

Обзор новых конструктивных решений водозаборных сооружений

Юлия Александровна Рыльцева

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Предметом исследования являются водозаборные сооружения природных вод — поверхностных и подземных. Пожалуй, не существует ни одного инженерного сооружения, над совершенствованием конструкции и технического оснащения которого (в целях повышения надежности) не работали бы инженеры, ученые. Водозаборные сооружения в данном контексте не исключение. Рост площади жилой застройки, развитие промышленности, сельского хозяйства, государственные программы, направленные на снижение степени отрицательного воздействия на окружающую природную среду, создают предпосылки для строительства новых, реконструкции действующих водозаборов. Накопленные за последние десять лет научные разработки российских и зарубежных ученых, посвященные созданию новых конструкций сооружений для забора воды, нуждаются в обобщении.

Материалы и методы. Проведен аналитический обзор новых научных трудов (периодических изданий, патентов, диссертационных исследований), в которых приводится описание инновационных конструкций водозаборных устройств, обеспечивающих технологический и (или) экономический эффект.

Результаты. Установлено, что большее число новых изобретений нацелено на повышение барьерной роли водозаборов поверхностных вод по отношению к взвешенным, донным наносам и рыбной молоди. Эффект очистки воды водозаборным сооружением, как правило, обеспечивается фильтрованием, отстаиванием, а также комплексом этих процессов. Предлагаемые учеными конструкции рыбозащитных устройств включают одновременно фильтрующие преграды и средства воздействия на поведенческие реакции рыбной молоди. Интерес ученых также проявлен к разработке конструкции водозаборов подземных вод, способствующих увеличению дебита сооружения.

Выводы. Выполнены обзорное описание и анализ новых конструктивных решений водозаборных сооружений, обозначены рекомендации по их применению. Собранные сведения могут найти практическое применение при проектировании новых водозаборов, модернизации действующих устройств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водозаборные сооружения, взвешенные и донные наносы, рыбозащитные сооружения, борьба с шугой, горные реки, подземные воды

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Рыльцева Ю.А. Обзор новых конструктивных решений водозаборных сооружений. 2023. Т. 13. Вып. 3. Ст. 4. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.3.4

Автор, ответственный за переписку: Юлия Александровна Рыльцева, ryiltsevayua@mgsu.ru.

Review of new design solutions for water intake structures

Yuliya A. Ryltseva

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The subject of research is water intake structures of natural waters — surface and underground. At present, there is perhaps not a single engineering structure that engineers and scientists would not work on improving its design and technical equipment (in order to increase reliability). Water intake structures in this context are not an exception. The growth of residential area, development of industry, agriculture, state programmes aimed at reducing the degree of negative impact on the environment create prerequisites for construction of new and reconstruction of existing water intakes. Scientific developments of Russian and foreign scientists devoted to the creation of new designs of water intake structures accumulated over the last ten years need to be generalized.

Materials and methods. An analytical review of new scientific papers (periodicals, patents, dissertation research), which describe innovative designs of water intake structures that provide technological and (or) economic effect, has been carried out.

Results. It was found that a greater number of new inventions are aimed at increasing the barrier role of surface water intake structures in relation to suspended, bottom sediments and juvenile fish. The effect of water purification by a water intake structure is usually provided by filtration, sedimentation, and a complex of these processes. The designs of fish protection devices proposed by scientists include both filtering barriers and means of influence on the behavioural reactions of juvenile fish. Scientists are also interested in developing groundwater intake structure design that contributes to increasing flow rate of the structure.

Conclusions. The overview description and analysis of new design solutions of water intake structures are made, recommendations on their application are outlined. The collected data can find practical application in the design of new water intake structures and modernization of the existing facilities.

KEYWORDS: water intake structures, suspended and bottom sediments, fish protection structures, slush ice control, mountain rivers, groundwater

FOR CITATION: Ryltseva Yu.A. Review of new design solutions for water intake structures. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2023; 13(3):4. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2023.3.4

Corresponding author: Yuliya A. Ryltseva, ryltsevayua@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Водозаборные сооружения служат первым звеном сложной цепочки системы водоснабжения, ввиду чего обеспечение высокой надежности их функционирования не может быть поставлено под сомнение. От правильности выбора расположения водозабора, его конструкции и оборудования напрямую зависят эффективность и экономичность процесса водоподготовки, экологическое состояние вод источника и перспективы его использования как такового в будущем. Немалое влияние водозаборные сооружения оказывают и на обитателей водного объекта — его флору и фауну. Особую остроту надежность функционирования водозаборных сооружений имеет в условиях Севера и на горных реках. С учетом неослабеваемого техногенного воздействия на поверхностные и подземные воды к сооружениям забора воды на сегодняшний день предъявляются требования по повышению их барьерной роли в отношении примесей природной воды. Цели продовольственной безопасности государства (в плане обеспечения населения рыбой и рыбопродуктами) указывают на актуальность оборудования водозаборов эффективными средствами рыбозащиты.

Значительный вклад в создание научной литературы, посвященной водозаборам поверхностных и подземных вод, внесли С.К. Абрамов, Н.Н. Биндеман, В.С. Алексеев, К.С. Боголюбов, М.Г. Журба, Ж.М. Говорова, Н.Н. Лапшин, М.П. Семенов, Н.А. Плотников, Ю.И. Вдовин, И.А. Лушкин, А.Ф. Порядин. Этими учеными до начала 2000-х гг. подготовлены замечательные учебники и учебные пособия, составившие основу для академической подготовки специалистов в сфере водоснабжения. Изучение издаваемой за последние 10–15 лет учебной литературы показало, что в части конструктивных особенностей водозаборных сооружений авторами в основном описываются стереотипные конструкции водозаборных устройств, зарекомендовавшие себя многолетней практикой. Вместе с тем поступательное движение науки влечет за собой создание инноваций во всех сферах техники и технологий, которые не следует оставлять без внимания. Задача настоящей работы — обзор накопленных за последнее десятилетие научно-технических достижений в сфере сооружений для забора воды из различных источников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В целях сбора информации о современных научно-технических разработках в сфере водозабор-

ных сооружений были изучены научные труды российских и зарубежных ученых за последние 10 лет. Отражение актуальных тенденций, опыта проектирования и строительства водозаборных устройств может способствовать модернизации действующих сооружений для повышения их производительности, надежности работы, решению отдельных вопросов проектирования новых водозаборов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Забор воды из горных рек сопряжен с такими трудностями, как большое количество взвешенных и донных наносов, неравномерность стока, размыв берегов и русла, причиной чего является высокая скорость течения воды [1, 2]. В целях повышения надежности работы водозаборных сооружений из таких водоемистых учеными предложены инновационные конструкции водозаборных устройств.

В публикации [3] сообщается об изобретении новой конструкции водозабора из горных рек (рис. 1). Отличительный элемент водозаборного сооружения — вальцовый затвор, располагающийся перпендикулярно руслу реки. Поверхность затвора имеет водопропускные щели, позволяющие принимать воду поверхностных слоев водного потока, которая содержит малую концентрацию донных и взвешенных наносов. Вальцовый затвор формирует верхний и нижний бьеф, при этом в верхнем осаждаются все крупные примеси, переносимые потоком воды. Для периодической очистки гидроузла от наносов и ила предусмотрена возможность подъема затвора.

Представляет интерес предложенный учеными [4] водозаборный узел, разработанный для горных рек. На рис. 2 представлена схема компоновки сооружения, включающего четыре плотины, промывную камеру, отстойник и шлюз-регулятор. Назначение перечисленных элементов заключается в следующем. Глухая плотина перекрывает русло реки для формирования верхнего и нижнего бьефа, водосливная и щитовая плотины предназначены для пропуска воды в водоприемную плотину. Водоприемная плотина с донно-решетчатым водозабором служит основным элементом сооружения: часть водного потока попадает в водозабор и отводится в промывную камеру, другая часть транзитом проходит в нижний бьеф. В промывной камере происходит снижение скорости потока и отведение его

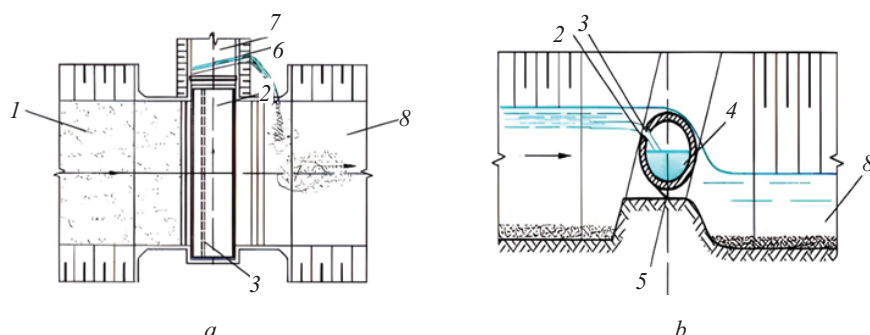


Рис. 1. Схема горного водозабора: *a* — план; *b* — продольный разрез [3]; 1 — верхний бьеф; 2 — вальцовый затвор; 3 — щелевое отверстие; 4 — водозаборная галерея; 5 — сегментный лист; 6 — гравиеловки; 7 — отводящий канал; 8 — нижний бьеф

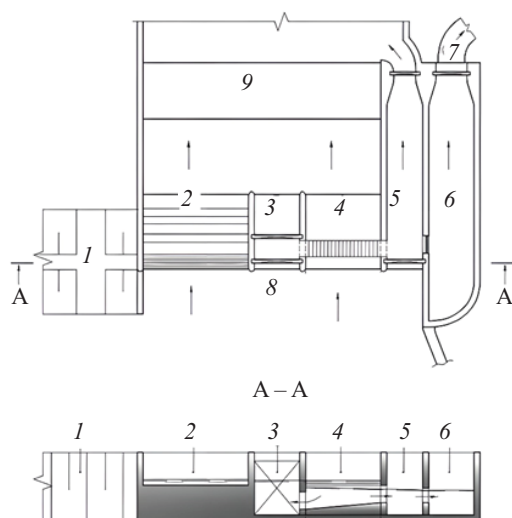


Рис. 2. Схема водозаборного гидроузла [4]: 1 — глухая плотина; 2 — водосливная плотина; 3 — щитовая плотина; 4 — водоприемная плотина; 5 — промывная камера; 6 — отстойник; 7 — шлюз-регулятор; 8 — верхний бьеф гидроузла; 9 — нижний бьеф гидроузла

в отстойник. Отстойник способствует эффективно-му осаждению взвеси и наносов.

