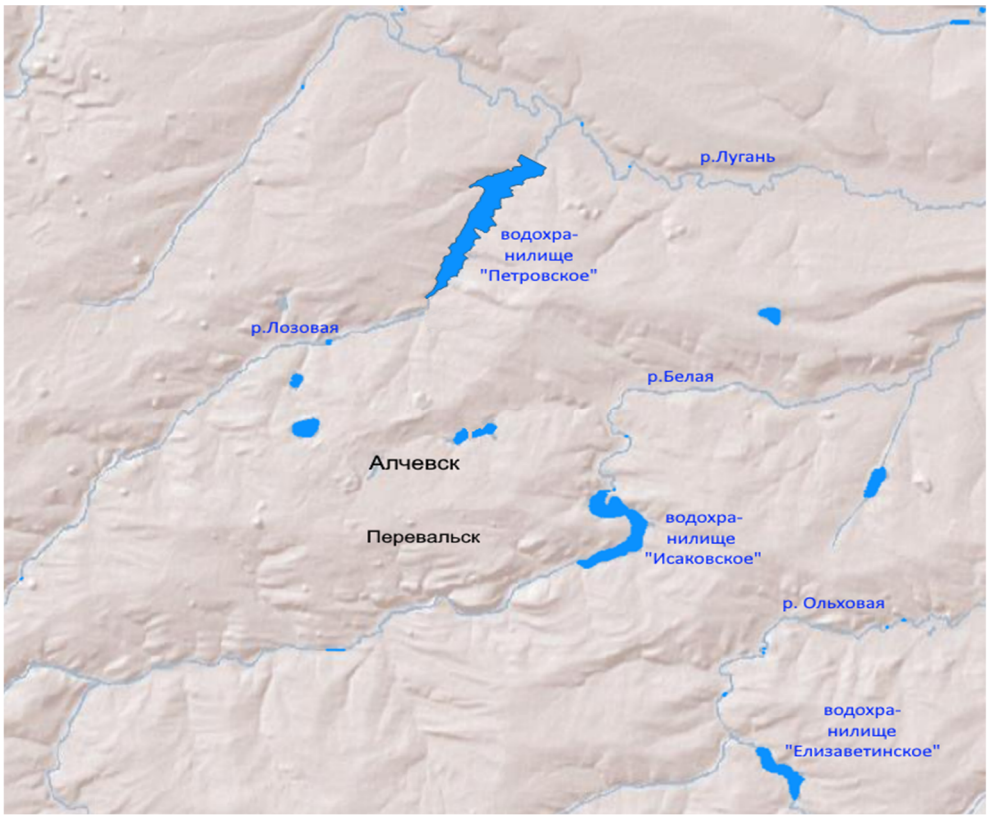


Рисунок 3 — Расположение трех водохранилищ на карте

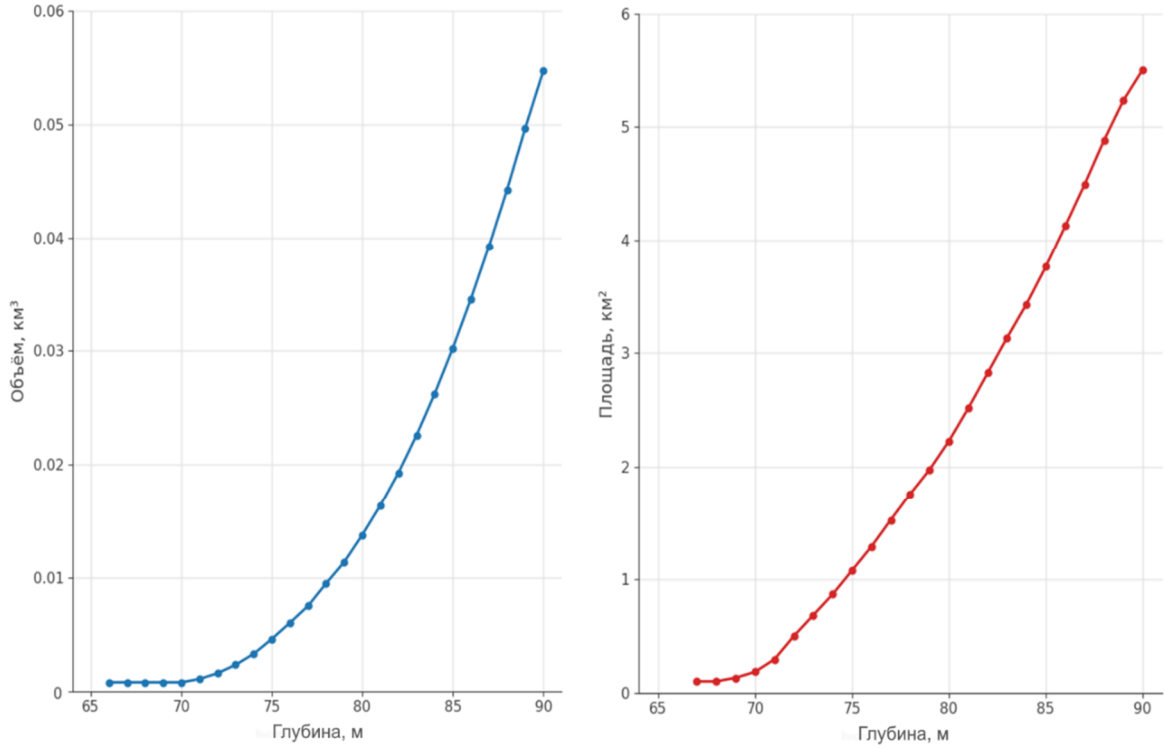


Рисунок 4 — Графики расчетных зависимостей объема водохранилища и площади его зеркала от глубины

Создание водохранилища на реке Лозовая может оказать положительное влияние на локальный водный режим территории за счет повышения уровня грунтовых вод в прилегающей пойменной зоне и некоторого смягчения микроклиматических условий в окрестностях чаши (снижение амплитуды суточных температур, увеличение влажности воздуха в теплый период). Вместе с тем подтопление поймы приведет к трансформации существующих пойменных экосистем и потребует предварительной оценки воздействия на окружающую среду, включая инвентаризацию затапливаемых земель и объектов растительного и животного мира.

С хозяйственной точки зрения формирование дополнительного полезного объема водохранилища 49,6 млн м^3 позволит использовать его в качестве резервного источника технического и питьевого водоснабжения, а также создаст условия для развития сопутствующих направлений хозяйственного использования: орошаемого земледелия на прилегающих сельскохозяйственных землях, товарного рыбоводства и рекреационного использования акватории.

К основным рискам реализации проекта следует отнести:

– заиление чаши водохранилища вследствие эрозионных процессов на водосборе, что потребует организации сети наблюдений за твердым стоком и при необходимости устройства наносозащитных сооружений в верхней части подпертого участка реки;

– необходимость устройства рыбопропускных сооружений либо создания компенсационного нерестово-вырастного хозяйства для сохранения условий воспроизводства ихтиофауны реки Лозовая ниже створа плотины;

– ограниченность и предварительный характер гидрологической информации, основанной на коротком ряде наблюдений реки-аналога и единичном замере непосредственно на реке Лозовая, что обусловливает необходимость организации стационарного поста гидрологических наблюдений на реке Лозовая до начала проектных изысканий.

В связи с тем, что образование наносов в водохранилищах имеет негативные как экономические, так и экологические последствия, то на следующем этапе исследований было целесообразным провести оценку заиления по методике [12], основанной на балансе наносов. Годовой объем наносов (м^3/год) рассчитывается по такой формуле:

$$W_{нанос} = \frac{Q_{год} \cdot \rho}{\gamma}, \text{ м}^3/\text{год}, \qquad (6)$$

где $Q_{год}$ — годовой объем стока реки (25,3 млн м^3/год); ρ — мутность воды, ориентировочно принятая 200 г/м^3 на основе данных по рекам-аналогам степной зоны; γ — объемная масса отложений, принятая за 1,0 т/м^3.

