

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 626.816:631.67

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-1-89-104

Водозаборное сооружение для целей орошения земель в горных условиях Северного Кавказа

Харлампий Иванович Килиди¹, Евгений Владимирович Кузнецов²,
Анна Евгеньевна Хаджиди³

^{1,2,3}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Российская Федерация

¹harlam_one@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4561-7878>

²dtn-kuz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0524-8390>

³dtn-khanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1375-9548>

Аннотация. Цель: разработка водозаборного сооружения для целей гидромелиорации земель в условиях забора воды из горных природных водных источников. **Материалы и методы.** Работа основана на теоретическом анализе гидрологической и геологической характеристики реки, который позволил провести расчет минимального стока, необходимого для стабильной работы водозаборного сооружения и гарантированного забора воды по периодам вегетации. Разработка конструктивных параметров водозаборного сооружения выполнена методом экспертной оценки с применением непараметрической статистики сравнением нескольких зависимых переменных. Определив требуемые качества для водозаборного сооружения, разработали конструкцию мелиоративного сооружения, адаптированную для условий горной и предгорной зоны Северного Кавказа. **Результаты.** Для достижения поставленной цели адаптирован статический метод анализа водозаборных сооружений, разработаны ведомости с факторной балльной шкалой для оценки экспертов. Коэффициент конкордации Кендалла составил 0,726, данные согласованы, уровень значимости P меньше 0,05, различия между факторами существенны. Максимальную эффективность имеет послойно-решетчатый тип водозаборного сооружения. Разработана конструкция водозаборного сооружения донного типа, исходя из гидрологического режима реки и способа подачи воды в систему. Данный тип сооружений демонстрирует высокую эффективность в условиях сложного рельефа местности и неустойчивого в течение вегетационного периода выращиваемых культур режима водного источника, обеспечивая стабильный забор воды при минимальном воздействии на экосистему. **Выводы.** Предложенная конструкция водозаборного сооружения может быть адаптирована к разным типам водных ресурсов и их колебаниям, что делает ее приемлемой для горных районов с переменным уровнем воды в природных водных источниках. Минимальное воздействие на экосистему обеспечивается высокой степенью очистки воды без значительных изменений в речных руслах.

Ключевые слова: водозаборное сооружение, орошение, горная местность, климатические факторы, экологическая устойчивость, экспертная оценка, свайный фундамент, гидрогеологический анализ

Для цитирования: Килиди Х. И., Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е. Водозаборное сооружение для целей орошения земель в горных условиях Северного Кавказа // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 1. С. 89–104. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-89-104>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

**Water intake structure for irrigating lands
in mountain conditions of the North Caucasus**

Kharlampy I. Kilidi¹, Evgeny V. Kuznetsov², Anna E. Khadzhidi³

^{1,2,3}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

¹harlam_one@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4561-787>

²dtn-kuz@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0524-8390>

³dtn-khanna@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1375-9548>

Abstract. Purpose: to develop a water intake structure for land reclamation purpose under the conditions of water withdrawal from mountainous natural water sources. **Materials and methods.** The paper is based on the theoretical analysis of the river hydrological and geological characteristics, which made it possible to calculate the minimum flow required for the stable operation of water intake structure and guaranteed water withdrawal during the growing seasons. The design parameters of the water intake structure were developed using the method of expert assessment with non-parametric statistics by comparing several dependent variables. Having determined the required qualities for a water intake structure, the design of a reclamation facility adapted for the conditions of the mountain and foothill zones of the North Caucasus was developed. **Results.** To achieve this goal, a static method for analyzing water intake structures was adapted, and statements with a factorial rating scale for expert assessment were developed. Kendall's concordance coefficient was 0.726, the data were consistent, the significance level P was less than 0.05, the differences between the factors were significant. The layer-by-layer latticed type of water intake structure has maximum efficiency. The design of a bottom-type water intake structure has been developed on the basis of the river hydrological regime and the method of water supply to the system. This type of structure demonstrates high efficiency in conditions of difficult terrain and unstable water source regimes during the growing seasons, ensuring stable water intake with minimal impact on the ecosystem. **Conclusions.** The proposed design of a water intake structure can be adapted to different types of water resources and their fluctuations, which makes it acceptable for mountainous areas with variable water levels in natural water sources. Minimal impact on the ecosystem is ensured by a high degree of water purification without significant changes in river channels.