Водоприемная плотина (рис. 3) оборудована решетчатым перекрытием, обеспечивающим впуск заданного расхода воды. В работе [4] также приведен гидравлический расчет описанного водоприемного гидроузла.

Предложена усовершенствованная конструкция водозабора из горной реки для целей капельного орошения [5]. Учеными была поставлена задача по повышению технико-экономических показателей водозаборных сооружений с целью обеспечения ими приемлемой степени очистки воды от механических примесей. Конструкция водозаборного сооружения (рис. 4) предполагает оснащение водоприемника фильтрующими панелями, представляющими собой поверхность из нескольких кассет. Это водозаборное сооружение имеет преимущества: прием воды осуществляется из поверхностных слоев потока (характеризующихся малым содержанием

взвеси); обеспечение транзита плавающего сора вниз по течению воды в канале; задержание донных наносов на поверхности фильтрующих кассет. Авторами изобретения предлагается возможность размещения фильтрующих кассет не только параллельно зеркалу воды (рис. 4), но и в боковых стенках канала (рис. 5). При этом акцентируется внимание на том, что фильтрующие кассеты (в зависимости от высотной отметки расположения) могут обеспечивать забор воды с различных глубин канала.

Патент [6] получен на изобретение «Водозаборное очистительное сооружение» (рис. 6). Сооружение может находить применение для забора воды из источников с большим количеством взвешенных наносов, оно предназначено для размещения в подводящих каналах, разделено на две части — приемную 1 и камеру чистой воды 2. Очистка воды обеспечивается сороудерживающими решетками 8, 10 и отстаиванием в камере 1. Для периодической промывки приемной камеры предусмотрен коллектор 11.

Учеными Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации [7] предложена конструкция водозаборного сооружения из поверхностного источника для целей мелиорации. Конструкция сооружения (рис. 7) обеспечивает задержание взвешенных веществ из состава воды, что достигается с помощью сорозаградительной решетки и расположенной за ней фильтрующей

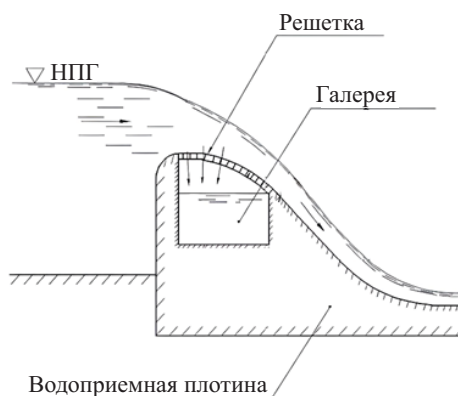


Рис. 3. Схема водоприемной плотины [4]

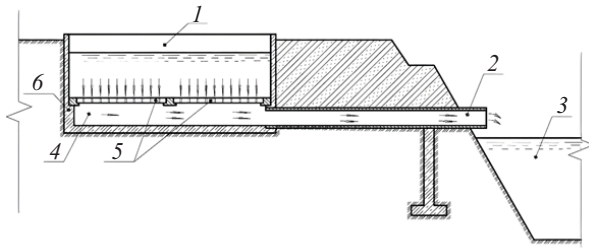


Рис. 4. Схема водозаборного сооружения из горного водотока [5]: 1 — водоприемник водозаборного сооружения; 2 — тручатые водоотводы; 3 — водоприемный бассейн оросительной системы; 4 — водосборная галерея; 5 — фильтрующие панели водоприемника; 6 — опорные устои

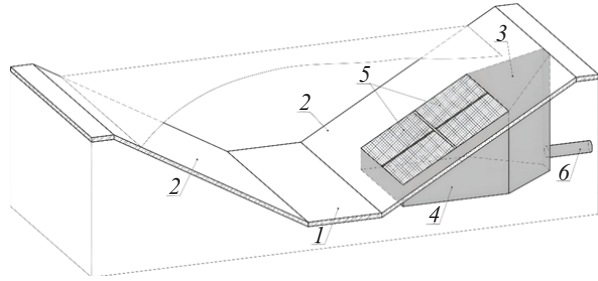


Рис. 5. Общий вид водозабора из канала для подачи предварительно очищенной воды в капельную оросительную систему [5]: 1 — оросительный канал; 2 — откосы канала; 3 — водозаборный оголовок; 4 — водоприемник; 5 — фильтрующие панели; 6 — водоотводящий трубопровод

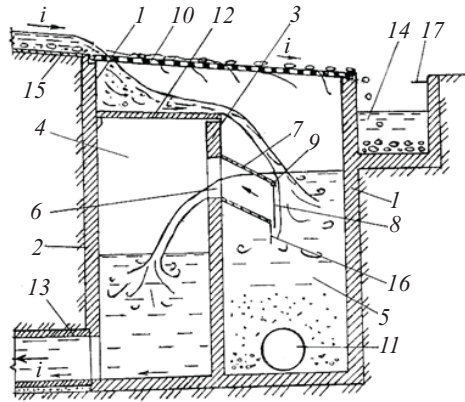


Рис. 6. Водозаборное очистительное сооружение [6]: 1 — отстойная камера; 2 — камера чистой воды; 3 — вертикальная перегородка; 4, 5 — секции водозабора; 6 — окно; 7 — патрубок; 8 — мусороудерживающая решетка; 9 — ось вращения; 10 — дополнительная сороудерживающая решетка; 11 — коллектор промывной воды; 12 — направляющая стенка; 13 — отводящий коллектор; 14 — мусороотводный лоток; 15 — подводящий водовод; 16, 17 — полки; i — уклон

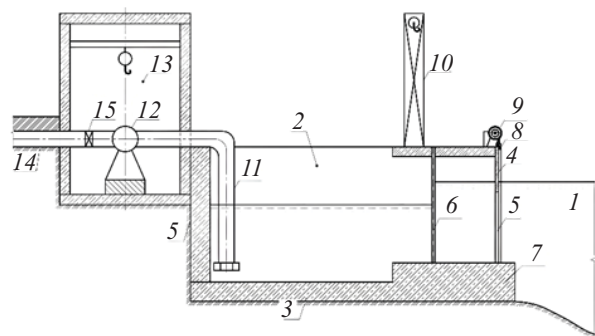


Рис. 7. Схема водозаборного сооружения (продольный профиль) [7]: 1 — водоем; 2 — секции водоприемника (аванкамеры насосной станции); 3 — днище аванкамеры; 4 — забральная стенка; 5 — сорозаградительная решетка; 6 — фильтрующие панели; 7 — входной порог; 8 — жесткий (стержневой) балласт водорегулирующего экрана; 9 — подъемно-опускной механизм экрана; 10 — козловой кран; 11 — всасывающие водоводы; 12 — насосы; 13 — насосная станция; 14 — напорный трубопровод; 15 — задвижки

панели. Фильтрующая панель представляет собой кассету из крупноячеистой сетки, заполненную фильтрующими элементами — порозластовыми или резиновыми шариками диаметром 10–30 мм. Отмечается, что шарики заполняют не все внутреннее пространство кассеты. Авторами изобретения подчеркиваются преимущества конструкции, заключающиеся в простой и эффективной очистке кассет от кольматанта: для выполнения чистки кассета вынимается краном из воды, в вертикальной плоскости поворачивается на 180° , за счет чего шарики приходят в интенсивное движение (сопровождающееся трением друг о друга) и освобождаются от скопившихся загрязнений.

Водозаборно-очистное сооружение [8], по утверждению разработчиков, способствует очистке воды от плавающего мусора, увеличению пропускной способности и упрощению условий эксплуатации (рис. 8). Сооружение представляет собой

полукруглый колодец, разделенный на секции перфорированными стенками. Секции предназначены для размещения в них корзин, выполненных из геосинтетических материалов и заполненных пенополистирольной загрузкой. Корзины оборудованы петлями для возможности их подъема в целях замены загрузки при засорении.

Таким образом, работа описанных конструкций водозаборных сооружений для водоисточников, характеризующихся высокими значениями взвешенных веществ, основана на создании условий для осуществления таких процессов очистки воды, как отстаивание и фильтрование. В качестве фильтрующей среды распространены синтетические материалы: пенополистирол, синтетический каучук, порозласт.

Забор воды из поверхностных источников Севера сопряжен с особой сложностью, обусловленной высокой вероятностью разрушения водоприемников торосящимися ледовыми полями, а также

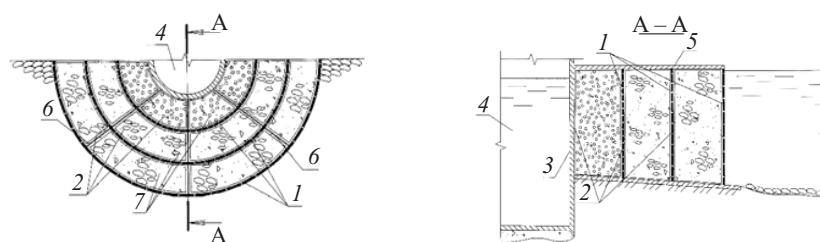


Рис. 8. Водозаборно-очистное устройство [8]: 1 — перфорированная перегородка; 2 — фильтрующие секции; 3 — береговая стена; 4 — колодец; 5 — крышка; 6 — фильтрующие панели; 7 — геосинтетические корзины с пенополистерольной загрузкой

ледовыми экзарациями. При проектировании водозаборного сооружения для таких районов необходимо учитывать особенности природных факторов, в частности мерзлотно-гидрологические условия водоемистика.