Подставив все значения по формуле, получаем:

$$W_{нанос} = \frac{25{,}3 \cdot 10^6 \cdot 0{,}2}{1000} = 5060, \text{ м}^3/\text{год}.$$

Итак, оценка заиления за период эксплуатации равняется:

$$W_{заил} = W_{наст} \cdot T = 5060 \cdot 50 = 253000, \text{ м}^3. \qquad (7)$$

Таким образом, среднегодовой объем наносов для рек данного региона составляет 0,5–1,0 % от годового стока. При объеме стока 25,3 млн м^3 и мутности воды ~200 г/м^3 годовой объем наносов оценивается в 5–10 тыс. м^3. С учетом возможного увеличения мутности в многоводные годы (50-летний период) верхняя граница оценена в 0,5 млн м^3. В процентном отношении к полезному объему (49,6 млн м^3) заиление составляет 0,5–1,0 %, что требует периодической очистки чаши.

Предварительная оценка экологических рисков показала, что площадь затопления составит приблизительно 5,55 км^2. В зону влияния попадают преимущественно сельскохозяйственные угодья и пойменные луга. Особо охраняемых природных территорий и местообитаний редких видов в зоне затопления не выявлено. Для минимизации воздействия на ихтиофауну рекомендуется устройство рыбопропускных сооружений и организация компенсационных нерестилищ.

Ориентировочная стоимость строительства плотины и гидротехнических сооружений оценивается в 1,5–2,0 млрд руб. Стоимость строительства определена методом укрупненных показателей по проекту-аналогу [13]. В рассчитанную сумму включено строительство плотины и гидротехнических сооружений, подготовка ложа водохранилища и создание водозаборных сооружений. Годовой экономический эффект Э (млн руб./год) от повышения надежности водоснабжения (снижение потерь от аварий, сокращение затрат на подвоз воды) складывается из нижеследующих составляющих оценивается в 150–200 млн руб./год, что обеспечивает срок окупаемости 10–15 лет:

$$Э = Э_{вод} + Э_{ав} + Э_{соц}, \qquad (8)$$

где $Э_{вод}$ — экономия от снижения затрат на подвоз воды и водоподготовку (оценена экспертно); $Э_{ав}$ — предотвращенные убытки от аварий и перебоев водоснабжения; $Э_{соц}$ — социальный эффект (повышение надежности водоснабжения).

Срок окупаемости определен по формуле:

$$T_{ОК} = \frac{К}{Э} = \frac{(1{,}5-2)\text{млрд руб.}}{(150-200)\text{млн руб./год}} = 10-15 \text{ лет}. \qquad (9)$$

Полученный срок окупаемости (примерно 10–15 лет) находится в пределах нормативных значений для гидротехнических проектов подобного масштаба и свидетельствует о потенциальной экономической целесообразности проекта. Однако необходимо отметить, что представленная экономическая оценка носит только предварительный (оценочный) характер.

Выводы и направление дальнейших исследований. В ходе исследования установлено, что река Лозовая (площадь водосбора 266 км^2, среднемноголетний расход воды 0,80 м^3/с, объем годового стока 25,3 млн м³/год) располагает достаточным

водным потенциалом для создания регулирующего водохранилища. Сопоставление полученных значений с историческими наблюдениями 1955–1962 гг. (3,91 л/(с·км^2)) указывает на тенденцию снижения водности, что необходимо учитывать при проектировании. При этом даже в засушливый год 95%-ной обеспеченности объем притока (10,4 млн м^3) составляет около 21 % полезного объема водохранилища (49,6 млн м^3), что подтверждает необходимость многолетнего регулирования стока и аккумуляции воды в многоводные периоды.

На основе геоинформационного моделирования в среде QGIS 3.40 с использованием цифровой модели рельефа Copernicus GLO-30 определены основные параметры водохранилища «Петровское»: при нормальном подпорном уровне (НПУ = 90 м БС) длина водоема вдоль основного русла составляет 7,0 км, площадь зеркала — 5,55 км^2, полный объем — 55,1 млн м^3. Полезный объем водохранилища с учетом мертвого объема (0,37 млн м^3/год), потерь на испарение (2,63 млн м^3/год) и фильтрацию (5,52 млн м^3/год) определен в размере 49,6 млн м^3, что существенно превышает показатели существующих в регионе Исаковского (0,026 км^3) и Елизаветинского (0,0084 км^3) водохранилищ. Полученные параметры свидетельствуют о высокой емкости проектируемого водоема и его потенциальной способности аккумулировать значительные объемы воды, достаточные для покрытия дефицита водных ресурсов Алчевского городского округа.