Keywords: water intake structure, irrigation, mountainous terrain, climatic factors, environmental sustainability, expert assessment, pile foundation, hydrogeological analysis

For citation: Kilidi Kh. I., Kuznetsov E. V., Khadzhidi A. E. Water intake structure for irrigating lands in mountain conditions of the North Caucasus. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(1):89–104. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-1-89-104>.

Введение. При определении стоимости и целесообразности проектирования мелиоративных систем критической задачей является обеспечение эффективного забора воды из источника с учетом особенностей гидрогеологии, климатических факторов, а также уникальных условий сельскохозяйственных угодий. Основные изменения на водотоках происходят при возведении водозаборных сооружений, предназначенных для различных

целей народно-хозяйственного значения. В соответствии с конкретным сценарием эксплуатации и утвержденной схемой использования воды из источника, предметом выбора становится определение типа водозаборного сооружения. При выборе учитываются требования к качеству воды, стабильности речного бассейна и его характеристик, это основополагающие факторы в комплексной оценке.

Горная местность характеризуется большими перепадами высот, что приводит к формированию сложной системы поверхностного стока. Основным источником воды для горных рек являются ледники, снежные покровы и дождевые осадки. Эти источники обеспечивают реки водой в течение года, однако их вклад в сток неодинаков в разные сезоны. Гидрологический режим рек характерно отличается неравномерным стоком в течение года, что представляет собой вызов для устойчивости водных систем и экосистем. Дальнейшие исследования забора воды могут помочь в разработке средств для управления водными ресурсами в горных регионах в целом и обеспечить поддержание экологического баланса водотоков [1–3].

Материалы и методы. Статья отражает комплексный подход к разработке водозаборного сооружения на р. Пшеха, основанный на гидрологическом и геологическом анализе реки. Собрана информация о типе питания, колебании уровня воды и изменении габаритных размеров русла. Эти данные позволили провести расчет минимального стока, который необходим для стабильной работы водозаборного сооружения [4].

Для более объективной оценки при определении вида будущего водозаборного сооружения сравнительный анализ выполнен методом экспертной оценки с применением непараметрической статистики сравнением нескольких зависимых переменных, в котором результат оценки эксперта является анонимным. Привлекаемые эксперты выбираются из специалистов, имеющих опыт в разных областях, связанных с эксплуатацией, проектированием и исследованием водозаборных сооружений.

Так как мерительный или расчетный методы применить для выбора не представляется возможным, экспертный подход предоставляет более объективную возможность для оценки решения аналитических задач, а выбор оптимальных условий для строительства водозаборного сооружения как раз является подобной задачей. Общее количество экспертов 25 человек, балльная система предполагает по каждому фактору пять градаций, каждый эксперт заполняет разработанную форму с факторами: если фактор влияет значительно, то 5 баллов, если не значительно – 1 балл. Такая методика придает гибкость взглядов, так как имеется возможность оценивать существенное влияние, умеренное влияние, незначительное влияние, а также промежуточные: скорее существенное влияние и скорее незначительное влияние.

Разработаны ведомости для оценивания и факторная балльная шкала для перевода качественных показателей оценок в количественные, так как этот тип данных максимально комфортно используется в обработке. Достоверность отражается в анализе диаграмм размаха, сформированность которых позволяет определить, существуют ли выбросы значений, оценить ключевые значения, а также плотность группировки данных, величины конкордации обработанных данных, показывающие согласованность полученных результатов. Данный способ применения разработанной методики является более предпочтительным на фоне таких коллективных оценок, как метод «635» или метод мозгового штурма. Максимально близким по смыслу является метод Дельфи, за исключением проведения туров и причастности организаторов к ускорению работы по оцениванию.

Определив требуемые качества для водозаборного сооружения, разработали адаптированную конструкцию водозаборного сооружения для условий горной и предгорной зоны Северного Кавказа.

Результаты и обсуждения. Для рассмотрения принят левый приток р. Белой – р. Пшеха. Данный водный объект имеет смешанный режим пита-

ния, включающий как поверхностный (снеговой и дождевой), так и грунтовой. При пропорциональном рассмотрении по типу питания следующее распределение: подземное питание не более 25 %, дождевые осадки приносят 55–60 % и от таяния снега не более 30 %.