В работе [9] описана конструкция руслового водозабора, разработанного для размещения в акватории Обской губы. Отличительной особенностью сооружения (рис. 9) являются защитные железобетонные крепления водоприемного оголовка и водоводов. Вокруг водоприемников предлагаются к устройству два ряда свайных фундаментов, состоящих из буронабивных свай и ростверков. Для дополнительной защиты водоприемников поверх ростверков укладываются решетчатые каркасы. Водоводы ограждаются ростверками прямоугольного сечения, шириной 1,35 м и высотой 0,85 м. Между собой ростверки соединяются железобетонными балками-связями. Авторами утверждается, что предложенная конструкция защитных сооружений способствует надежной защите водозабора от ледовых воздействий, но при этом ее стоимость более чем в два раза превышает стоимость строительства водозабора с насосной станцией 1-го подъема.

Говоря о зонах мерзлоты, нельзя ни упомянуть об устройствах шугозащиты в зоне размещения водозаборных сооружений. В целом шуга являет-

ся проблемой не только водоемистиков Севера, но и водотоков и водоемов других регионов, температура воды в которых может снижаться до 0 °С. Рыхлые скопления льда у водоприемных окон способствуют снижению их пропускной способности и могут полностью препятствовать поступлению воды в водоприемник. В таблице перечислены мероприятия по снижению влияния шуги на функционирование водозаборов разной производительности.

При проектировании водозаборного сооружения немалое внимание должно уделяться рыбозащитным устройствам. По данным природоохранных органов ущерб рыбному хозяйству с 1 м³/с забираемой из источника воды составляет более 24 тыс. руб. [10]. СП 101.13330.2012¹ конкретизирует степень эффективности рыбозащитных устройств: необходимо обеспечить недопущение попадания в водозаборное сооружение рыбной молоди с длиной тела от 12 мм при эффективности не менее 70 %. В настоящее время находят применение три типа рыбозащитных сооружений: механические, гидравлические и физиологические (поведенческие). К механическим сооружениям относят

¹ СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095534>

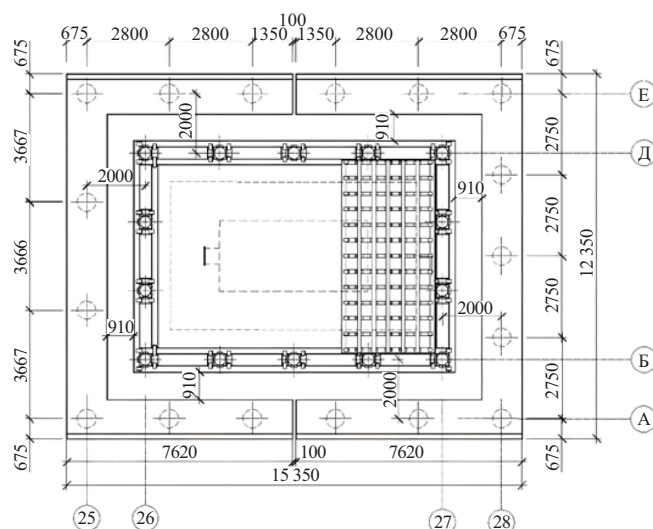


Рис. 9. План водоприемного оголовка с защитными железобетонными конструкциями [9]

Мероприятия по борьбе с шугой на водозаборах различной производительности

Производительность водозаборного сооружения	Количество шуги в водоисточнике	Мероприятие по борьбе с шугой
Малая	Среднее	Гидрофобные покрытия решеток
		Струенаправляющие устройства
		Водовоздушные завесы
		Фильтрующие оголовки
		Импульсная промывка, промывка обратным током
		Шугоотбойники
	Большое	Перечисленные методы + дублирование водоприемников
Средняя	Среднее	Шугоотбойники + дублирование водоприемников
		Фильтрующие оголовки + дублирование водоприемников
		Импульсная промывка, промывка обратным током + дублирование водоприемников
		Обогрев стержней решеток
		Обогрев воды перед водозаборным сооружением + дублирование водоприемников
		Водовоздушные завесы + дублирование водоприемников
	Большое	Комбинация вышеперечисленных методов + дублирование водоприемников
Большая	Среднее	Шугоотбойники + обогрев стержней решеток
		Шугоотбойники + обогрев воды перед водозаборным сооружением
		Водовоздушные завесы + обогрев
	Большое	Водоприемный ковш

фильтрующие и сетчатые рыбозаградители. Они могут дополнительно оснащаться рыбоотводом. К гидравлическим устройствам относят запани, козырьки, рыбозаградители зонтичного и жалюзийного типов. Физиологические рыбозаградительные устройства основаны на задействовании каких-либо раздражителей — воздействии на слух, зрение, осязание рыбы. К таким устройствам относят электрические, световые, звуковые рыбозаградители. Ученые [11, 12] сходятся во мнении, что современные тенденции защиты рыбы от попадания в водозабор-

ное сооружение предполагают комплекс, состоящий из двух, а иногда и всех трех типов сооружений. На рис. 10 представлено запатентованное [13] устройство для защиты рыбной молоди от попадания в водозаборное сооружение. Устройство предполагает наличие экрана 1, состоящего из съемных фильтрующих кассет 2. Размер ячейки сетчатого полотна должен составлять не менее 1 мм. Перед рыбозащитным экраном поперек реки (канала) устроены перфорированные трубы 5, по которым подается озоновоздушная смесь с концентрацией озона 0,001 мг/л. Авторы изобретения сообщают,

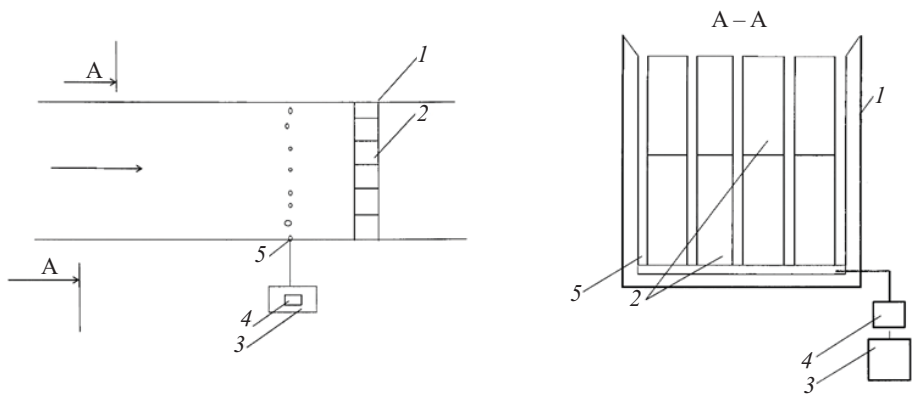


Рис. 10. Устройство для защиты молоди рыб от попадания в водозаборное сооружение [13]: 1 — рыбозащитный экран; 2 — фильтрующие кассеты; 3 — источник сжатого воздуха; 4 — генератор озона; 5 — перфорированные воздухопроводы

что устройство способствует не только эффективной рыбозащите, но и поддержанию стабильного экологического состояния водного объекта, обеспечивая обеззараживающий эффект. Экспериментально доказано, что подача озоновоздушной смеси с указанной концентрацией губительна для микробов, вирусов, паразитов рыб. Наиболее целесообразно функционирование рыбозащитного устройства в теплый период года (весной, летом).

Учеными ВолГТУ [14] разработано рыбозащитное устройство (рис. 11), способное предотвращать попадание в водозабор рыбной молоди с размером тела менее 15 мм. Конструкция включает стальной каркас 1, обтянутый мелкоячеистой сеткой 3. Внутри каркаса располагается струегенератор, представляющий собой вращающуюся раму 2. Образующиеся при вращении рамы потоки воды не позволяют малькам рыбы приближаться к водозабору. Струегенератор вращается на подшипниках 5, 6, скорость вращения поддается регулировке механизмом 7. Диаметр отверстия в верхней части рыбозащитного устройства должен равняться наружному диаметру всасывающего трубопровода насосной станции.

В труде [15] приводится описание водоприемного оголовка (рис. 12), обеспечивающего высокую барьерную функцию по отношению к рыбе. Создатели полезной модели рекомендуют ее применение в рыбохозяйственных водотоках. Водоприемный оголовок содержит рыбозащитную решетку, смонтированную на штанге подъемного механизма.

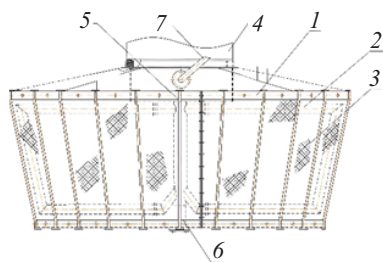


Рис. 11. Рыбозащитное устройство [14]

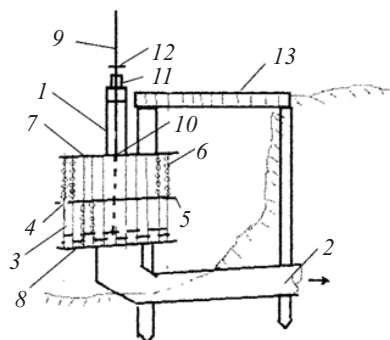


Рис. 12. Водоприемный оголовок [15]: 1 — рама с подъемным механизмом; 2 — водозаборная труба; 3 — решетка; 4 — отверстия; 5 — кольцо; 6 — шарики; 7 — верхняя крышка; 8 — плита оголовка; 9 — штанга с винтовой нарезкой; 10 — узел крепления; 11 — гайка; 12 — колесо вращения; 13 — береговой мостик

Рыбозащитная решетка выполнена из струн с нанизанными на нее шариками. Под воздействием гидродинамических нагрузок струны вибрируют и отпугивают рыбу. Шарiki в свою очередь способствуют незасоряемости решетки, поскольку их подвижность позволяет мусору проходить внутрь оголовка.

Описанные выше новые конструкции рыбозащитных сооружений для водозаборов имеют общую особенность: их конструкция одновременно включает физическую преграду для рыбной молоди и средство, отпугивающее ее (воздействующее на органы чувств).