Создание водохранилища сопряжено с рядом экологических рисков, которые однако носят управляемый характер. Затопление территории площадью около 5,55 км^2 затронет преимущественно сельскохозяйственные угодья и пойменные луга; особо охраняемых природных территорий и местообитаний редких видов в зоне влияния не выявлено. Заиление чаши за 50-летний период оценивается в 0,25–0,5 млн м^3 (0,5–1,0 % полезного объема), что требует организации мониторинга твердого стока и периодической очистки. Для минимизации воздействия на ихтиофауну рекомендовано устройство рыбопропускных сооружений и создание компенсационных нерестилищ. Повышение уровня грунтовых вод в прилегающей пойменной зоне и смягчение микроклиматических условий (снижение амплитуды суточных температур, увеличение влажности воздуха) могут рассматриваться как положительные сопутствующие эффекты.

Создание водохранилища полезным объемом 49,6 млн м^3 позволит сформировать дополнительный источник технического и питьевого водоснабжения, способный повысить устойчивость водообеспечения Алчевского городского округа в условиях дефицита водных ресурсов существующих водохранилищ. Ориентировочная стоимость строительства оценивается в 1,5–2,0 млрд руб., годовой экономический эффект от повышения надежности водоснабжения — в 150–200 млн руб./год, что обеспечивает срок окупаемости 10–15 лет.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые для условий Алчевского городского округа ЛНР выполнена комплексная предпроектная гидрологическая оценка возможности создания нового регулирующего водохранилища на реке Лозовая с применением метода гидрологической аналогии (по реке Лугань) и геоинформационного моделирования чаши водоема в среде QGIS 3.40.

Практическая ценность результатов состоит в обосновании технической возможности и гидрологической целесообразности сооружения дополнительного источника водоснабжения полезным объемом около 49,6 млн м^3, способного повысить устойчивость водообеспечения населения и промышленности Алчевского городского округа в условиях дефицита водных ресурсов существующих Исаковского и Елизаветинского водохранилищ. Разработанные материалы могут быть использованы при подготовке предпроектной документации и технико-экономического обоснования проекта.

Направления дальнейших исследований будут связаны с: организацией стационарного гидрологического поста на реке Лозовая для уточнения параметров стока и построения собственной кривой обеспеченности стока по мере накопления данных регулярных наблюдений на исследуемой реке; проведением детальной оценки воздействия будущего водохранилища на окружающую среду (ОВОС) с учетом требований Федерального закона № 174-ФЗ; разработкой технико-экономического обоснования проекта с уточненными затратами и графиком строительства; обоснованием типа, параметров и места размещения сооружений водоподготовки, обеспечивающих приведение качества воды к питьевым нормативам. Проведенные исследования позволяют перейти от предпроектной проработки к стадии проектирования и последующей реализации проекта.

Список источников

1. Росводресурсы направят более 800 миллионов рублей на реконструкцию гидроузла старейшего в ЛНР водохранилища [Электронный ресурс] // Министерство природных ресурсов и экологии РФ : [сайт]. URL: https://www.mnr.gov.ru/press/news/rosvodresursy_napravyat_bolee_800_millionov_rubley_na_rekonstruktsiyu_gidrouzla_stareyshego_v_lnr_vo/ (дата обращения: 03.07.2026).

2. Павлов В. И., Кусайко Н. П., Кулакова С. И. Анализ изменения составляющих водного баланса бассейна водосбора Исаковского водохранилища // Экологический вестник Донбасса. 2021. № 2. С. 73–82. EDN RJFKSA

3. Подлипенская Л. Е., Бакуменко Ю. С. Оценка экологического состояния Исаковского водохранилища в современных условиях // Экологический мониторинг и биоразнообразие: Материалы Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. Ишим : Изд-во ИЛИ им. П. П. Ершова (филиала) ТюмГУ, 2018. С. 34–38. EDN YYWUEP