При площади речного бассейна 2090 км² длина реки 174 км. Средняя ее ширина 40–50 м (максимальная ширина 180 м, минимальная 35 м), глубина 0,5–1,2 м, берега крутые. Во время паводка за 10–15 ч уровень воды реки и малых притоков может повыситься на 2–3 м, а в условиях стесненного русла на 3–5 м. Прохождение паводков сопровождается деформациями дна русла, эрозия русла по дну может достигать $\pm 0,5 \dots \pm 1,5$ м. Скорость течения воды в реке на участке 0,2–0,6 м/с. Среднегодовые расходы составляют 23–57 м³/с, минимальные расходы за год изменяются от 2,2 до 11,5 м³/с. Максимальные – от 170 до 950 м³/с. Среднемноголетний минимальный расход составляет 5,71 м³/с. Минимальный расход 95 % обеспеченности – 2,66 м³/с (таблица 1).

Таблица 1 – Минимальный расчетный сток р. Пшеха

Table 1 – Minimum estimated river flow of the Pshekhha river

Река – пост	Q_{\min} , м ³ /с	C_S/C_V	C_V	Расчетный расход воды, м ³ /с		
				80 %	90 %	95 %
Р. Пшеха – г. Апшеронск	5,39	2,49	0,38	3,78	3,13	2,66

Анализ данных таблицы 1 позволяет сделать вывод, что питание реки, согласно значению коэффициента вариации (C_V), относительно равномерное, но изменчивость параметров кривых распределения вероятностей и коэффициента асимметрии характерна для исследуемой местности (растут в северном направлении).

В зависимости от режимов реки (руслового, гидрологического), типа водозабора (бесплотинный, плотинный) и метода подачи воды в систему (машинный – с использованием гидромеханического оборудования, самотечный), осуществлялся выбор основных сооружений и их компоновка на водозаборе. Этот процесс предусматривает детальный анализ и учет тех-

нических характеристик, чтобы обеспечить оптимальное функционирование системы в соответствии с установленными требованиями и условиями эксплуатации [5–7].

Бесплотинные водозаборные сооружения представляют собой объекты, в которых технологические этапы извлечения воды из реки осуществляются при уровнях воды, характерных для бытового использования. Такие водозаборы могут быть реализованы как автономными, функционирующими за счет самотечного движения воды, так и оборудованными механизированными системами подъема воды.

Недостатки данного типа водозаборов: несовпадение запасов воды для отбора с расходами на потребление; необходимость определения максимального расхода, поступающего из реки; проблемы заиления, что может привести к уменьшению пропускной способности водозаборного сооружения и, как следствие, требовать постоянного удаления наносов для поддержания эффективной работы.

Шпорные водозаборы представляют собой усовершенствованные боковые системы водозаборов, размещенные в русле реки. Они характеризуются выдвинутой в русло водозахватной шпорой, представляющей собой дамбу. Эти конструкции находят применение в ситуациях с небольшим расходом воды, неустойчивым руслом и резкими колебаниями уровня воды в реке.

Идея использования шпор заключается в эффективном увеличении расхода воды с помощью подпора, направляющего воду в канал, при этом снижается количество наносов, поступающих из донной зоны. Эти сооружения обеспечивают фронтальный захват воды, конструктивно шпора представляет собой дамбу с прямолинейным, криволинейным или ломаным очертанием в плане, изготовленную из местных строительных материалов. Таким образом, шпоры адаптированы к местным условиям и обеспечивают эффективную работу в различных гидротехнических сценариях.

Глубинные (донные) водозаборы отличаются от поверхностных тем, что они функционируют в напорном гидравлическом режиме, осуществляя

забор воды из подземных источников. Этот тип водозаборов применяется, когда высота береговых отметок создает условия для работы, что обеспечивает эффективный процесс забора воды.

Глубинные водозаборы предпочтительны в ситуациях, когда устройство открытого канала становится невозможным из-за высоких берегов, требующих значительных земельных работ. Основное назначение таких водозаборов заключается в обеспечении водоснабжения при невысоких расходах воды в реке [8, 9].

Выбор типа водозаборного сооружения выполнен методом экспертных оценок согласно разработанной факторной балльной шкале оценивания (таблица 2).

Таблица 2 – Факторная балльная шкала оценивания типа водозаборного сооружения

Table 2 – Factorial rating scale for assessing the water intake structure type

Фактор	Шкала оценивания	
1 Эффективность в сложном рельефе	1	Незначительное влияние
	2	Скорее незначительное влияние
	3	Умеренное влияние
	4	Скорее существенное влияние
	5	Существенное влияние
2 Воздействие на природную среду	1	Незначительное влияние
	2	Скорее незначительное влияние
	3	Умеренное влияние
	4	Скорее существенное влияние
	5	Существенное влияние
3 Высокая производительность	1	Незначительное влияние
	2	Скорее незначительное влияние
	3	Умеренное влияние
	4	Скорее существенное влияние
	5	Существенное влияние
4 Необходимость регулярной очистки	1	Незначительное влияние
	2	Скорее незначительное влияние
	3	Умеренное влияние
	4	Скорее существенное влияние
	5	Существенное влияние
5 Требование к глубине водоема	1	Незначительное влияние
	2	Скорее незначительное влияние
	3	Умеренное влияние
	4	Скорее существенное влияние
	5	Существенное влияние

По факторной балльной шкале обработаны экспертные данные для изучаемых типов водозаборных сооружений по каждому фактору поочередно. Используя программный комплекс Statistica, основанный на непараметрическом ранговом анализе дисперсии и конкордации, получили согласованность выставляемых экспертами баллов, что отражает диаграмма размаха экспертных оценок. На рисунке 1 представлена диаграмма размаха данных по эффективности водозаборного сооружения при устройстве в сложном рельефе.

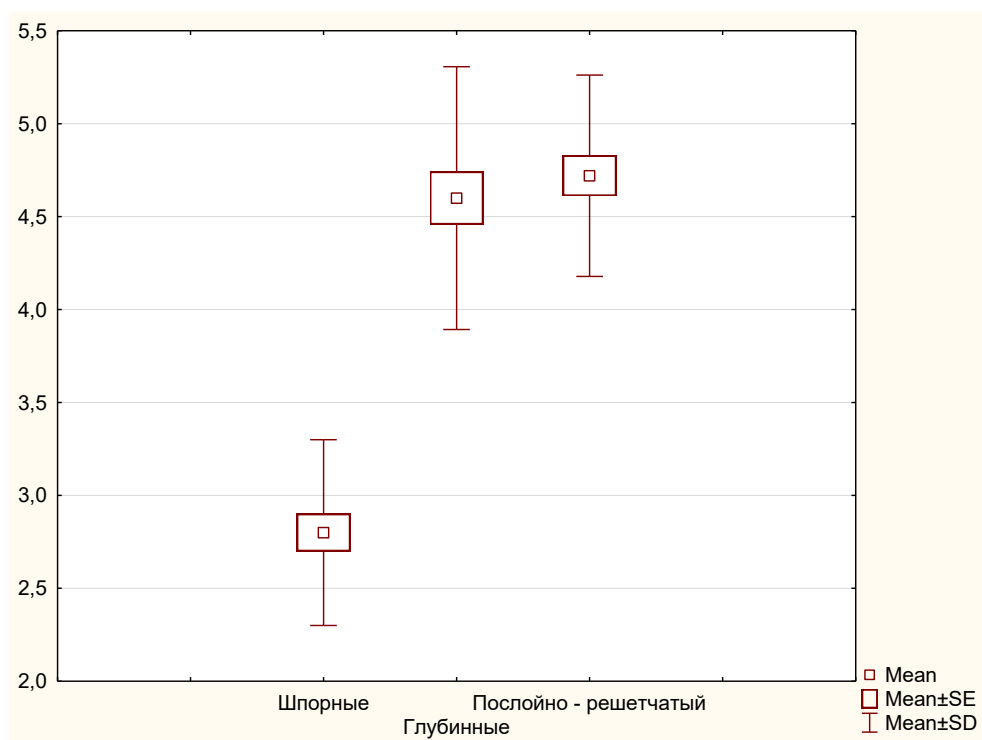


Рисунок 1 – Диаграмма размаха экспертных оценок при устройстве в сложном рельефе
Figure 1 – Boxplot of expert assessments when installing in difficult terrain

Формирование диаграммы происходит встроенным в программу Statistica графическим модулем, вертикальная шкала отражает величины баллов оценки, на горизонтальной отображаются типы водозаборных сооружений. Так как ящичный вид позволяет наглядно оценить формирование средних значений (медиан), обозначенных как Mean, нормальность распределения отражается симметричностью удаления от медианы при формиро-

вании самого ящика как $\text{Mean} \pm \text{SE}$, края статистически значимой выборки обозначены как $\text{Mean} \pm \text{SD}$. Так как наименьшее значение рейтинга по рисунку 1 соответствует меньшей эффективности водозаборного сооружения, то можно с уверенностью заявить о большей эффективности послойно-решетчатого типа.

Результаты рангового анализа и оценки конкордации показаны на примере данных таблицы 3, в которой приведены сведения о количестве респондентов (экспертов) и основные итоговые значения. Также в таблице отражены параметры оценки и распределение рангов.

Таблица 3 – Результаты рангового анализа и оценки конкордации Кендалла в программе Statistica

Table 3 – Results of rank analysis and assessment of Kendall concordance in the Statistica program

Переменная	Ранговый критерий Фридмана и конкордация Кендалла ($N = 25$, $cc = 2$) = 36,30952 $P < 0,00000$ Коэффициент конкордации = 0,72619. Средний ранг $r = 0,71478$			
	Средний ранг	Сумма рангов	Среднее	Стандартное отклонение
Шпорные	1,100000	27,50000	2,800000	0,500000
Глубинные	2,400000	60,00000	4,600000	0,707107
Послойно-решетчатый	2,500000	62,50000	4,720000	0,541603

Так как коэффициент конкордации Кендалла составляет 0,726, данные согласованны, уровень значимости P меньше 0,05, различия между факторами существенны. Следовательно, максимальную эффективность имеет послойно-решетчатый тип водозаборного сооружения.

Доступность водных ресурсов может быть снижена из-за сложного рельефа. Глубинные водозаборы предоставляют возможность эффективно извлекать подземные водные ресурсы. Высокая эффективность фильтрации поддерживается благодаря сочетанию слоев материала и решетчатой структуры, при этом исключаются частицы различных размеров, в т. ч. мелкий мусор и органические вещества. Данная конструкция водозабора может быть адаптирована к разным типам водных ресурсов и их колебани-

ям, что делает ее приемлемой для горных районов с переменным уровнем воды в природных водных источниках. Минимальное воздействие на экосистему обеспечивается высокой степенью очистки воды без значительных изменений в речных руслах [10].

Подача воды из реки на орошаемый участок должна осуществляться бесперебойно. Река Пшеха в створе исследований имеет расходы воды от 2 до 300–800 м³/с в зависимости от обеспеченности стока. Во время паводка за период 10–15 ч уровень воды в реке может повыситься на 2–3 м, что сопровождается деформациями дна русла. Устойчивость сооружения и его закрепление на данном участке обуславливает русло реки, представленное глинистыми породами. Предусмотрено проектирование свайного фундамента с ростверком. Для устойчивости рассматривается использование шести металлических свай диаметром 200 мм с толщиной стенки 8 мм (согласно ГОСТ 10704-91), что показано на рисунке 2.

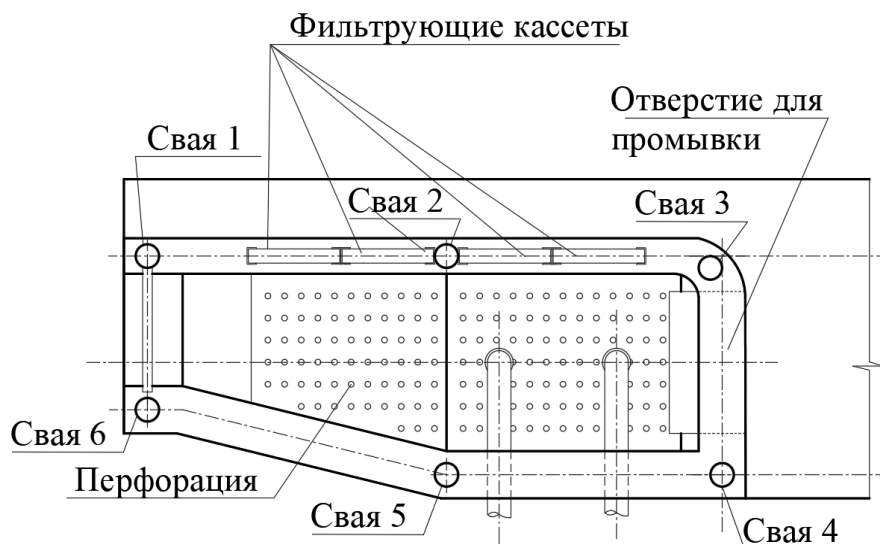


Рисунок 2 – План водозаборного сооружения
Figure 2 – Design of water intake structure

Вариант строительства предполагает расположение свай по периметру сооружения, где они интегрируются в вертикальные стены объекта. Для обеспечения дополнительной устойчивости сваи погружаются на глубину 5 м в минеральный грунт берега и русла реки. При этом предусмот-

рено образование монолитных подошв диаметром 500 мм в грунте на концах труб. Такой подход не только обеспечивает стабильность конструкции, но и предотвращает потерю целостности аванкамеры в периоды повышенных значений расхода. Принятые меры направлены на эффективное управление гидравлическими процессами, что способствует увеличению долговечности инженерных сооружений в условиях естественных изменений русла реки.

Дно аванкамеры выполнено из перфорированной плиты толщиной 200 мм. Диаметр входных отверстий принят по расчету 50 мм. Под дном аванкамеры устраивается трехслойный обратный фильтр. Боковая правая стенка аванкамеры также имеет перфорацию на высоте 500 мм. Диаметр входных отверстий принят по расчету 50 мм.

Правая верхняя часть аванкамеры оборудована приемными отверстиями, которые закрываются четырьмя фильтрующими кассетами. Кассеты устанавливаются в пазах стенки (рисунок 3).

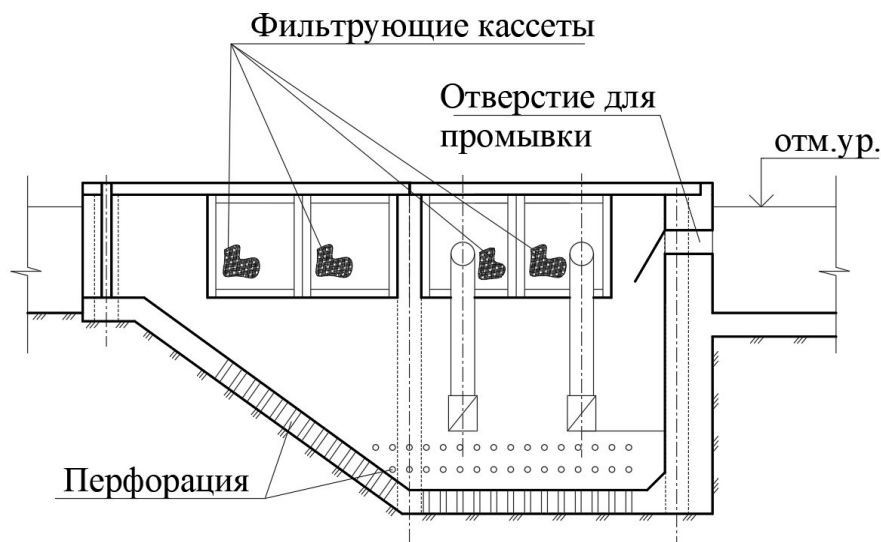


Рисунок 3 – Продольное сечение водозаборного сооружения
Figure 3 – Cross-section of water intake structure

Левая стенка аванкамеры выполнена глухой и врезана в левый берег. Толщина левой стенки принята 400 мм. Торцевая часть выполняется в форме устья с радиальной формой скругления. В торцевой части аванкамеры име-

ется прямоугольное отверстие размером $0,2 \times 1,2$ м для гидравлической промывки аванкамеры. Отверстие оборудовано затвором для предотвращения попадания молоди рыб и сороудерживающей решеткой радиальной формы.

Постоянное поступление воды в аванкамеру через ее дно и стенки является ключевым фактором поддержания оптимального уровня в этом гидротехническом сооружении. С целью обеспечения уравновешенного водоснабжения и водоотвода в дне и стенках аванкамеры предусмотрены специальные отверстия, которые регулируют баланс водных потоков. Уровень дна аванкамеры у водозабора установлен на отметке 179,67 м. Верхнюю часть аванкамеры размещают на отметке 182,17 м, что предотвращает внедрение влекомых наносов через дно реки.

Верхняя часть аванкамеры выполнена из монолитного железобетона толщиной 100 мм и представляет собой единую конструкцию с боковыми стенками гидротехнического сооружения. Для обеспечения доступа к аванкамере в случае необходимости проведения чистки и ремонтных работ в ее верхней части предусмотрено кругловидное отверстие размером 2500×1000 мм, которое закрывается подъемной железобетонной плитой. Конструкция верхней части аванкамеры сохраняет закрытый статус с целью предотвращения проникновения взвешенных наносов в условиях повышенных расходов, когда уровень воды достигает верхнего края аванкамеры.

В задней части сооружения учтено присутствие индивидуально изготовленного металлического затвора размерами 1050×1400 мм. В периоды повышенных уровней аванкамера подвергается затоплению, так как максимальные уровни изменяются от 187,84 до 190,32 м БС при обеспеченности от 10 до 0,5 % соответственно.

Затопление аванкамеры не приводит к нарушению работы насосной станции первого подъема. Повышение уровня воды используется для проведения промывочных процедур в аванкамере с целью устранения наносов и поддержания ее работоспособности.

Выводы. Анализ природных факторов рассматриваемой территории, в частности гидрологических и геологических условий, позволил выявить ключевые параметры, влияющие на выбор оптимального местоположения мелиоративного водозаборного сооружения. При выборе типа конструкции водозаборного сооружения в изучаемых условиях использована статистическая обработка данных и метод экспертной оценки. Коэффициент конкордации Кендалла составляет 0,726, что больше 0,4 – данные экспертной оценки согласованны; уровень значимости P меньше 0,05, различия между факторами существенны.

Разработанная конструкция водозаборного сооружения обеспечивает гарантированный забор воды из горных рек как в межень, так и при прохождении паводков. При этом удовлетворяются требования, предъявляемые к мелиоративным водозаборам, в системах соблюдается устойчивая бесперебойная подача и оказывается минимальное влияние на речные русла, а в реках сохраняется биоразнообразие водных организмов. В конструктивных решениях следует отметить подготовленность для установки активной рыбозащиты вместо пассивных фильтрующих кассет.

Список источников

1. Анахаев К. Н., Беликов В. В. О гидрогеофизических «несуразностях» в изучении горных рек Северного Кавказа // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 5. С. 19–24. EDN: ВРУАQO.
2. Method of restoring water level of small rivers / E. Kuznetsov, A. Khadzhide, L. Motornaya, Kh. Kilidi, M. Filimonov, L. Kravchenko // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don, 24–26 Febr. 2021. Vol. 273. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021. 05007. DOI: 10.1051/e3sconf/202127305007. EDN: UCOSDP.
3. Ткачев А. А., Ольгаренко И. В. Современные проблемы в управлении водораспределением в магистральных каналах оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 1–23. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1192> (дата обращения: 09.06.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23. EDN: NTRFMJ.
4. Development of the water management complex by increasing water availability of small watercourses of the Krasnodar Territory / A. Khadzhide, I. Boukhanef, L. Motornaya, A. Kurtnezirov, A. Tratnikova, L. Kravchenko // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. 575. P. 282–289. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_29. EDN: PEEUNL.

5. Хецуриани Е. Д., Гарбуз А. Ю., Хецуриани Т. Е. Научные основы разработки гидротехнических устройств для обеспечения надежности и безопасной работы водозаборов // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 332–345. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1253> (дата обращения: 22.11.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-332-345. EDN: XTNDQV.

6. Хецуриани Е. Д., Васильев С. М. Аспекты разработки конструктивно-технологических устройств для безопасной работы водозаборов мелиоративных систем // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 96–100. DOI: 10.28983/asj.y2022i5pp96-100. EDN: WWEFCI.

7. О системном подходе к разработке программного комплекса поддержки проектирования водозаборных сооружений оросительных систем / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. А. Белоусов, А. Б. Белоусов, М. В. Герасименко, В. К. Клевцова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 1–16. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=631> (дата обращения: 09.06.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-1-16. EDN: LYHLLGN.

8. Штанько А. С. Фильтрующие водозаборы из водотоков для подачи предварительно очищенной воды в системы капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 123–139. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1142> (дата обращения: 09.06.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-123-139. EDN: JHVTFLF.

9. Грушко Д. В., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Оценка водозаборной способности дренажа с защитно-фильтрующим материалом по значению напоров в придренной зоне // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 137–149. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=975> (дата обращения: 09.06.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-137-149. EDN: EZBRKS.

10. Шкура В. Н., Шевченко А. В. Фильтрующие водозаборы из водоемов для приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 3(83). С. 58–64. EDN: AHUXHO.

References

1. Anakhaev K.N., Belikov V.V., 2020. *O gidrogeofizicheskikh “nesuraznostyakh” v izuchenii gornykh rek Severnogo Kavkaza* [About hydrogeophysical “absurdities” in the study of mountain rivers of the North Caucasus]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 5, pp. 19-24, EDN: BPYAQO. (In Russian).

2. Kuznetsov E., Khadzhidi A., Motornaya L., Kilidi Kh., Filimonov M., Kravchenko L., 2021. Method of restoring water level of small rivers. E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021, Rostov-on-Don, 24-26 Febr. 2021. Vol. 273, Rostov-on-Don, EDP Sciences, 05007, DOI: 10.1051/e3sconf/202127305007, EDN: UCOSDP.

3. Tkachev A.A., Olgarenko I.V., 2021. [Urgent problems of water distribution management in main canals of irrigation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 11, no. 2, pp. 1-23, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1192> [accessed 09.06.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23, EDN: NTRFMJ. (In Russian).

4. Khadzhidi A., Boukhanef I., Motornaya L., Kurtnezirov A., Tratikova A., Kravchenko L., 2023. Development of the water management complex by increasing water availability of small watercourses of the Krasnodar Territory. Lecture Notes in Networks and Systems, 575, pp. 282-289, https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_29, EDN: PEEUNL.

5. Khetsuriani E.D., Garbuz A.Yu., Khetsuriani T.E., 2021. [Scientific basis for developing hydraulic engineering structures to ensure the reliability and safe operation of water in-

takes]. *Melioratsiya i gidrotehnika*, vol. 11, no. 4, pp. 332-345, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1253> [accessed 22.11.2021], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-332-345, EDN: XTND0V. (In Russian).

6. Khetsuriani E.D., Vasilyev S.M., 2022. *Aspekty razrabotki konstruktivno-tekhnologicheskikh ustroystv dlya bezopasnoy raboty vodozaborov meliorativnykh sistem* [The main aspects of the development of structural and technological devices to ensure the safe operation of water intakes of reclamation systems]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* [The Agrarian Scientific Journal], no. 5, pp. 96-100, DOI: 10.28983/asj.y2022i5pp96-100, EDN: WWEFCI. (In Russian).

7. Shchedrin V.N., Korzhov V.I., Belousov A.A., Belousov A.B., Gerasimenko M.V., Klevtsova V.K., 2019. [On system approach to software package development for support of water intake structures design of irrigation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(36), pp. 1-16, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=631> [accessed 09.06.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-1-16, EDN: LYHLGN. (In Russian).

8. Shtanko A.S., 2020. [Filtering water intake from watercourses for pre-treated water delivering into drip irrigation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(39), pp. 123-139, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1142> [accessed 09.06.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-123-139, EDN: JHVTLF. (In Russian).

9. Grushko D.V., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2019. [Water intake capacity assessment of drainage with protective filtering material by head value in drain area]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(34), pp. 137-149, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=975> [accessed 09.06.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-137-149, EDN: EZBRKS. (In Russian).

10. Shkura V.N., Shevchenko A.V., 2021. *Fil'truyushchie vodozaborov iz vodoemov dlya privodokhranilishchnykh rybovodno-meliorativnykh kompleksov* [Filter water intakes from water bodies for fish-breeding and reclamation complexes at reservoirs]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(83), pp. 58-64, EDN: AHUXHO. (In Russian).

Информация об авторах

Х. И. Килиди – старший преподаватель кафедры гидравлики и с.-х. водоснабжения, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, harlam_one@mail.ru, AuthorID: 672032, ORCID ID: 0000-0002-4561-7878;

Е. В. Кузнецов – профессор кафедры строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, доктор технических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, dtm-kuz@rambler.ru, AuthorID: 176848, ORCID ID: 0000-0003-0524-8390;

А. Е. Хаджиди – и. о. заведующего кафедрой гидравлики и с.-х. водоснабжения, доктор технических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация, dtm-khanna@yandex.ru, AuthorID: 509767, ORCID ID: 0000-0002-1375-9548.

Information about the authors

Kh. I. Kilidi – Senior Lecturer of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, harlam_one@mail.ru, AuthorID: 672032, ORCID ID: 0000-0002-4561-7878;

E. V. Kuznetsov – Professor of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, dtm-kuz@rambler.ru, AuthorID: 176848, ORCID ID: 0000-0003-0524-8390;

A. E. Khadzidi – Acting Head of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named

after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation, dtn-khanna@yandex.ru, AuthorID: 509767, ORCID ID: 0000-0002-1375-9548.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 18.12.2023; одобрена после рецензирования 29.01.2024;
принята к публикации 30.01.2024.
The article was submitted 18.12.2023; approved after reviewing 29.01.2024; accepted for
publication 30.01.2024.*