Большое значение для хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения, а также мелиорации имеют подземные воды. Подземные воды ввиду большей своей защищенности от антропогенного воздействия (по сравнению с поверхностными водами) характеризуются достаточно высокими (в том числе стабильными) органолептическими показателями. Для их забора используют различные водозаборные устройства: скважины, горизонтальные и лучевые водозаборы, шахтные колодцы и каптажи. Пожалуй, наибольшей проблемой при эксплуатации водозаборов подземных вод является кольматация дренажных устройств и зафильтровых областей водоносных пород. Особую остроту проблема кольматации имеет при заборе воды из песчаных водоносных горизонтов. Кроме того, недостатком водозаборов высоко залегающих подземных вод служит их небольшой дебит.

Учеными [16] предложена конструкция комбинированного горизонтального водозабора (рис. 13). Водосборная галерея выполняется в виде лотка, перекрытого металлической сеткой. Поверх сетки укладываются габионные тюфяки. Отличительная особенность изобретения — дополнительное оснащение водосборных галерей каналами, укладываемыми перпендикулярно. Каналы представляют собой габионные тюфяки, укладываемые на водонепроницаемые основания. Они способствуют увеличению площади водоприемной поверхности и,

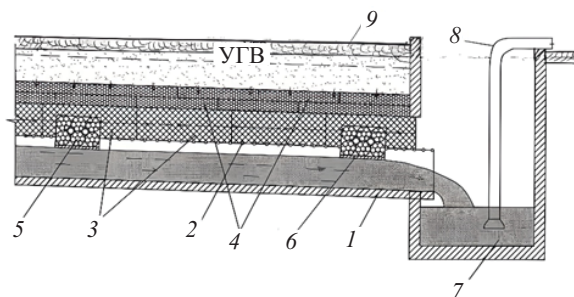


Рис. 13. Горизонтальный подземный водозабор комбинированной конструкции [16]: 1 — открытый лоток; 2 — металлическая решетка; 3 — габионные тюфяки; 4 — гибкие тюфяки; 5 — габионные тюфяки дополнительных водосборных каналов; 6 — каналы; 7 — водосборный колодец; 8 — водозаборный трубопровод; 9 — глинистый грунт

как результат, повышению дебита водозаборного сооружения. Водозабор подходит для водоносных горизонтов глубиной до 10 м.

Представляет интерес конструкция подруслового фильтрующего водозабора [17] (рис. 14), позволяющего осуществлять одновременно забор воды из русла реки и принимать подрусловые воды. Водосборная галерея устраивается вдоль русла реки. Она перекрывается двумя рядами габионных конструкций (продольными и поперечными). Нормально к водосборной галерее укладываются дополнительные водоприемники, предназначенные для приема подрусловых вод. Авторы рекомендуют к устройству описанное водозаборное сооружение для промерзающих источников, поскольку оно позволяет обеспечивать постоянный прием воды за счет сбора подрусловых вод.

В работе [18] предлагается конструкция колодца-скважины, позволяющего сократить стоимость устройства водозабора грунтовых вод. Сооружение сочетает в себе признаки шахтного колодца и скважины (рис. 15). Водозабор включает следующие элементы: ствол-шахту 1, предназначенную для накопления воды, поднимающейся из водоносного горизонта, а также прохода водоподъемных сооружений или размещения насоса; перфорированную

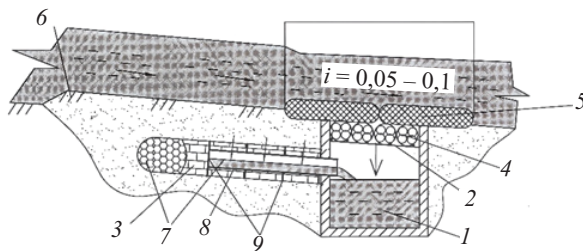


Рис. 14. Подрусловой фильтрующий водозабор комбинированной конструкции [17]: 1 — водосборная галерея; 2 — металлическая решетка; 3 — гибкие тюфяки; 4, 5 — габионные тюфяки; 6 — направляющий порог; 7 — водоприемник; 8 — перфорированные трубы; 9 — ребра жесткости; i — уклон

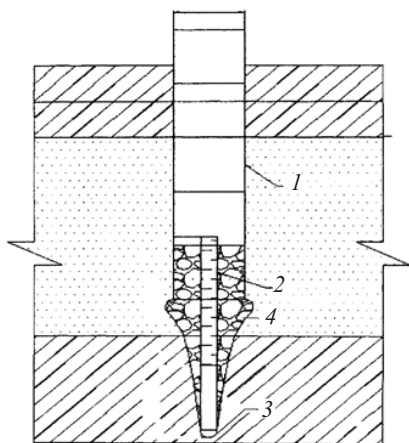


Рис. 15. Колодец-скважина [18]

полиэтиленовую трубу 2, являющуюся водоприемным элементом; отстойник-заглушку 3, в котором накапливаются частицы грунта, проскакивающие через дренажную обсыпку 4 (рис. 15). Технико-экономический эффект сооружения состоит в сокращении материалоемкости водозабора, что особенно ценно при добыче воды из глубоко залегающих водоносных горизонтов.

В публикации [19] предлагаются к использованию спирально-навитые фильтрующие элементы (рис. 16). Заявлена их достаточно широкая сфера применения: в качестве фильтров вертикальных и горизонтальных (в составе лучевых водозаборов) скважин, решеток на водоприемных окнах русловых и береговых водозаборов. Отличительной особенностью фильтров служит проволока треугольного сечения, привариваемая к металлическим стрингерам, являющимся каркасом конструкции. Производитель фильтров ПП «ТЭКО-ФИЛЬТР» сообщает об особом гидравлическом режиме, способствующем низкой коагуляции порового пространства наряду с возможностью быстрой промывки.

Представляет интерес исследование ученых Иранского университета, проведенное в целях решения проблемы устранения свинца из состава подземной воды, добываемой посредством шахтных колодцев. Причина насыщения свинцом подземных вод Центрального Ирана их контакт с вулканическими породами. В работе [20] предлагается использовать клиноптилолит в качестве фильтра колодцев. Доказано, что эффективность поглощения свинца может достигать 85 %. Клинноптилолит, как природный сорбент, рассматривался в ранее изданных трудах [21, 22].

Водозаборные скважины, эксплуатация которых по каким-либо причинам прекращается, принято тампонировать. Вместе с тем, согласно проведенным исследованиям [23], затампованная скважина наносит урон окружающей среде и создает предпосылки для невозможности использования территории для забора подземной воды. Проблема тампонированных скважин состоит в следующем. Чаще всего из эксплуатации выводятся скважины, грунтовое пространство вокруг которых закольматировано, по причине чего предельно снижается дебит водозабора. Поскольку регенерация закольматированных зон требует привлечения значительных денежных средств, к сожалению, прекращение использования

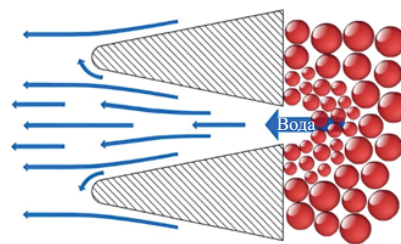


Рис. 16. Графическое изображение потока в спирально-навитых фильтрующих элементах [19]

закольматированных скважин является повсеместной практикой. При этом область закоматированной околоскважинной среды, превышающей на 500 мм диаметр скважины, — это зона скопления нерастворимых соединений, тяжелых металлов. Скопившиеся осадки способствуют изменению состава подземных вод, изменению гидродинамических параметров водоносного горизонта и физико-механических свойств водоносных грунтов. Аналогичную проблему представляют и бетонные стойки, образующиеся в результате тампонажа скважин цементным раствором. Решение описанной негативной практики исследователи видят в увеличении срока эксплуатации скважин, что должно достигаться плановыми регенерациями околоскважинных зон, проводимыми на основе наилучших доступных технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обзор научных публикаций за последние десять лет показал, что тенденция развития инженерных решений в области сооружений для забора поверхностных вод направлена на создание конструкций водозаборов, способствующих снижению концентрации взвешенных веществ, мусора в забираемой воде, повышению надежности работы в суровых климатических условиях Севера. Интерес ученых также проявлен к совершенствованию рыбозащитных сооружений, повышению их барьерной функции. Что касается водозаборов подземных вод, то здесь можно отметить новые конструктивные решения, обеспечивающие повышение дебита.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Dhivert E., Dendievel A.-M., Desmet M., Devil- lers B., Grosbois C.* Hydro-sedimentary dysfunctions as a key factor for the storage of contaminants in mountain rivers (Bienne River, Jura Mountains, France) // CATENA. 2022. Vol. 213. P. 106122. DOI: 10.1016/j. catena.2022.106122
2. *Wiener J.S., Pasternack G.B.* Scale depend- ent spatial structuring of mountain river large bed elements maximizes flow resistance // Geomorphol- ogy. 2022. Vol. 416. P. 108431. DOI: 10.1016/j.geo- morph.2022.108431
3. *Абилов Р.С.* Водозабор для горных рек // На- учный журнал Российского НИИ проблем мелиора- ции. 2015. № 3 (19). С. 150–158. EDN UISMLZ.
4. *Агаев И.А., Ахмедов Б.М., Муслумов А.М.* Водозаборные и водоочистные сооружения для гор- ных рек // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснаб- жение. 2017. № 3 (111). С. 10–14. EDN YFUBVX.
5. *Штанько А.С.* Фильтрующие водозаборы из водотоков для подачи предварительно очищенной воды в системы капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 3 (39). С. 123–139. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-123-139. EDN JHVTLF.
6. Патент RU № 2667728. Водозаборное очи- стительное сооружение / *Голубенко М.И.*; заявл. № 2017131195 от 04.09.2017; опубл. 24.09.2018. Бюл. № 27. 10 с.
7. *Шевченко А.В., Пукас Г.Н.* Водозабор из по- верхностного водного источника для рыбоводно-ме- лиоративных комплексов // Экология и водное хозяй- ство. 2021. Т. 3. № 3. С. 89–102. DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-89-102. EDN RDGOYL.
8. Патент RU № 2480555. Водозаборно-очистное устройство / *Боронина Л.В., Абуова Г.Б., Зимина Н.В., Тажиева С.З.*; заявл. № 2011113926/13 от 08.04.2011; опубл. 27.04.2013. Бюл. № 12. 6 с.
9. *Созаев А.А., Курбанов С.О., Волосухин В.А.* Эффективные конструктивные и технологические решения по устройству и защите водозаборных со- оружений руслового типа в особых условиях Севера в районе залива Обской губы // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 119. С. 435–452. EDN WAFKST.
10. *Лысенков Е.В., Пьянов М.В., Кермано- ва Е.И.* Проблема гибели рыб на водозаборных сооружениях Мордовии // Проблемы экологии и природопользования в среднем Поволжье : мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 140-летию со дня рождения Б.М. Житкова. 2013. С. 57–61. EDN XAYFRF.
11. *Бегляров Д.С., Бакишанин А.М., Кости- на Е.С.* Влияние типов и конструкций рыбозащитных сооружений на сохранение рыбных популяций вну- тренних водоемов страны // Природообустройство. 2019. № 5. С. 64–71. DOI: 10.34677/1997-6011/2019-5-64-71. EDN TVHMYX.
12. *Tutzer R., Röck S., Walde J., Zeiringer B., Unfer G., Führer S.* Ethohydraulic experiments on the fish protection potential of the hybrid system FishPro- tector at hydropower plants // Ecological Engineer- ing. 2021. Vol. 171. P. 106370. DOI: 10.1016/j.eco- leng.2021.106370
13. Патент RU № 2712566. Устройство для защиты молоди рыб от попадания в водозаборное сооружение / *Драгунова С.М., Крылова Н.Н.*; заявл. № 2018138824 от 02.11.2018; опубл. 29.01.2020. Бюл. № 4. 9 с.
14. *Забродин А.В., Багайсков Ю.С.* Разработ- ка конструкции рыбозащитного устройства // Из- вестия Волгоградского государственного техниче- ского университета. 2021. № 8 (255). С. 68–72. DOI: 10.35211/1990-5297-2021-8-255-68-72. EDN HSJJPW.
15. Патент RU № 204996. Водоприемный оголо- вок / *Петрашкевич В.В., Михеев П.А., Бенин Д.М., Пе- трашкевич А.В., Снежко В.Л.*; заявл. № 2021111514 от 22.04.2021; опубл. 22.06.2021. Бюл. № 18. 5 с.

16. Патент RU № 2528836. Способ возведения горизонтального подземного водозабора комбинированной конструкции / Джамалудинов М.М., Курбанов С.О.; заявл. № 2012137318/13 от 31.08.2012; опубл. 20.09.2014. Бюл. № 26. 8 с.

17. Патент RU № 2518634. Подрусловой фильтрующий водозабор комбинированной конструкции / Джамалудинов М.М., Курбанов С.О.; заявл. № 2012135660/13 от 20.08.2012; опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16. 8 с.

18. Патент RU № 130614. Колодец-скважина / Чемакин С.В.; заявл. № 2012123477/13 от 05.06.2012; опубл. 27.07.2013. Бюл. № 18. 18 с.

19. Фахреев Д.С., Лушкин И.А. О применении спирально-навитых фильтрующих элементов «ТЭКО-СЛОТ» в конструкциях водозаборных сооружений // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : сб. ст. XVI Междунар. науч.-практ. конф. 2014. С. 90–94. EDN SWUHWf.

20. Heidarian M.H., Nakhaei M., Vatanpour V., Rezaei K. Evaluation of using clinoptilolite as a filter in drinking water wells for removal of lead (small-scale physical sand box model) // Journal of Water Process Engineering. 2023. Vol. 52. P. 103558. DOI: 10.1016/j.jwpe.2023.103558

21. Ghadersarbazi Z., Ghiasi F., Ghorbani F., Johari S.A. Toxicity assessment of arsenic on common carp (*Cyprinus carpio*) and development of natural sorbents to reduce the bioconcentration by RSM methodology // Chemosphere. 2019. Vol. 224. Pp. 247–255. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.02.146

22. Kussainova M.Zh., Chernyakova R.M., Jussipbekov U.Z., Pasa S. Structural investigation of raw clinoptilolite over the Pb^{2+} adsorption process from phosphoric acid // Journal of Molecular Structure. 2019. Vol. 1184. Pp. 49–58. DOI: 10.1016/j.molstruc.2019.02.012

23. Цымбалов А.А. Экологическая проблема закоматированных водозаборных сооружений // Булатовские чтения. 2023. Т. 1. С. 298–301. EDN UFVZKP.

Поступила в редакцию 02 сентября 2023 г.

Принята в доработанном виде 13 сентября 2023 г.

Одобрена для публикации 13 сентября 2023 г.

ОБ АВТОРЕ: **Юлия Александровна Рыльцева** — кандидат технических наук, преподаватель кафедры водоснабжения и водоотведения; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 4138-6634; Scopus: 57214228101, ORCID: 0000-0002-1315-6907; yuliya.ryltseva@mail.ru.

INTRODUCTION

Water intake structures are the first link in the complex chain of the water supply system, therefore, ensuring high reliability of their operation cannot be questioned. The efficiency and cost-effectiveness of the water treatment process, the ecological condition of the water source and the prospects for its future use as such depend directly on the correct choice of the location of the intake, its design and equipment. Water intake facilities also have a significant impact on the inhabitants of the water body — its flora and fauna. The reliability of water intake structures functioning is especially acute in the conditions of the North and mountain rivers. Taking into account the unrelenting anthropogenic impact on surface and ground waters, water intake structures are currently subject to requirements to increase their barrier role with regard to natural water impurities. The objectives of food security of the state (in terms of providing the population with fish and fish products) indicate the relevance of equipping water intakes with effective means of fish protection.

Significant contribution to creation of scientific literature devoted to surface and ground water intakes was made by S.K. Abramov, N.N. Bindeman, V.S. Alekseev, K.S. Bogolyubov, M.G. Zhurba, J.M. Govorova, N.N. Lapshin, M.P. Semenov, N.A. Plotnikov, Y.I. Vdovin, I.A. Lushkin, A.F. Poryadin. These sci-

entists prepared the most remarkable textbooks and manuals, which formed the basis for academic training of specialists in the field of water supply until the early 2000s. The study of educational literature published for the last 10–15 years has shown that in terms of design features of water intake structures the authors mainly describe stereotypical designs of water intake devices, which have proved themselves by many years of practice. At the same time, the progressive movement of science entails the creation of innovations in all spheres of engineering and technology, which should not be left without attention. The author of this paper set a task consisting in reviewing the scientific and technical achievements in the field of water intake structures from various sources accumulated over the last decade.

MATERIALS AND METHODS

In order to collect information on modern scientific and technical developments in the field of water intake structures, scientific works of Russian and foreign scientists for the last 10 years were studied. Reflection of current trends, experience in design and construction of water intake facilities can contribute to modernization of existing facilities in order to improve their performance, reliability of operation, and to solve some issues of design of new water intakes.

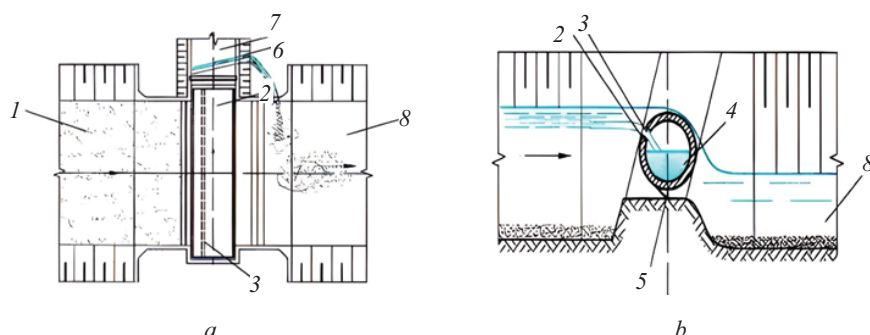


Fig. 1. Mountain water intake scheme: *a* — layout; *b* — longitudinal section [3]; 1 — upstream water; 2 — rolling-drum gate; 3 — slotted opening; 4 — intake gallery; 5 — segmented sheet; 6 — gravel traps; 7 — discharge channel; 8 — downstream water

RESEARCH RESULTS

Water intake from mountain rivers is associated with such difficulties: a large amount of suspended and bottom sediments, uneven flow, bank and channel erosion, which is caused by high water velocity [1, 2]. In order to improve the reliability of water intake structures from such water sources, scientists have proposed the following innovative designs of water intake devices.

The paper [3] reports the invention of a new design of water intake from mountain rivers (Fig. 1). The distinctive element of the intake structure is a roller gate located perpendicularly to the river bed. The surface of the penstock has culvert slits that allow it to receive water from the surface layers of the water flow, which contains a low concentration of bottom and suspended sediment. The roll gate forms an upper and lower embankment, with the upper embankment depositing all coarse impurities carried by the water flow. The penstock can be lifted for periodic cleaning of sediment and silt from the hydrosystem.

The water intake unit proposed by scientists [4] and developed for mountain rivers is of interest. Fig. 2 shows the layout scheme of the structure, which includes four dams, a flushing chamber, a settling tank and a sluice-regulator. The purpose of these elements is as follows. The blind dam overlaps the river channel to form the upper and lower embankment, the spillway and panel dams are designed to allow water to pass into the intake dam. The bottom-slatted intake dam is the main element of the structure: part of the water flow enters the intake and is discharged into the flushing chamber, while the other part transits downstream. The flushing chamber reduces the flow velocity and diverts it to the sedimentation tank. The sedimentation tank facilitates efficient sedimentation of suspended sediment and sediment load.

The intake dam (Fig. 3) is equipped with a lattice slab, which ensures the inlet of a given water flow rate. In [4] the hydraulic calculation of the described inlet weir is also presented.

In [5] an improved design of water intake from a mountain river for the purposes of drip irrigation is proposed. Scientists set the task to improve the technical and economic performance of water intake structures in order to ensure an acceptable degree of water purification from mechanical impurities. The design

of the water intake structure (Fig. 4) involves equipping the water intake with filter panels, which are a surface of several cassettes. The presented water intake structure has the following advantages: water intake is carried out from the surface layers of the stream (characterized by a low content of suspended solids); ensuring

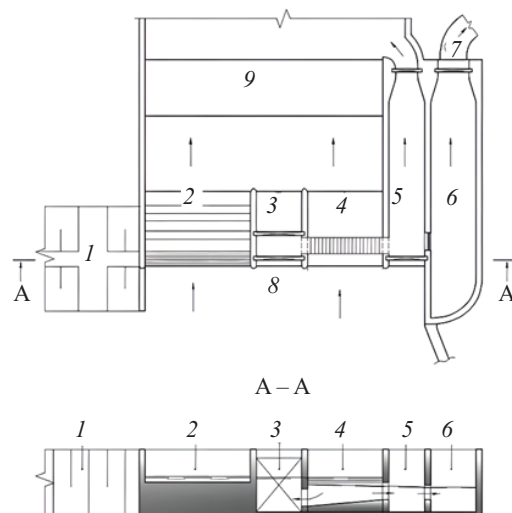


Fig. 2. Water intake hydrosystem scheme [4]: 1 — blind dam; 2 — spillway dam; 3 — gate dam; 4 — water intake dam; 5 — flushing chamber; 6 — sump; 7 — gateway regulator; 8 — upstream water of hydrosystem; 9 — downstream water of hydrosystem

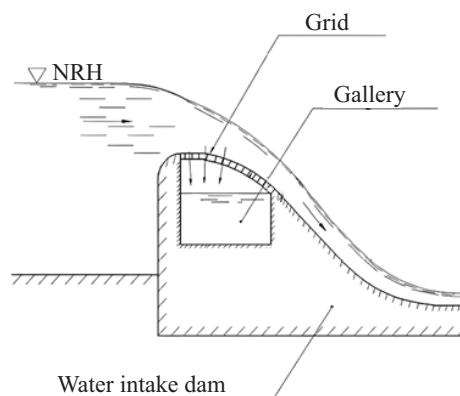


Fig. 3. Water intake dam scheme [4]

the transit of floating sod downstream of the water in the channel; retention of bottom sediments on the surface of filtering cassettes. The authors of the invention propose the possibility of placing filter cassettes not only parallel to the water mirror (Fig. 4), but also in the side walls of the canal (Fig. 5). At the same time, it is emphasized that the filter cassettes (depending on the elevation of the location) can provide water intake from different depths of the canal.

Patent [6] was obtained for the invention “Water intake treatment plant” (Fig. 6). The structure can be used for water intake from springs with a large amount of suspended sediment. The water intake structure, which is designed to be placed in supply canals, is divided into two parts — intake 1 and clean water chamber 2. Water purification is ensured by sedimentation grids 9, 10 and sedimentation in chamber 1. Collector 11 is provided for periodic washing of the receiving chamber.

Scientists of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems [7] proposed a design of a water intake structure from a surface source for land reclamation purposes. The design of the structure (Fig. 7) provides detention of suspended solids from water composition, which is ensured by a sedimentation grid and a filter panel located behind it. The filtering panel is a cassette made of coarse-mesh mesh, filled with filtering elements — poroelastic or rubber balls with a diameter of 10–30 mm. It is noted that the balls do not fill the entire internal space of the cassette. The authors of the invention emphasize the advantages of the design, consisting in simple and effective cleaning of the cassettes from colmatant: for cleaning the cassette is taken out of water by a tap, turned vertically by 180°, due to which the balls come into intensive movement (accompanied by friction against each other) and are freed from accumulated contaminants.

According to the developers, the water intake and treatment facility [8] promotes water purification from floating debris, increases the throughput capacity and simplifies the operating conditions (Fig. 8). The structure is a semicircular well divided into sections by perforated walls. The sections are designed to accommodate baskets made of geosynthetic materials and filled with polystyrene foam. The baskets are equipped with hinges for lifting them in order to replace the load in case of clogging.

Thus, operation of the described designs of water intake structures for water sources characterized by high values of suspended solids is based on creation of conditions for such water purification processes as sedimentation and filtration. Synthetic materials such as polyester foam, synthetic rubber, poroelast are used as a filtering medium.

Water intake from surface water sources in the North is particularly difficult due to the high probability of water intakes being destroyed by ice fields and ice exaggerations. When designing a water intake structure for such areas, it is necessary to take into account the peculiarities of natural factors, in particular, permafrost and hydrological conditions of the water source.

In [9] the design of a channel water intake developed for placement in the water area of the Gulf of Ob is described. The distinctive feature of the structure (Fig. 9) is the protective reinforced concrete fastenings of the water intake head and water conduits. Two rows of pile foundations consisting of bored piles and footings are proposed around the water intakes. For

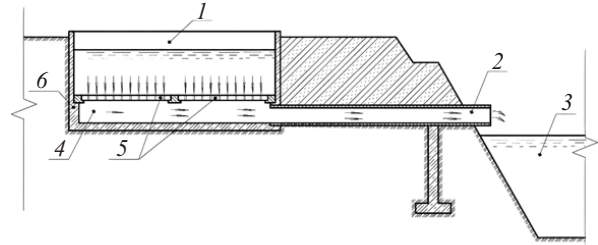


Fig. 4. Scheme of a water intake structure from a mountain watercourse [5]: 1 — water collector of intake structure; 2 — tubular drains; 3 — water intake basin of irrigation system; 4 — catch gallery; 5 — filter panels of water intake; 6 — abutments

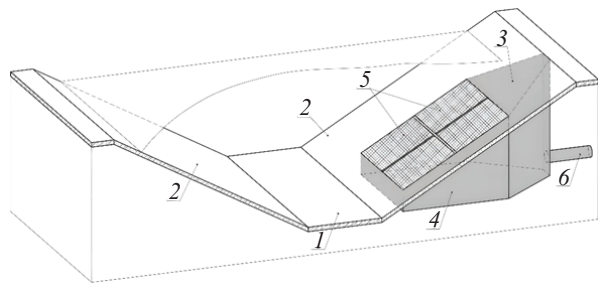


Fig. 5. General view of water intake from the channel for supplying pretreated water to the drip irrigation system [5]: 1 — irrigation channel; 2 — channel slopes; 3 — water intake mouth; 4 — water intake; 5 — filter panels; 6 — water pipeline

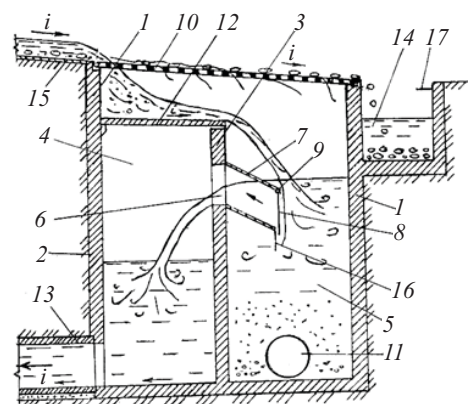
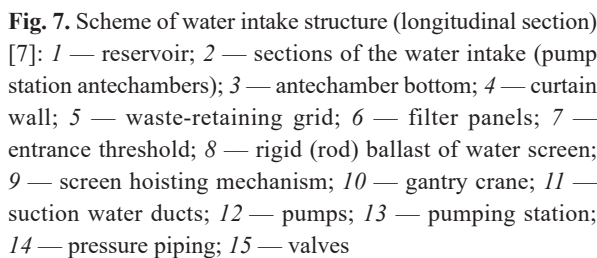


Fig. 6. Water intake treatment facility [6]: 1 — sludge chamber; 2 — clean water chamber; 3 — vertical baffle; 4, 5 — water intake sections; 6 — window; 7 — pipe; 8 — waste-retaining grid; 9 — axis of rotation; 10 — additional sedimentation grid; 11 — wash-water collector; 12 — guide wall; 13 — discharge header; 14 — trash disposal tray; 15 — water supply line; 16, 17 — shelves; *i* — declivity



time, its cost is more than twice as high as the cost of construction of a water intake with a pumping station of the 1st lift.

Speaking about permafrost zones, one cannot fail to mention the devices of snowstorm protection in the zone of water intake facilities location. In general, ice squelch is a problem not only for water sources in the North, but also for watercourses and reservoirs in other regions, where water temperature can drop to 0 °C. Loose ice accumulations at water intake windows contribute to the reduction of their capacity, and may even completely prevent water from entering the intake. Table lists the measures to reduce the influence of noise on the functioning of water intakes of different capacities.

When designing a water intake structure much attention should be paid to fish protection devices. According to the data of environmental authorities, the damage to fisheries from 1 m³/s of water withdrawn from the source is more than 24 thousand rubles. [10]. Code of Regulations SP 101.13330.2012¹ specifies the degree of effectiveness of fish protection devices: it is necessary to ensure the prevention of ingress into the water intake structure of fish juveniles with a body length of 12 mm or more, while ensuring an efficiency

¹ SP 101.13330.2012. Code of Practice. Retaining walls, shipping locks, fish passage and fish protection structures. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095534>

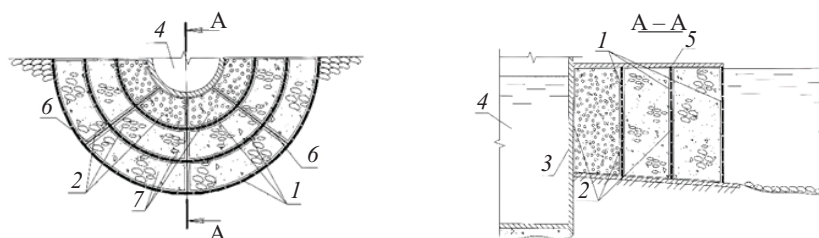


Fig. 8. Water intake and treatment structure [8]: 1 — perforated partition; 2 — filter sections; 3 — shore wall; 4 — well; 5 — lid; 6 — filter panels; 7 — geosynthetic baskets filled with expanded polystyrene

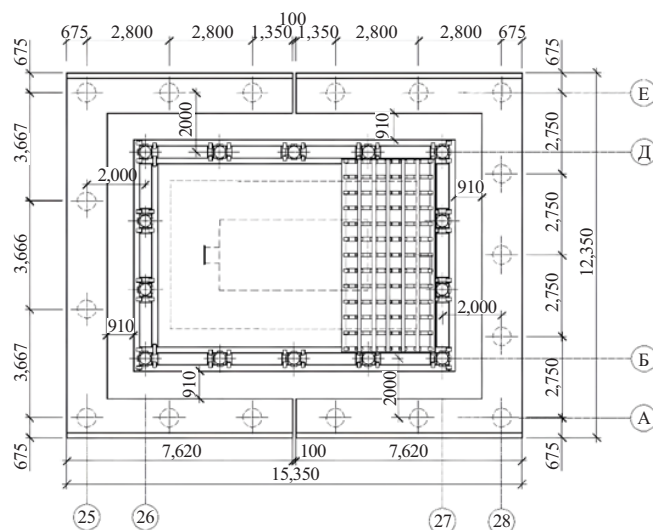


Fig. 9. Water intake mouth layout with protective reinforced concrete structures [9]

Measures to combat slush ice at water intakes of various capacities

Capacity of water intake structure	The amount of slush ice in the water source	Interventions against slush ice
Small	Medium	Hydrophobic rack coatings
		Guide devices
		Air-water curtain system
		Filter heads
		Pulse flushing, reverse current flushing
		Anti-slush ice devices
	Large	The listed methods + duplication of water intake structures
Medium	Medium	Anti-slush ice devices + duplication of water intake structures
		Filter heads + duplication of water intake structures
		Pulse flushing, reverse current flushing + duplication of water intake structures
		Heating of rack bars
		Water heating before water intake + duplication of water intake structures
		Air-water curtain system + duplication of water intake structures
	Large	Combination of the above methods + duplication of water intake structures
Large	Medium	Anti-slush ice devices + rack bars heating
		Anti-slush ice devices + water heating before water intake
		Air-water curtain systems + heating
	Large	Water intake bucket

of at least 70 %. At present, three types of fish protection structures are used: mechanical, hydraulic and physiological (behavioural). Mechanical structures include filter and mesh fish barriers. They can be additionally equipped with a fish outlet. Hydraulic devices include fences, canopies, fish barriers of umbrella and louvre types. Physiological fish barrier devices are based on involvement of any stimuli — impact on hearing, vision, touch of fish. Such devices include electric, light, sound fish barriers. Scientists [11, 12] agree in opinion that modern tendencies of fish protection from getting into water intake structure assume a complex consisting of two, and sometimes all three types of structures.

Fig. 10 shows a patented [13] device for protecting fish juveniles from entering a water intake structure. The device assumes the presence of a screen 1 consisting of removable filter cassettes 2. The mesh size of the net should be at least 1 mm. In front of the fish screen, perforated pipes 5 are arranged across the river (canal), through which an ozone-air mixture with an ozone concentration of 0.001 mg/l is supplied. The authors of the invention report that the device contributes not only to effective fish protection, but also to maintaining a stable ecological state of a water body, providing a disinfecting effect. It is experimentally proved that the supply of ozone-air mixture with the specified concentration is destructive for microbes, viruses, parasites of fish. It is most expedient to operate fish protection device in the warm period of the year (spring, summer).

VolgGTU scientists [14] have developed a fish protection device (Fig. 11) capable of preventing juvenile fish with body size less than 15 mm from entering the water intake. The design includes a steel frame 1 covered with a fine-mesh net 3. Inside the frame, there is a jet generator, which is a rotating frame 2. The water streams formed by the rotating frame prevent fish fry from approaching the water intake. Stream generator rotates on bearings 5, 6, the speed of rotation is subject to adjustment mechanism 7. The diameter of the hole in the upper part of the fish protection device should be equal to the outer diameter of the suction pipe of the pumping station.

In [15] there is a description of a water intake head (Fig. 12), which provides a high barrier function in relation to fish. The creators of the utility model recommend its application in fishery watercourses. The water-receiving head contains a fish-protective grating mounted on a boom of the lifting mechanism. The fish protection grid is made of strings with balls strung on it. Under the influence of hydrodynamic loads, the strings vibrate and deter fish. The balls, in their turn, contribute to the unclogging of the grid, as their mobility allows debris to pass inside the header.

The above-described new designs of working protection structures for water intakes have a common feature: their design simultaneously includes a physical barrier for fish juveniles and a means of deterring them (affecting their senses).

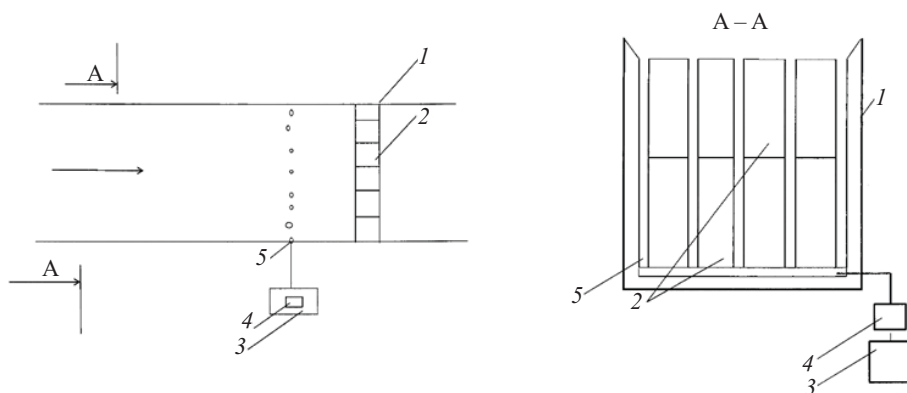


Fig. 10. Device used to prevent juvenile fish from entering water intake structure [13]: 1 — fish-protection screen; 2 — filter cassettes; 3 — compressed air source; 4 — ozone generator; 5 — perforated air ducts

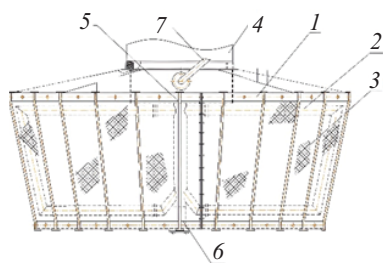


Fig. 11. Fish-protecting device [14]

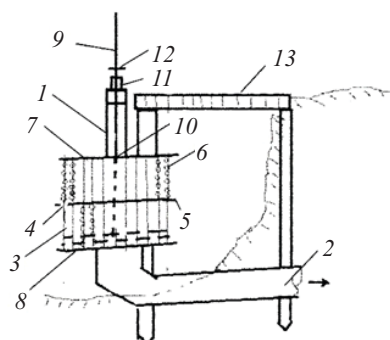


Fig. 12. Water intake head [15]: 1 — frame with lifting mechanism; 2 — water intake pipe; 3 — grid; 4 — holes; 5 — ring; 6 — balls; 7 — top cover; 8 — headliner plate; 9 — rod with screw thread; 10 — fastening unit; 11 — nut; 12 — rotation wheel; 13 — shore bridge

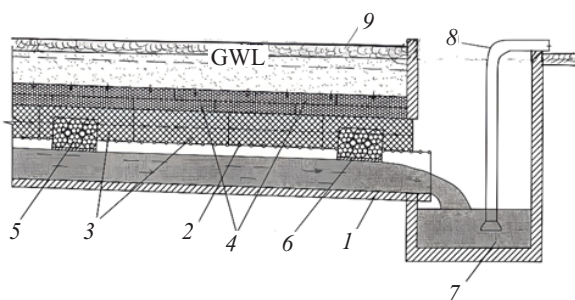


Fig. 13. Horizontal underground water intake of combined construction [16]: 1 — open flume; 2 — metal grid; 3 — gabion tubes; 4 — flexible tubes; 5 — gabion tubes of additional water intake channels; 6 — channels; 7 — water intake well; 8 — water intake pipeline; 9 — clay soil

Groundwater is of great importance for domestic and industrial water supply and land reclamation. Due to its greater protection from anthropogenic impact (compared to surface water), groundwater is characterized by rather high (including stable) organoleptic parameters. For their intake, various water intake devices are used: wells, horizontal and beam intakes, shaft wells and drip pits. Perhaps, the biggest problem at operation of groundwater intakes is ring matage of drainage devices and behind-filter areas of water-bearing rocks. The problem of colmatage is particularly acute when water is withdrawn from sandy aquifers. In addition, the disadvantage of water intakes of highly buried groundwater is their low flow rate.

Scientists [16] proposed a design of combined horizontal water intake (Fig. 13). The water intake gallery is made in the form of a flume covered with a metal grid. On top of the grid, gabion typhoons are laid. A distinctive feature of the invention is the additional equipping of the catchment galleries with channels laid perpendicularly. The channels are gabion mats laid on watertight bases. They help to increase the water intake surface area and, as a result, increase the flow rate of the water intake structure. The intake is suitable for aquifers up to 10 metres deep.

The design of the under-channel filtering water intake [17] (Fig. 14), which allows simultaneous water intake from the river bed and receiving under-channel water, is of interest. The water intake gallery is constructed along the river bed. It is covered by two rows of gabion structures (longitudinal and transverse). Additional water receivers are laid normal to the catchment gallery, designed to receive underflow water. The authors recommend the described water intake structure for freezing springs, as it allows to provide constant water intake due to underflow water collection.

In [18] the design of a borehole-well is proposed, which allows to reduce the cost of groundwater intake. The structure combines the features of a shaft well and a borehole (Fig. 15). The water intake includes the following elements: shaft-mine 1, designed for accumulation of water rising from the aquifer, as well as the passage of water-lifting structures or pump placement;

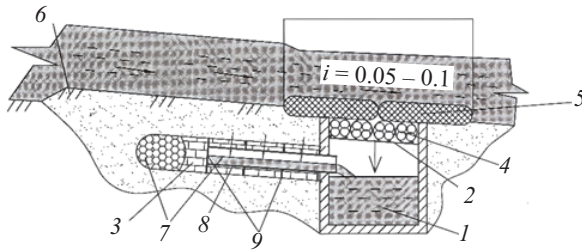


Fig. 14. Sub-channel filtering water intake of combined construction [17]: 1 — catchment gallery; 2 — metal grating; 3 — flexible bales; 4, 5 — gabion bales; 6 — guiding sill; 7 — water intake; 8 — perforated pipes; 9 — stiffening ribs

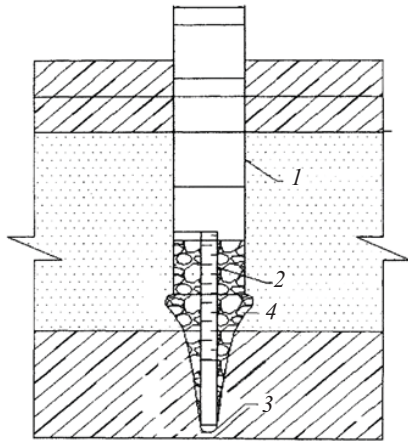


Fig. 15. Well-borehole [18]

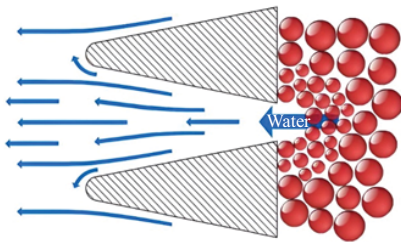


Fig. 16. Graphic representation of the flow in spiral-wound filter elements [19]

perforated polyethylene pipe 2, which is a water-receiving element; sump-shut-off 3, in which soil particles accumulate, jumping through the drainage cover 4. The technical and economic effect of the construction consists in reduction of material intensity of water intake, which is especially valuable for water extraction from deep aquifers.

In the paper [19] spiral, wound filter elements are proposed for use (Fig. 16). Their wide enough scope of application is declared: as filters of vertical and horizontal

(as a part of beam water intakes) wells, as grids on water intake windows of channel and coastal water intakes. A distinctive feature of the filters is a triangular cross-section wire welded to metal stringers, which are the frame of the structure. The manufacturer of the filters (MF “TEKO-FILTER”) informs about the special hydraulic mode, which promotes low colmatation of the pore space along with the possibility of fast washing.

A study by scientists at the University of Iran is of interest in order to solve the problem of lead elimination from the composition of groundwater extracted through mine wells. The reason for lead saturation of groundwater in Central Iran is its contact with volcanic rocks. In [20], it is proposed to use clinoptilolite as a well filter. It is proved that the efficiency of lead absorption can reach 85 %. Clinoptilolite as a natural sorbent was considered in previously published works [21, 22].

It is customary to plug water wells that are no longer in operation for any reason. However, according to studies [23], a tamped well damages the environment and creates preconditions for the impossibility of using the area for groundwater abstraction. The problem of plugged wells is as follows. Most often, wells are decommissioned if the ground space around them is obstructed, which reduces the flow rate of the water intake to the limit. As regeneration of obstructed zones requires attraction of considerable money, unfortunately, termination of use of obstructed wells is a widespread practice. At the same time, the area of obstructed near-well medium, exceeding by 500 mm the well diameter, is a zone of accumulation of insoluble compounds, heavy metals. The accumulated sediments contribute to the change of groundwater composition, change of hydrodynamic parameters of aquifer and physical and mechanical properties of water-bearing soils. Concrete struts formed as a result of cement slurry plugging of wells pose a similar problem. The researchers see the solution to this negative practice as increasing the life of wells, which should be achieved by planned regeneration of well zones based on the best available technologies.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The review of scientific publications for the last ten years has shown that the tendency of development of engineering solutions in the field of surface water intake structures is aimed at creation of water intake structures, contributing to reduction of suspended solids concentration, debris in the intake water, increasing reliability of operation in severe climatic conditions of the North. Scientists are also interested in improving fish protection structures, increasing their barrier function. As for groundwater intakes, it is possible to note new constructive solutions providing increase of flow rate.

REFERENCES

1. Dhivert E., Dendievel A.-M., Desmet M., Devillers B., Grosbois C. Hydro-sedimentary dysfunctions as a key factor for the storage of contaminants in mountain rivers (Bienne River, Jura Mountains, France). *CATENA*. 2022; 213:106122. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106122

2. Wiener J.S., Pasternack G.B. Scale dependent spatial structuring of mountain river large bed elements maximizes flow resistance. *Geomorphology*. 2022; 416:108431. DOI: 10.1016/j.geomorph.2022.108431
3. Abilov R.S.O. Water intake for mountain rivers. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2015; 3(19):150-158. EDN UISMLZ. (rus.).
4. Agaev I.A., Akhmedov B.M., Muslumov A.M. Water intake and water treatment plants for the mountain rivers. *Water purification. Water treatment. Water supply*. 2017; 3(111):10-14. EDN YFUBVX. (rus.).
5. Shtanko A.S. Filtering intake from watercourses for pre-treated water delivering into drip irrigation systems. *Scientific Journal of Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems*. 2020; 3(39):123-139. DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-123-139. EDN JHVTLF. (rus.).
6. Patent RU No. 2667728. *Water purification intake facility* / Golubenko M.I. appl. No. 2017131195 04.09.2017; publ. 24.09.2018. Byul. No. 27; 10. (rus.).
7. Shevchenko A.V., Puras G.N. Water intake from a surface water source for fish breeding and reclamation complexes. *Ecology and Water Management*. 2021; 3(3):89-102. DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-89-102. EDN RDGOYL. (rus.).
8. Patent RU No. 2480555. *Water intake and cleaning device* / Boronina L.V., Abuova G.B., Zimina N.V., Tazhieva S.Z.; appl. No. 2011113926/13 08.04.2011; publ. 27.04.2013. Byul. No. 12; 6. (rus.).
9. Sozaev A.A., Kurbanov S.O., Volosuhin V.A. Effective design and technological solutions for management and protection of channel type water intake buildings in the special conditions of the north in the gulf of Obiskaya bay area. *Scientific journal Kubsau*. 2016; 119(05):435-452. EDN WAFKST. (rus.).
10. Lysenko E.V., Pyanov M.V., Karmanova E.I. The problem of death of fish on intakes of Mordovia. *Problems of ecology and environmental management in the middle Volga region : materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 140th anniversary of the birth of B.M. Zhitkova*. 2013; 57-61. EDN XAYFRF. (rus.).
11. Beglyarov D.S., Bakshstanin A.M., Kostina E.S. The influence of types and structures of fish protective constructions on conservation of fish populations of inland reservoirs of the country. *Environmental Management*. 2019; 5:64-71. DOI: 10.34677/1997-6011/2019-5-64-71. EDN TVHMYs. (rus.).
12. Tutzer R., Röck S., Walde J., Zeiringer B., Unfer G., Führer S. Ethohydraulic experiments on the fish protection potential of the hybrid system FishProtector at hydropower plants. *Ecological Engineering*. 2021; 171:106370. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2021.106370
13. Patent RU No. 2712566. *Device for protecting juvenile fish against into water intake construction* / Dragunova S.M., Krylova N.N.; appl. No. 2018138824 02.11.2018; publ. 29.01.2020. Byul. No. 4; 9. (rus.).
14. Zabrodin A., Bagaikov Yu. Development of a fish protection device design. *Izvestia Volgograd State Technical University*. 2021; 8(255):68-72. DOI: 10.35211/1990-5297-2021-8-255-68-72. EDN HSJJPW. (rus.).
15. Patent RU No. 204996. *Water intake head* / Petrashkevich V.V., Mikheev P.A., Benin D.M., Petrashkevich A.V., Snezhko V.L.; appl. No. 2021111514 22.04.2021; publ. 22.06.2021. Byul. No. 18; 5. (rus.).
16. Patent RU No. 2528836. *Method of erection of underground horizontal water intake of a combined structure* / Dzhamaludinov M.M., Kurbanov S.O.; appl. No. 2012137318/13 31.08.2012; publ. 20.09.2014. Byul. No. 26; 8. (rus.).
17. Patent RU No. 2528836. *Method of construction of a horizontal underground water intake of a combined design* / Dzhamaludinov M.M., Kurbanov S.O.; appl. No. 2012137318/13 31.08.2012; publ. 20.09.2014. Byul. No. 26; 8. (rus.).
18. Patent RU No. 130614. *Well-borehole* / Chemakin S.V.; appl. No. 2012123477/13 05.06.2012; publ. 27.07.2013. Byul. No. 18; 18. (rus.).
19. Fahreev D.S., Lushkin I.A. Application of spiral wound filter elements "TECO-SLOT" in the construction of intake structures. *Cities of Russia: problems of construction, engineering support, improvement and ecology : collection of articles of the XVI International Scientific and Practical Conference*. 2014; 90-94. EDN SWUHWf. (rus.).
20. Heidarian M.H., Nakhaei M., Vatanpour V., Rezaei K. Evaluation of using clinoptilolite as a filter in drinking water wells for removal of lead (small-scale physical sand box model). *Journal of Water Process Engineering*. 2023; 52:103558. DOI: 10.1016/j.jwpe.2023.103558
21. Ghadersarbazi Z., Ghiasi F., Ghorbani F., Johari S.A. Toxicity assessment of arsenic on common carp (*Cyprinus carpio*) and development of natural sorbents to reduce the bioconcentration by RSM methodology. *Chemosphere*. 2019; 224:247-255. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.02.146
22. Kussainova M.Zh., Chernyakova R.M., Jusipbekov U.Z., Pasa S. Structural investigation of raw clinoptilolite over the Pb²⁺ adsorption process from phosphoric acid. *Journal of Molecular Structure*. 2019; 1184:49-58. DOI: 10.1016/j.molstruc.2019.02.012
23. Tsymbalov A.A. Environmental problem of looped water intake facilities. *Readings of A.I. Bulatov*. 2023; 1:298-301. EDN UFVZKP. (rus.).

Received September 2, 2023.

Adopted in revised form on September 13, 2023.

Approved for publication on September 13, 2023.

BIONOTES: Yuliya A. Ryltseva — Candidate of Technical Sciences, lecturer of the Department of Water supply and water removal; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);** 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 4138-6634, Scopus: 57214228101, ORCID: 0000-0002-1315-6907; yuliya.ryltseva@mail.ru.