4. Подлипенская Л. Е., Федорова В. С., Бакуменко Ю. С. ГИС-проект рекреационных водных ресурсов Луганской Народной Республики // Экология урбанизированных территорий. 2024. № 2. С. 72-82. DOI: 10.24412/1816-1863-2024-2-72-82 EDN FXESRO

5. Павлов В. И., Кусайко Н. П., Сергейчук О. В. Оценка свойств гидрологического ряда наблюдений по гидропосту река Белая — Исаковское водохранилище // Экологический вестник Донбасса. 2024. № 1 (11). С. 12–20. EDN VSBLRM

6. О влиянии промышленных сбросов шахтных вод и ландшафтных изменений на наполняемость поверхностных водных объектов в Луганской Народной Республике / Ю. А. Дегтярев, А. А. Крамаренко, А. К. Коптева, И. Л. Лысенко // Экологический вестник Донбасса. 2022. № 6. С. 37–41. EDN NFVQQK

7. Пономаренко Т. С., Мартынов Д. В. Особенности формирования и трансформации максимального стока реки Миус // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 1. С. 225–242.

8. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М. : Госстрой России, 2004. 72 с.

9. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. М. : Наука, 1981. 272 с.

10. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн р. Северского Донца и реки Приазовья. Л. : Гидрометеорологическое издательство, 1967. 495 с.

11. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. II. Украинская ССР. Вып. 3. Бассейны Северского Донца, рек Крыма и Приазовья. Л. : Гидрометеорологическое издательство, 1985. 363 с.

12. Ахмедходжаева И. А., Аппакходжаева Т. У., Ибрагимова З. И. Прогноз потери емкости русловых водохранилищ сезонного регулирования : монография. Ташкент. 2019. 173 с.

13. Экономическое обоснование эффективности мероприятий, направленных на предотвращение негативного воздействия вод в речных прибрежных территориях (на примере г. Хабаровска) / А. А. Мурашева, А. В. Вдовенко, В. М. Столяров, П. П. Лепехин // Московский экономический журнал. 2017. Т. 2. № 4. С. 1–8.

© Федорова В. С., Рутковский А. Ю., Воскобойник Э. Т., 2026

Рекомендована к печати д.м.н., гл. врачом Центра гигиены и эпидемиологии в Луганской Народной Республике в г. Алчевске (филиал) Капрановым С. В., к.б.н., доц. каф. ЭБЖ ДонГТУ Швыдченко С. С.

Статья поступила в редакцию 09.07.2026.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Фёдорова Валерия Сергеевна, *канд. фарм. наук, доцент, зав. каф. экологии и безопасности жизнедеятельности*
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru

Рутковский Александр Юрьевич, *канд. техн. наук, доцент каф. экологии и безопасности жизнедеятельности*
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Воскобойник Эдуард Тимофеевич, *студент гр. Э-23 каф. экологии и безопасности жизнедеятельности*
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

***Fyodorova V. S., Rutkovskiy A. Yu., Voskoboinik E. T.** *(Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru)*

ASSESSMENT OF THE HYDROLOGICAL JUSTIFICATION AND PROSPECTS FOR CONSTRUCTING A REGULATING STORAGE LAKE ON THE LOZOVAYA RIVER

The article examines issue on hydrological justification of constructing a new regulating storage lake on the Lozovaya River to improve water supply enterprises and the population of the Alchevsk urban district. Using the hydrological analogy method and long-term observation data of the Lugan River, the runoff-forming characteristics of the Lozovaya River were assessed. Based on the results of geoinformation modeling of bowl of the future impounded body in the QGIS 3.40 software environment, the morphometric and volumetric parameters of the storage lake, were determined.

Key words: *storage lake, hydrological analogy, river runoff, Lozovaya River, Lugan River, water supply, GIS-modeling.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Fyodorova Valeriya Sergeyevna, *PhD in Pharmacy, Associate Professor, Head of the Department of Ecology and Life Safety*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia, e-mail: fvs.valeri.f@yandex.ru

Rutkovskiy Aleksandr Yurievich, *PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Mining Energy-mechanical Systems*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Voskoboinik Eduard Timofeevich, *Student of group E-23 of the Department of Ecology and Life Safety*
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia