

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Разработка конструкций водозаборно-очистных сооружений

из малых водотоков»

Студент

А.С. Курекова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А. Лушкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ	6
1.1 Перемерзающие водотоки	6
1.2 Пересыхающие водотоки.....	16
1.3 Малые водотоки с родниковым питанием (европейская часть РФ) ..	21
1.4 Выводы по 1 главе	26
ГЛАВА 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОПРИЕМНИКОВ ИЗ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ	27
2.1 Опыт исследований, проектирования, строительства и эксплуатации водозаборов на Севере РФ	27
2.2 Конструкции водозаборов с фильтрующим водоприемом.....	39
2.3 Выбор технологических параметров водоприемников на примерах водотоков с низким минимальным горизонтом воды в Самарской области	47
2.4 Выводы по 2 главе.....	60
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРИЕМНИКОВ ИЗ МАЛЫХВОДОТОКОВ.....	61
3.1 Разработка технологической схемы и конструкции фильтрующего водозабора из водотоков с низким минимальным горизонтом воды	61
3.2 Разработка инфильтрационного водозабора из малых водотоков.....	67
3.3 Выводы по 3 главе.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	75

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы: Большинство малых населенных пунктов расположены на берегах малых рек и временных (сезонных) водотоков. Некоторые из малых водотоков отвечают нормативным требованиям по качеству воды и пригодны для использования в водоснабжении населенного пункта.

Подача воды осуществляется с помощью водозаборно-очистных сооружений. Прежде чем начинать строительство водозаборных сооружений, необходимо для начала изучить их гидрологические, геоморфологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия и проследить за характером изменчивости на таких водотоках, так как некоторые параметры могут резко изменяться в разные сезоны и годы, что осложнит задачи проектировщикам и строителям.

Бесплотинный водоприем из малых, сезонно действующих водотоков (перемерзающих, пересыхающих, сильно меандрирующих, многорукавных, большим колебанием уровня и пр.) – наиболее приемлемая и эффективная альтернатива дорогостоящим водозаборам с приплотинными водохранилищами. Для подобных водоисточников характерны значительные колебания уровней воды в различные периоды года, что в свою очередь накладывает дополнительные требования к проектируемым на них водозаборам. Исходя из наибольшей вероятности водоотбора из таких водоисточников для большинства водопотребителей РФ актуальна необходимость выработки приемов и сооружений отбора сравнительно небольших ($300...1000 \text{ м}^3/\text{сутки}$) расходов. М.Н. Черепашинский, А.А.Сурин, Н.В. Ереснов и др. указывали на сложность водообеспечения многочисленных мелких объектов, не имеющих ресурсов для создания централизованных систем водоснабжения, санитарнонадежных и технически современных. Решение этой задачи может идти за счет применения

водозаборно-очистных комплексов (сооружений), максимально приспособленных к режиму водотоков.

Объект исследования: водозаборные сооружения.

Предмет исследования: водозаборно-очистные сооружения из малых водотоков.

Целью работы является исследование и разработка конструкций водозаборно-очистных сооружений для малых водотоков.

Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:

- 1) Анализ особенностей малых водотоков (перемерзающих, пересыхающих, сильно меандрирующих, многорукавных, с большим колебанием уровня и пр.) при использовании их на нужды хозяйственно-питьевого водоснабжения малых населенных пунктов.
- 2) Анализ типов и конструкций водозаборов из малых водотоков в различных регионах РФ.
- 3) Разработка технологических схем водозаборно-очистных сооружений из малых водотоков.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемые технологические схемы фильтрующих и инфильтрационно-фильтрующих водозаборов позволят осуществлять отбор воды при любых условиях и уровнях воды в водоисточнике.

Личный вклад автора состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке технологических схем водозаборно-очистных сооружений из малых водотоков при различных гидрологических условиях на малых водотоках.

На защиту выносятся: технологические схемы фильтрующих и инфильтрационно-фильтрующих водозаборно-очистных сооружений из водоисточников с низким минимальным горизонтом воды.

Апробация работы. Результаты работы представлены в сборниках трудов:

XV-ой Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России» (г. Пенза, МНИЦ ПГАУ, 2017).

XX-ой Международной научно-практической конференции «Города России: проблемы строительства, инженерного благоустройства и экологии» (г.Пенза, МНИЦ ПГАУ, 2018).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 3 глав, общих выводов, библиографии из 73 наименований. Общий объем работы 81 - стр., включая 27 иллюстрацию и 3 таблицы.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

1.1 Перемерзающие водотоки

При рассмотрении термина «гидрология водотоков криолитозоны» на сегодняшний день считается как сложное научное направление гидрологии земли. Термин гидрологии водотока криолитозоны трактуется как: «Формирование водных ресурсов об закономерностях учения и гидрологических режимов водотоков, водные балансы бассейнов водотоков, а кроме того об специфических гидрологических условий и процессов, происходящих на водотоках территорий распространяющей многолетнемерзлой породы.

Исследуемые просторы Севера протягиваются от побережья моря Северного Ледовитого океана до горного района Забайкалья и Приморья на южной стороне, кроме того входит часть Кольского полуострова, северная часть Малоземельской и Большеземельской тундр, Полярный Урал, обширную часть Сибири и Дальнего Востока».

В зимний период сток водотока криолитозоны образуется в довольно не устойчивых природно-климатических условиях и имеет несколько особенностей.

В первую очередь при установлении низких отрицательных температур воздуха у режима реки происходит резкий спад расходов воды и в конечном итоге происходит полное прекращение стока. Промерзание рек наблюдается практически во всех холодных регионах Земли.

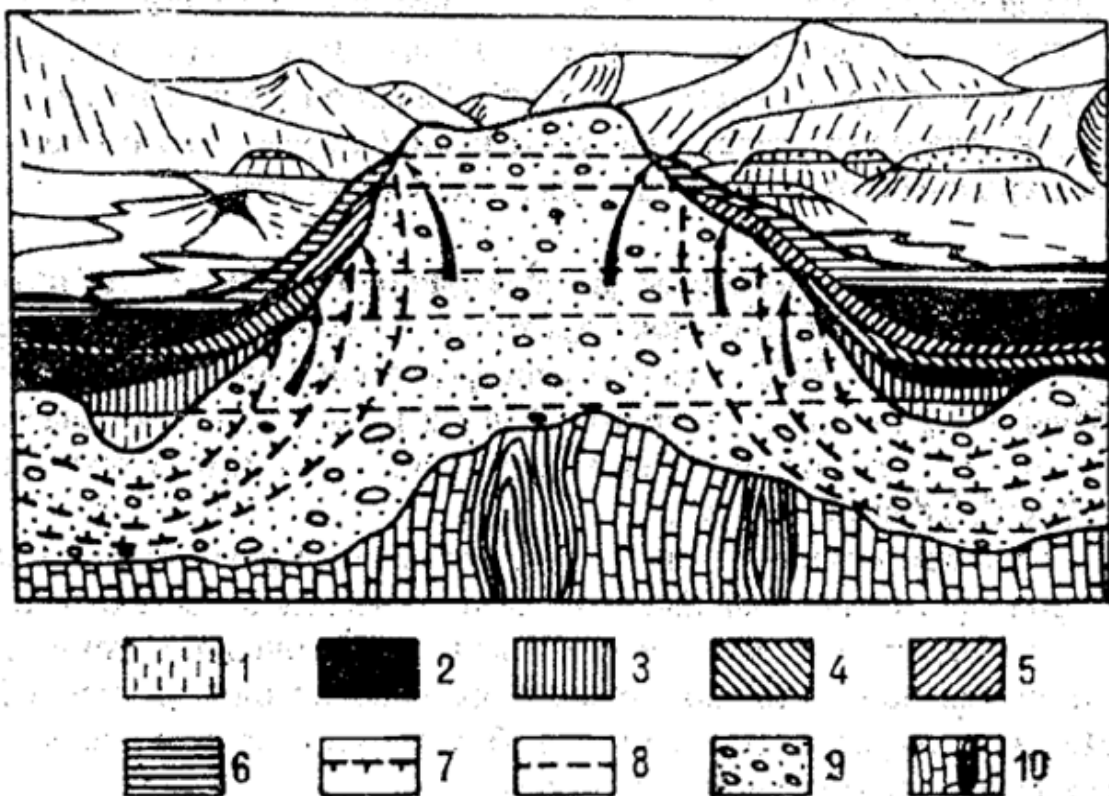
В современном мире на сегодняшний день очень мало внимания уделяется такому вопрос как изучение процессов истощения и убывания стока водотоков в зимний сезон и разрабатыванию методов расчета характеристик промерзания водотоков, но стоит отметить что за 10-15 лет данный вопрос расширил возможности в изучении и достиг определенных

научных представлений о взаимодействиях поверхностных и подземных вод в условиях сурового климата и многолетней мерзлоты.

Нарастание ледяного покрова у дна водотока наблюдается у промерзающих водотоков. Развитие процесса нарастания толщины льда на водотоках формируется от многих факторов и их различных сочетаний. Первым фактором определена интенсивность роста льда. Она колеблется от условия: суровая зима или нет, подъема подземного потока вод в русле водотока, какая будет скорость течения, на сколько замерзнет водоток и его размер, слой снега на поверхности ледяного покрова и др. При промерзании рек до дна главной ролью является сокращение и истощение запасов подземных вод, накопленных в таликовых зонах речных долин. Кроме того от климатических условий зимы, а именно от роста льда в русле. Прекращение речного стока в зимней период наступает при нарастании толщины ледяного покрова до дна водотока.

Участки водотоков то промерзают, то непромерзают такое явление называется перемерзанием водотоков. При таком явлении подземное питание еще существует из-за ледяных перемычки русловой сток приобретает статус подрусового или поднятие на поверхность земли и образованию наледей. В зимней период на водотоках чаще наблюдается процесс перемерзания [7].

Изучения работ В.Р. Алексеева про наледные образования на водотоках (например, Якутия и Амурская область) показало, что подъем подземных вод (в русле водотока) исходя из промерзания водоносных отложений речной долины. Для примера он приводит схему формирования наледи (рис. 1.1), которую составил С.С. Осадчим. Из данной схемы можно проследить, что уровень подземных вод постепенно поднимается вверх. Это явление прослеживается в процессе влияния криогенного напора исходя из промерзания аллювиальных отложений. Процессы, приведенные В.Р. Алексеевом довольно распространены в долинах горных водотоков, длины которых достигают от 50 км до 70 км.



1-речные ледовые образования; 2-6 – слои наледных ледовых образований; 7- разметки границ сезонной мерзлоты; 8-уровни подземных вод в различные моменты зимнего периода; 9-аллювиальные отложения; 10-коренная горная порода.

Рисунок 1.1 – Схема промерзающих водотоков при наледных формированиях

Гидрологические исследования зависят прежде всего от классификации и система типизации изучаемых явлений и процессов. В основе его работ заложены два основных признака: тип и продолжительность существования таликов. На примере бассейна Анадыря он выделил три типа рек: «полностью промерзающие реки» ($F < 1000 \text{ км}^2$); «частично промерзающие реки» ($1000 < F < 6000 \text{ км}^2$); «не промерзающие реки» ($F > 6000 \text{ км}^2$) с пойменными таликами.

Начало процесса промерзания водотока с образований ледовых явлений. На основании погодного условия зимнего сезона определяется процесс развития данных явлений. Толщина льда увеличивается в сезоны ледостава в период октября на 10-30 см, в период ноября на 20-60 см, в период декабря на 20-50 см. На малых водотоках длиной до 100 км наблюдаются образования ледяных перемычек наперекатах. Такое явление происходит за счет питания стока грунтовыми водами деятельного слоя. С середины октября начинаются перемерзания малого водотока, а ближе к

ноябрю большинство водотоков уже промерзшие до дна по всей длине водотока.

При анализировании частот промерзаний и перемерзаний было отмечено перемерзание водотоков по длине в равнинах 100-500 км, а в горных 100-700 км (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Размеры водотоков с разными степенями промерзания

Характер промерзания водотока	Удаленность створа от истока водотока, км	Площадь водосбора, тыс. км ²
<i>Равнинные районы</i>		
Ежегодные промерзания	< 100	< 2
Ежегодные перемерзания и перемерзания с частотой 70% = $P < 100\%$	< 500	< 20
Перемерзания с частотой $P < 70\%$	500-800	20-75
<i>Горные районы</i>		
Ежегодные промерзания	< 100	< 2
Ежегодные перемерзания, $P = 100\%$	< 500	< 20
Перемерзания с частотой 70% = $P < 100\%$	500-700	20-50
Перемерзания с частотой $P < 70\%$	700-800	50-75

В тексте диссертации Аржаково С.К.: «А.И. Калабин и И.А. Некрасов отмечают, что на малых водотоках длиной 25-30 км емкостные характеристики подрусовых таликов зависят от размеров и режима реки, от состава, строения и мощности аллювиальных отложений. Отсутствие таликов в верховьях рек они объясняют малой водностью водотоков, а также большими уклонами, способствующими быстрому стеканию речных вод и не успевающими отдать свое тепло. При увеличении длины реки и уменьшении ее уклона возрастает водность водотока, повышается его отепляющее воздействие.» [64, 66].

Степень водообильности подрусовых таликов описаны в таблице 1.2, которая была составлена В.Ф. Шишкиной [15].

Таблица 1.2 – Запасы вод подрусловых таликов в конце зимнего сезона в бассейне р. Индигирки

Водоток	Длины водотоков, км	Суммарные длины таликов, км	Суммарные статистические запасы воды, тыс. км ³
Тихон-Юрях	105	45	14 770
Учча	50	7,65	473
Еченка	47	40	40 130
Хатыннах	20	20	4 500
Малый Куобах-Бага	24	7	3 080
Большой Куобах-Бага	55	47	8 330

Три типовых характера промерзания водотока до дна:

- 1) промерзающие (длина водотока до 100 км, площадь водосборов до 2000 км²);
- 2) перемерзающие (длина водотока от 101 до 800 км, площадь водосборов от 2001 до 50 000 - 75 000 км²);
- 3) с устойчивым зимним стоком или не перемерзающие водотоки (длина более 800 км, площадь водосборов более 50 000- 75 000 км²).

Размеры перемерзающих водотоков варьируются в диапазонах 1000-5000 км².

Исходя из таблицы можно отметить, что малые размеры водотоков в той местности где идет воздействие от Атлантического океана, а на большие размеры влияют сложные и суровые условия образования зимнего стока.

Водотоки прерывистых и островных пределов криолитозоны подразделяются на два подтипа:

- 1) перемерзающие водотоки (длина ≤ 200 км, площадь водосборов ≤ 5000 км²);
- 2) водотоки с устойчивым стоком в зимний сезон (длина ≥ 200 км, площадь водосборов ≥ 5000 км²).

Под моделированием процесса истощения и прекращения зимнего стока водотоков подразумевается под изучением закономерностей спада зимних расходов воды и выбора моделей для их описания.

Особо важным фактором является наледеобразование, определяющее низкую водность водотока. Более подробно про данный фактор рассказано подробнее в исследованиях Б.Л. Соколова и В.В. Кравченко, а также немного в исследованиях О.Н. Толстихина и В.Р. Алексеева.

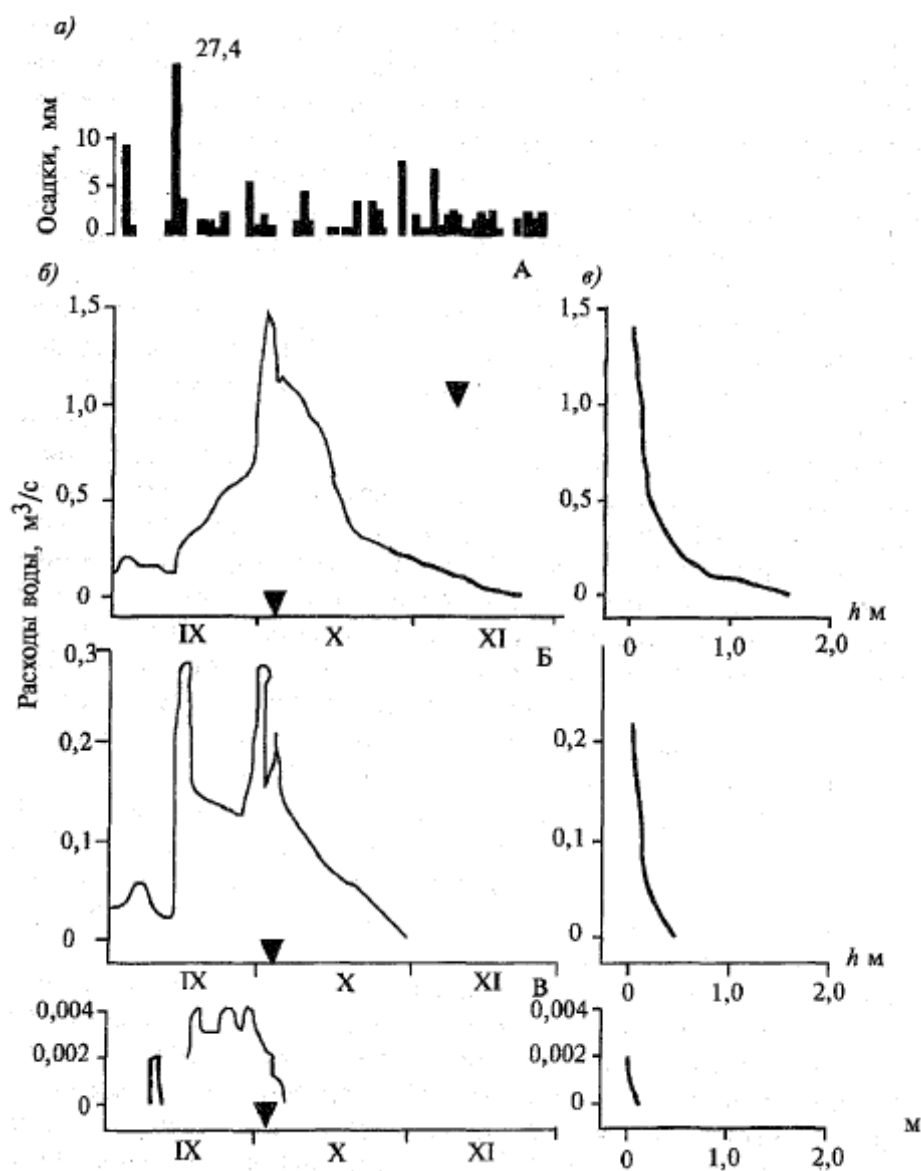
Водный режим водотоков зависит: «В первую очередь от пересечения наледей гидрометрического створа. Если наледи размещены выше гидроствора, то они перераспределяются в течение года речного стока, а в итоге его уменьшают в зимний сезон и увеличивают в летний период. В другом случае воздействие изменения водного происходит не одинаково.

1. На реках с устойчивым зимним стоком колебания уровня воды в водотоке в течение зимнего периода иногда не отвечают процессам истощения стока, а наоборот связаны с изменением гидродинамического напора до льда из-за ледообразования.

2. При развитии наледей подземных вод изменения зимнего режима происходят аналогично режиму рек с наледями речных вод. Различиями являются: тип наледного питания, более крупные размеры и большая ширина наледных полей, а также прерывистостью процессов формирования наледей этого типа. Наледи данного типа формируются в течение всего зимнего периода, приобретая максимальные размеры в конце марта, апреля».

В тексте работы Вишневской Н.С.: «Кроме воздействия отрицательных температур воздуха и потерь стока на ледообразование большое влияние на спад расходов воды оказывает сезонное промерзание почвогрунтов, в частности его глубина, которая является косвенной характеристикой подземного притока в реке. На рис. 1.2 показано изменение зимних расходов воды на реках в соответствии с постепенным промерзанием почвогрунтов деятельного слоя.

Для наглядного примера представляю части гидрографа за периоды сентября, октября, ноября и какие ходы осадков были за этот период. Глубину промерзания почвогрунтов запрашивали в метеостанции Якутска. По графику осадков видно, что кривые истощения стока в зимний сезон колеблется за счет быстрой сработки русловых запасов и наиболее динамичных грунтовых вод деятельного слоя» [64, 66].

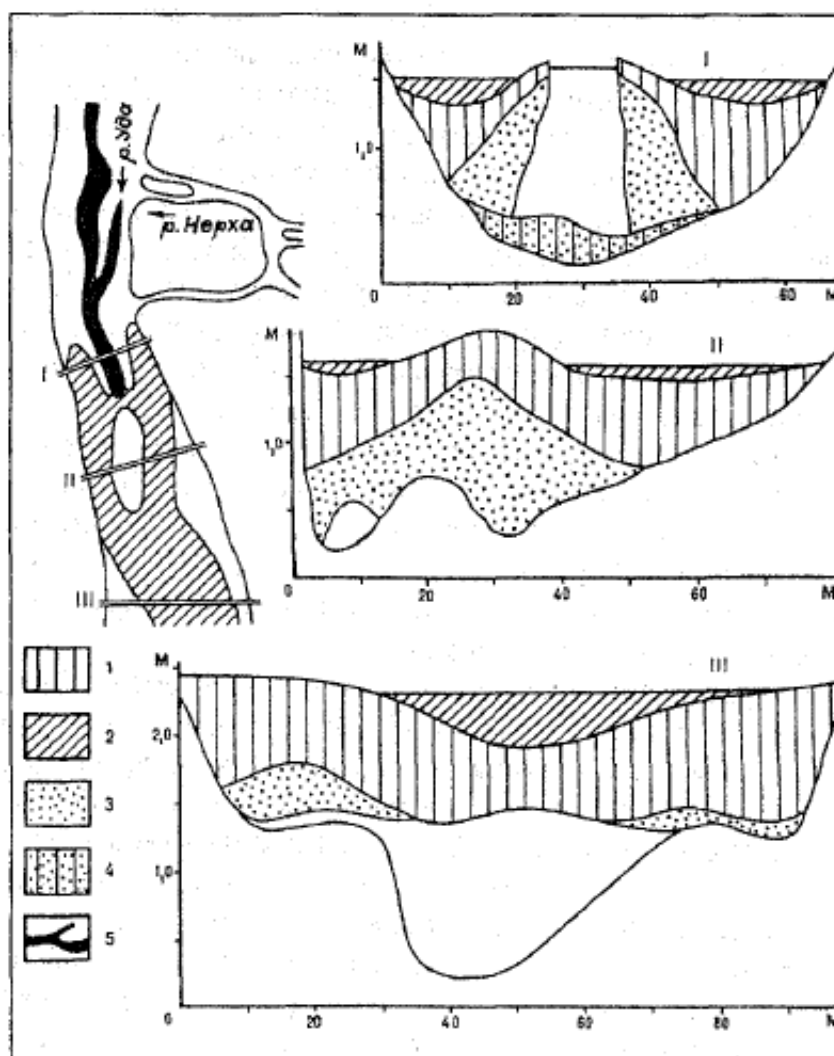


А – река Тамма (местн. Ыатыраха, $F = 4250 \text{ км}^2$); Б – река Шестаковка (местн. Камырдагыстах, $F = 170 \text{ км}^2$); В – р. Мархинка (с. Большая Марха, $F = 408 \text{ км}^2$); ▼ - начальная дата межени в зимний период.

Рисунок 1.2– Комплексный график осадков (а), ежедневные расходы воды (б) и их истощения в зависимости от глубины промерзания деятельного слоя (в) за 1978г.

Замерзание воды в водотоках происходит в периоды холодов. В зависимости от условий перемешивания водных масс кристаллизация воды

происходит либо в поверхностном слое, либо по всей глубине и на дне водного потока. При замерзании водотока начинают появляться шугообразования. Образование наледных явлений может происходить двумя способами. В первую очередь, если участки имеют небольшие уклоны ледяного покрова, то шугообразование формируется быстрее и происходит образование ледяных перемычек. Во втором случае наледь образуется в результате прорыва ледяной перемычки, возникающей при зажорах. Приуроченность наледей к полыньям и зажорам показывает рис. 1.3, составленный В.В. Кравченков заимствованный из работы В.Р. Алексеева.



1-речной лед; 2-наледи; 3-шуга; 4-донный лед; 5-полынья.

Рисунок 1.3 -Образование наледи при образовании полыней и зажоров.

Исходя из рис. 1.4 видно, что линии закономерности спада расходов воды водотоков различных градаций не похожих друг от друга. На малых

водотоках, малую мощность имеет дренирующая сезонная грунтовая вода, бывает очень часто просыхание бассейнового запаса воды, понижение расхода воды быстрый и недолгий.

По рис. 1.4 видно, что характер убывания стока в течении следующего периода спада немного другого типа. В течении данного периода времени прекращается рост ледяного покрова, а уровень стока не меняется и находится в постоянном состоянии благодаря подземным водам, в речных долинах летом происходит накопление в таликовых зонах, из-за этого происходит уменьшение интенсивность истощения, за счет чего и происходит спад в этот период.

Исходя из типовых кривых можно сказать, что процесс истощения зимнего стока малых рек данных регионов случаются в большей степени по прямой линии.

Для описания нелинейных кривых истощения применяются различного вида усовершенствования уравнения Буссинеска [64] для неустановившегося движения подземных вод. При гидрологических исследованиях в большей степени применяется уравнение Буссинеска–Майэ:

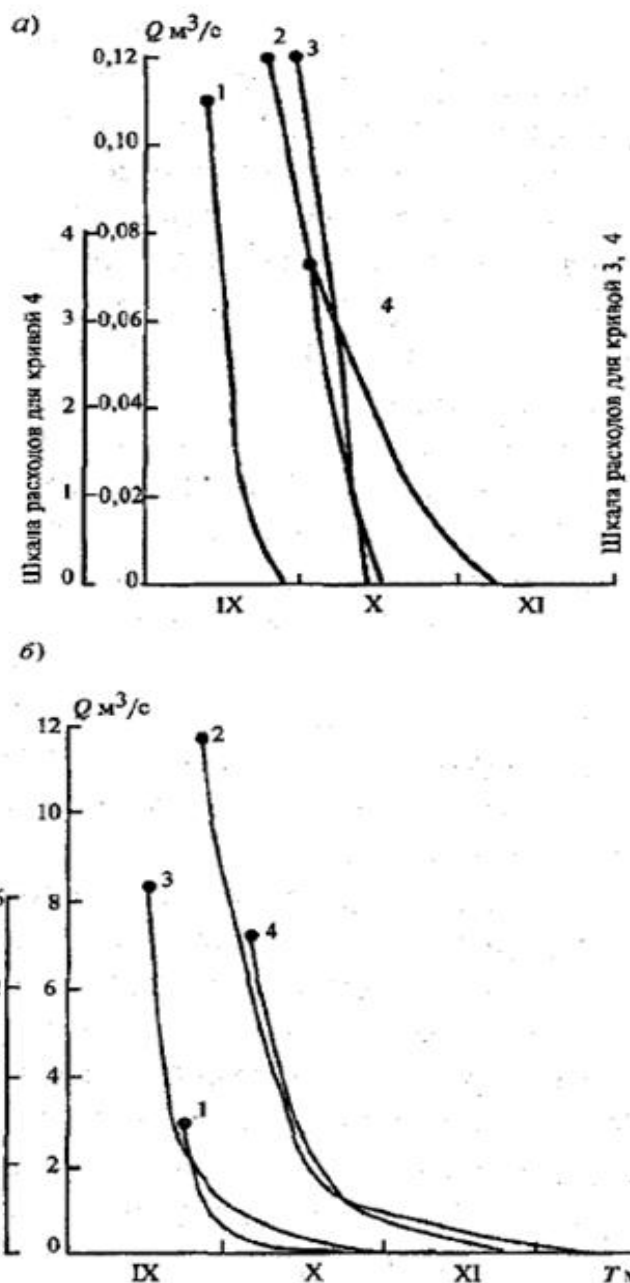
$$Q_t = Q_0 / (1 + \alpha t^2) \quad (1.1)$$

где Q_t - расход воды в момент времени от начала зимней межени;

Q_0 - расход воды в начальный период зимней межени ($t = 0$);

α — коэффициент истощения, характеризующий скорость уменьшения изначального расхода;

t - продолжительность расчетного интервала времени.



а) малые водотоки: 1- река Еремейка (г.п. Еремейка, 1981г.); 2- река Юнкюр (с. Юнкюр 2, 1969г.); 3- река Ала-Чубука в 1,5км от устья (1961г.); б) средние водотоки: 1- река Ючюгей-Юрях (гм.ст. Агаякан, 1959г.); 2- река Чилии (г.п. Чилии, 1977г.); 3- река Иргичээн (р.п. Депутатский, 1954г.); 4- река Нотора (г.п. Хас-Тохтур, 1971г.)

Рисунок 1.4 –Графики спадов расходов воды в зимний периоду малых и средних водотоков

Из исследований В.К. Ситникова и А.М. Догановского [10] выделено, что кривые истощения зимнего стока водотоков можно использовать уравнение Буссинеска и определение интенсивности разгрузки подземных вод из различного водоносного комплекса:

$$Q_t = Q_n e^{-\alpha t} + Q_m \alpha / \alpha - \beta e^{-\beta t} + Q_n \quad (1.2)$$

где Q_m - расход подземного стока в реке из слоя аллювиальных отложений;

Q_n - постоянный приток подземных вод из глубоких водоносных горизонтов;

α и β - коэффициенты истощения, определяющие скорости убывания расходов Q_m и Q_n .

Уравнение Буссинеска (уравнение (1.1)) в большинстве случаев необходимо для описания кривых истощения зимнего стока. Опыта В.П. Пономарева и В.К. Ситникова при использовании в различных условиях погрешности показало, что расчеты ежедневного расхода воды по уравнению Буссинеска в 1,2 - 1,5 раза ниже, чем методов учета стока зимой. [9, 12, 13]

При использовании в практике данного уравнения (1.1) используются основные характеристики водотоков: параметр расхода воды Q_0 , коэффициент истощения, продолжительность истощения зимнего стока $T_{ист.}$. Отрицательными условиями является то, что данные задачи определены для водотоков с устойчивым зимним стоком. В связи с вышесказанным определение параметров перемерзающих водотоков возможно благодаря уравнения Буссинеска-Майэ.

1.2 Пересыхающие водотоки

Под термином «*частично пересыхающие водотоки*» подразумевается, что это водотоки, у которых уровень воды не стабильный и очень сильно может убывать в период засухи или по причине экологических условий в некоторых местах природной местности. Виды падения уровня воды могут быть: на всей протяженности водного объекта или на коротких участках, но иногда может произойти полное пересыхание русла на кратковременный период (длительностью в несколько месяцев) и во время выпадения осадков заполнять источник водой (сезоны дождей или таяния снега).

Использование такого вида водотоков возможно для водоснабжения и других водохозяйственных задач (в виде примера можно привести орошение для сельскохозяйственных угодий) при проведении определенных водоохраных мероприятий, позволяющих снизить отрицательные воздействия на водный объект.

Отличия частично пересыхающих водотоков от обычных равнинных рек определяется при помощи специфических черт, которые свойственны только им.

В тексте работы Орлова Е.В., Комарова А.С., Мельникова Ф.А., Серова А.Е.: «К специфическим чертам относятся:

- неравномерность стока в течение года или сезона;
- низкий уровень воды в определенном участке или на всем протяжении;
- большое количество взвешенных наносов, приводящее к повышению мутности в водном объекте;
- наличие ледовых явлений в водотоке (реки в холодном климате);
- отсутствие постоянного течения и стационарного русла (в некоторых случаях);
- неустойчивость русла и береговой линии.» [5].

«Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что условия, ранее перечисленные, будут усложнять процесс получения воды из водного источника и использование русловых и береговых водозаборных сооружений не представляется возможным.» [5].

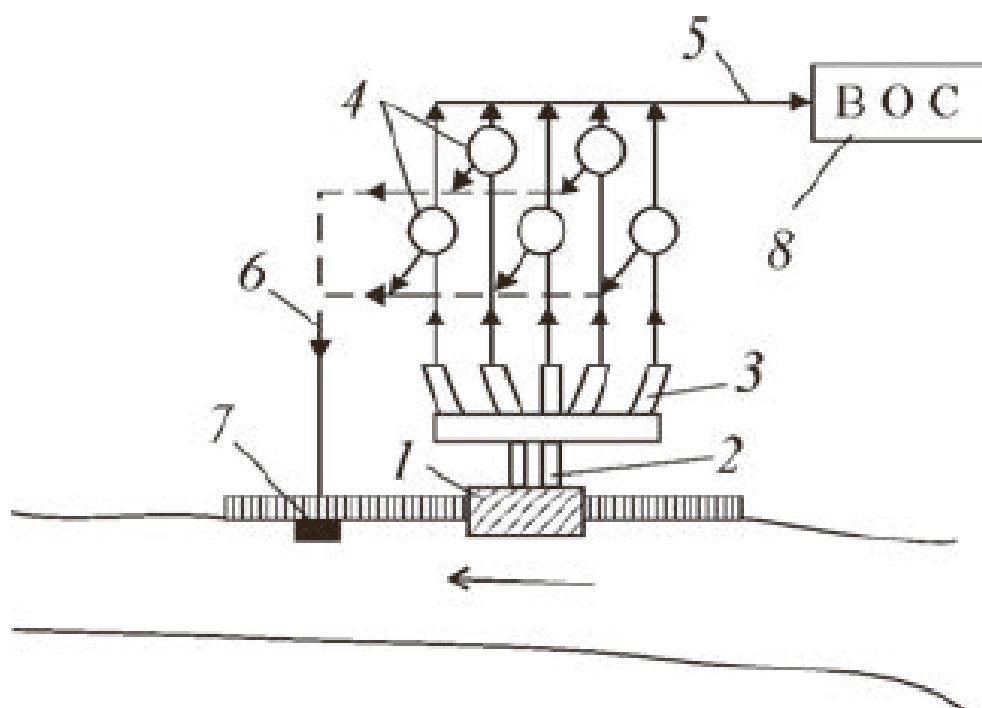
В тексте работы Орлова Е.В., Комарова А.С., Мельникова Ф.А., Серова А.Е.: «Водотоки делятся на четыре основных вида:

1. Реки с малыми, но достаточными для забора воды глубинами и расходами воды в течение всего года;
2. Реки с очень низкими глубинами на некоторых участках, где имеются подрусловые воды;

3. Реки очень низкими глубинами на некоторых участках, где отсутствуют подруловые воды;

4. Реки, которые в определенный сезон частично пересыхают на определенных участках и имеют неустойчивое или периодически изменяющееся русло.» [5].

«Для рек с малыми, но достаточными для забора воды глубинами и расходами в течение всего года предлагается следующее решение, приведенное на рис. 1.5. Прежде всего, необходимо организовать борьбу с наносами, которая должна приносить положительный эффект, путем включения в систему отстойников (первичные). Это сооружения, представляющие собой резервуары, в которых вода движется с малыми и равномерными скоростями, поэтому происходит осаждение донных и взвешенных наносов. Количество отстойников определяется расчетом, желательно использовать горизонтальные отстойники для большей производительности и питьевого водоснабжения. В случае, если качество воды не будет устраивать потребителя, то допускается использовать дополнительно вторичные отстойники перед подачей на очистные сооружения систем водоснабжения. Возможно совмещение первичных и вторичных отстойников. При большом количестве наносов из песка целесообразно устройство песколовков, в зависимости от конкретных природных условий определенного региона.» [5].



1 — береговой водозабор с НС-I; 2 — напорные линии; 3 — открытые самотечные линии (каналы); 4 — отстойники; 5 — каналы самотечные закрытого типа; 6 — сбросные галереи для промывной воды; 7 — оголовки выпускной речного типа; 8 — водопроводные ОС

Рисунок 1.5—Процесс забора воды из малых водотоков с достаточными для забора воды глубинами и расходами

Из малых водотоков с довольно небольшими глубинами на определенных участках, где проступает поток подрусловых вод, лучше всего забор воды производить с применением инфильтрационных водозаборных сооружений. Фильтрация воды из водотока происходит через дно, со смешиванием с подрусловыми водами. После чего вода поступает в галерею водоприема непосредственно под водотоком. После чего поток воды проходит через туннель к береговому колодцу, а с помощью погружных насосов происходит забор воды и в последовательности вода подается непосредственно потребителям.

В тексте работы Орлов Е.В., Комаров А.С., Мельников Ф.А., Серов А.Е.: «Исходя из ранее сказанного, преимуществом инфильтрационных водозаборов являются улучшение качества забираемой воды, очисткой от взвешенных наносов и бактериальных загрязнений и постоянство установившихся температур.

К самым сложным рекам по режиму забора воды относятся водотоки, которые в определенные периоды пересыхают на некоторых участках и имеют неустойчивое или периодически изменяющееся русло.» [5].

В тексте работы Орлова Е.В., Комарова А.С., Мельникова Ф.А., Серова А.Е.: «Прежде чем начинать строительство водозаборных сооружений на таких объектах, необходимо на протяжении нескольких лет изучить их гидрологические, геоморфологические, гидрогеологические и инженерно-геологические условия и проследить за характером изменчивости на таких водотоках, так как некоторые параметры могут резко изменяться в разные сезоны и годы, что осложнит задачи проектировщикам и строителям.

Необходимо иметь в виду, что на участках, которые пересыхают полностью в определенный сезон, организовать забор воды никаким образом нельзя. Здесь можно говорить только о сезонном водоснабжении (при появлении воды на участке). Вопрос о переброске части вод из другого водотока не рассматривается в связи со сложностью и дороговизной данного решения.

Изменчивость русла в течение определенного времени, а также его неустойчивость не позволяют построить стационарное водозаборное сооружение, которое через некоторое время не сможет отбирать воду требуемого объема. Такие условия позволяют отнести данный тип сооружения не столько к специфическим, сколько к тяжелым, требующим дополнительных изысканий и исследований на моделях в лабораториях.

Необходимо подчеркнуть, что водозаборные сооружения, являясь самыми ответственными элементами системы водоснабжения, сильно зависят от природных условий, которые могут очень осложнять получение воды. Поэтому подстройка под требования окружающей среды с применением новых технических решений является важной задачей, позволяющей организовать забор воды даже в таких специфических условиях» [5].

Периодами пересыхания водотоков являются летний и осенний сезон межени, когда низкое стояния уровней воды в водотоке (поступление воды с водосборной площади резко сокращается, и водоток переходит в основном на подземное питание).

Межень – это временной период, когда уровень воды в водоеме, реке или озере, очень низкий. На равнинных реках, пополняющих запасы воды благодаря таянию снегов и дождям, межень наступает после половодья и в сухую погоду. Некоторые небольшие речушки в это время вообще пересыхают. Такую межень называют летней, и прекращается она с началом дождей.

Межень наступает в 3-й декаде мая — в середине июня, заканчивается в сентябре-октябре. Самыми маловодными периоды просматриваются в августе и сентябре. Минимальный уровень на водотоках устанавливается от увлажнения территории: если выпадение осадков уменьшает, то раньше наступает межень. Многие малые водотоки, размером менее 10 км, полноводными могут быть только весной, с наступлением в летний период межени водотоки пересыхают (часто такое явление происходит у водотоков в степных районах).

Классическими в данном случае являются малые водотоки в бассейнах рр. Ай, Сим, Увелька, Уфа, Юрюзань. Прекращение стока данных водотоков обусловлено с высокой фильтрацией воды через горные породы на водосборах и в речных руслах. Часто период пересыхания длится весь зимний период вплоть до весны следующего года. [16]

1.3 Малые водотоки с родниковым питанием (европейская часть РФ)

Малые водотоки – это водотоки, которые имеют площади водосборных бассейнов $\leq 2000 \text{ км}^2$ и длины $\leq 200 \text{ км}$. В РФ насчитывается около 3 млн. малых водотоков, что составляет 99% от общего количества всех водотоков,

а их общий размер длины достигает примерно 95% от всей длины всех водотоков. Треть суммарного речного стока занимают малые водотоки.

Каждый малый водоток имеет речную долину и террасы. Половодье малых водотоков происходит раньше, быстро и бурно, чем на средних и крупных реках. У малых водотоков имеются большие уклоны, которые приводят к более высоким скоростям, за счет чего они более энергичнее подмывают берега, размывают пойму водотока. В маловодные годы у маленьких водотоков происходят процессы пересыхания, заиливания, а также водоток может прекратиться и может превратиться в балку. Водотоки — это самый удивительный, привлекательный и необходимый для человека природный ресурс. С древних времен поселения на берегах водотоков, ручьев и рек, реки дают воду и служат путем сообщения.

Родник — источник естественного выхода подземных вод на поверхность как на суше, так и под водой. Родники считаются источниками чистой воды.

В окрестностях родника обычно живописная природа, деревья богаче и разнообразнее, высокая сочная трава и земляной покров лучше. Родники служат подпиткам поверхностных водоёмов, поддерживают водный баланс и сохранению окружающей природы.

Большая часть рек и водоёмов РФ имеют подземный источник, которым является родник. Их питание осуществляется за счёт более глубоких водоносных слоёв, куда загрязняющие вещества с поверхности практически не проникают.

Геологические условия выхода воды. В тексте работы Шевченко Л.В., Коржев С.В.: «Самой основной характеристикой родника называется *тип*. В зависимости от силы ее напора поток воды на поверхность суши может подниматься разными способами» [65]. Можно выделить два основных типа родников: нисходящий — это родник, который не имеет напора (поток воды выходит на поверхность спокойно, из рыхлых отложений вниз по склону);

восходящий – родник с определенным напором воды (поток вода выходит в виде фонтана).

Родники бывают также временно действующими (сезонными) и постоянно действующими. Родники могут питаться верховодкой, грунтовыми и артезианскими водами.

В тексте работы Шевченко Л.В., Коржев С.В.: «Если у родника определен тип, то следующим этапом является выяснение *характера истечения воды*. Выделяют три вида истечения: напорное донное подпитывание, истечение из стенки, безнапорное донное подпитывание.

Окончательное геологическое условие выхода воды, которая будет занесено в паспорт, является *высота источника над уровнем воды в водотоке*. Благодаря данному параметру возможно судить об уровне залегания водоносного горизонта. В качестве точки отсчета советуют брать уровень воды водоема (впадение ручья из родника).» [65]. Измерения данной характеристики производятся с помощью нивелира или эклиметра. При использовании нивелира превышения можно получить сразу, а при работе с эклиметром их необходимо вычислять на основании измерения крутизны и длины склона.

Артезианские подземные воды образуют восходящие родники.

В зависимости от температуры родники подразделяются на холодные, тёплые, горячие. В зимний период родниковая вода не замерзает, так как у родников плюсовая температура [18].

Основные характеристики родниковой воды. Природная родниковая вода – это вода, в которой состав минералов не подвергался никаким физико-химическим изменениям. Родниковая вода доходит до нас в своем первозданном, природном по своему составу виде. Температуры родниковых (ключевых) водв родниковой жиле достигает 4°C, благодаря чему в данных водах не обитают болезнетворные бактерии.

Естественную природную фильтрацию родниковая вода достигает при прохождении через слои гравия и песка. При данном способе очистки воды

сохраняются целебные свойства и не меняется структура и гидрохимические состава, за счет ранее перечисленного родниковая вода считается пригодной для питья и ее не нужно подвергать каким-либо дополнительной обработке.

Плюсы родниковой воды:

- благодаря естественной фильтрации она полностью сохраняет свои природные качества;
- в ней много кислорода;
- не подлежит кипячению.

Отрицательные особенности родниковой воды:

- пить воду необходимо из проверенных, безопасных источников;
- вода должна быть чистой, прозрачной, без примесей и постороннего запаха;
- родники могут находиться на больших расстояниях от населенных пунктов или/и в недоступных местах (овраг, низина), на обрывистых склонах реки т. д., что затрудняет добычу воды из источника;
- родники со слабым напором воды или место недостаточно расчищено;
- родниковую воду лучше использовать свежей, хранить не более недели, чтобы сохранить питьевые свойства воды.

Родники так же, как артезианские скважины и колодцы, подвергаются загрязнению. В сегодняшний день нельзя быть уверенным в отличном качестве родник, так как качество воды зависит не только от сезонных условий (долгие проливные дожди, паводки, грунтовый поток воды), но а также от выбросов ближайших промпредприятий. Небезопасные родники ранней весной, когда начинается таяние снега. В ключевой воде могут появиться вредные вещества, такие как бензин, нефтепродукты и марганец [17, 18].

Родник с качественной водой может быть только в лесной местности, где нет промышленных объектов, автомагистралей и городов.

Таким образом, чистая родниковая вода, взятая из природных источников лесной зоны, обладает наилучшими свойствами питьевой воды.

Крыловские родники. Для примера были найдены исследования проводимые на участке прибрежной полосы реки Филипповки. В 26 метрах от центральной дороги д. Крыловцы вниз по склону находится родник, впадающий в малую речушку Федьку, которая в свою очередь впадает в реку Филипповку (протяжённость 88 км). Расстояние от родника до реки Федьки 11 м, высота над уровнем воды в реке около метра.

Река Филипповка принадлежит к системе реки Чепца и является ее левым притоком. В прибрежной полосе реки отмечены небольшие болота и луга. Река Чепца является наиболее крупнейшим притоком Вятки, впадающего у города Кирово–Чепецка. Вот такой путь совершают воды родника в пределах Кировской области [18].

1.4 Выводы по 1 главе

1. При выборе типа водозаборных сооружений для перемерзающих водотоков следует обратить внимание на изменения режимов водотока при снижении температур воздуха (резкие спады расходов воды, а в конечном происходит прекращение речного стока, за счет перемерзания водотока до дна), на интенсивность притоков подземных вод, размера водотока, а кроме того нужны наблюдения климатических условий зимние сезоны года (нарастания ледяных покровов).

2. Выбор водозаборных сооружений для пересыхающих водотоков зависит от природных условий, которые могут очень осложнить получение воды, а также от следующих особенностей: неравномерности стока в течении года или сезона, низкого уровня воды на определенных участках или на всей протяженности, наличия ледовых явлений в водотоке, неустойчивости в русле, береговых линий и др.

3. Родники являются естественными источниками подпитки малых водотоков и крупных рек. Выбор водозаборных сооружений зависит от типов родников (нисходящие или восходящие), от вида подпитки воды (напорное или безнапорное донное подпитывание), а помимо еще какую высоту имеет источник над уровнем воды в водотоке [65], что позволяет производить анализ об уровнях залегания водоносного горизонта.

ГЛАВА 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОПРИЕМНИКОВ ИЗ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

2.1 Опыт исследований, проектирования, строительства и эксплуатации водозаборов на Севере РФ

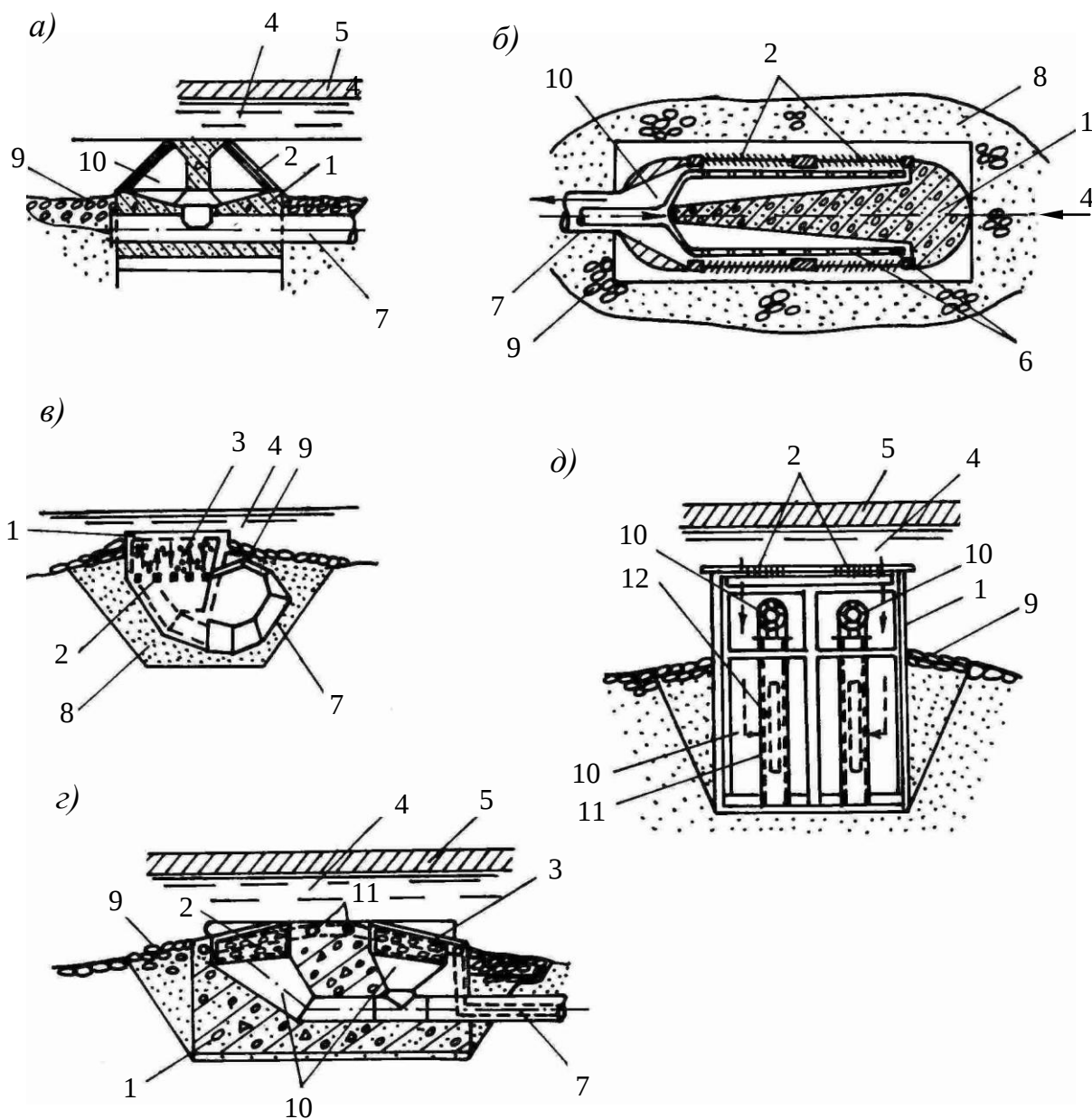
При использовании задач для усовершенствования технологических условий водоприема и водообработки на территориях Севера становятся трудными большинство природно-климатических, мерзлотно-гидрологических условий, большими диапазонами отбираемых расходов (от 1...5 тыс. до 2...5 млн. м³/сутки).

В тексте пособия к СНиП 2.04.02-84: «Выбор схемы водозаборно-очистных узлов, их компоновки, конструкций водоприемников, технологий водоприема и водообработки в зоне мерзлоты определяется необходимостью приспособления известных технологий, типов и конструкций водозаборов к конкретным водоисточникам, учетом особенностей строительства водозаборов.» [68].

На рисунке 2.1 приведены примеры водозаборных сооружений на реках Севера. Затруднения от шугольда, многочисленного засорения, мерзлотно-гидрологических процессов и др. ощущают практически все водоприемники с открытым водоотбором [64]. Водоприемно-очистные устройства с развитым фронтом водоприема на уровне или ниже дна водотоков, водозаборы с фильтрующей обсыпкой (дамбы, оголовки, галереи или траншеи, фильтрующие откосы и др.) достаточно надежны. На рисунке 2.2 показан ряд надежно работающих водоприемников-водоочистителей; разнообразие применяющихся устройств и условий водоприема не позволяют выполнить строгого технико-экономического анализа этих решений.

Опыт приема и очистки воды, исследования и эксплуатация водоприемников-водоочистителей выявили наиболее надежные и соответствующие водоисточникам зоны мерзлоты водозаборы с

фильтрующими элементами, т.е. технологий водоприема с фильтрующими водоочистными элементами. У инфильтрационных водоприемников не может восстанавливаться пропускная способность фильтрующего элемента в процессе эксплуатации [64]. Фильтрующие водоприемники позволяют фильтры при засорении или забивке шугой восстанавливать.



а) река Колыма; б) конструкция А.С. Образовского (река Лена); в) оголовок с вихревой камерой; г) река Лена; д) река Олекма
 1– корпус; 2– решетка; 3– фильтр; 4– водоток; 5– лед; 6– сброс горячей воды; 7–самотечная; 8– подготовка; 9– отмотка; 10– аванкамера; 11– паропровод; 12– артезианский насос

Рисунок 2.1 Примеры водоприемников на водотоках простор Севера

Характерно, что собственно инфильтрационных водозаборов в классическом понимании немного (из обследованных 136 выделяются только 11); подруловые водоприемники используются по типу инфильтрационно-фильтрующих или комбинированных, ориентированных на определенные периоды восстановления пропускной способности специально подобранных фильтрующе-очистных элементов [3, 6, 22].

Фильтрующие, инфильтрационно-фильтрующие и комбинированные водозаборы, составляют к настоящему времени до 60 % всех водоприемников. Общее для них – фильтрующая обсыпка (щебень, галька, гравий и т.п.), которая направлена на:

- а) одновременный отбор как поверхностных, так и подруловых (аллювиальных) вод с учетом перемерзания (пересыхания) поверхностей;
- б) фильтрующий водоотбор (инфильтрационно-фильтрующий, комбинированный) с очисткой отбираемой воды в слое фильтрующего материала.

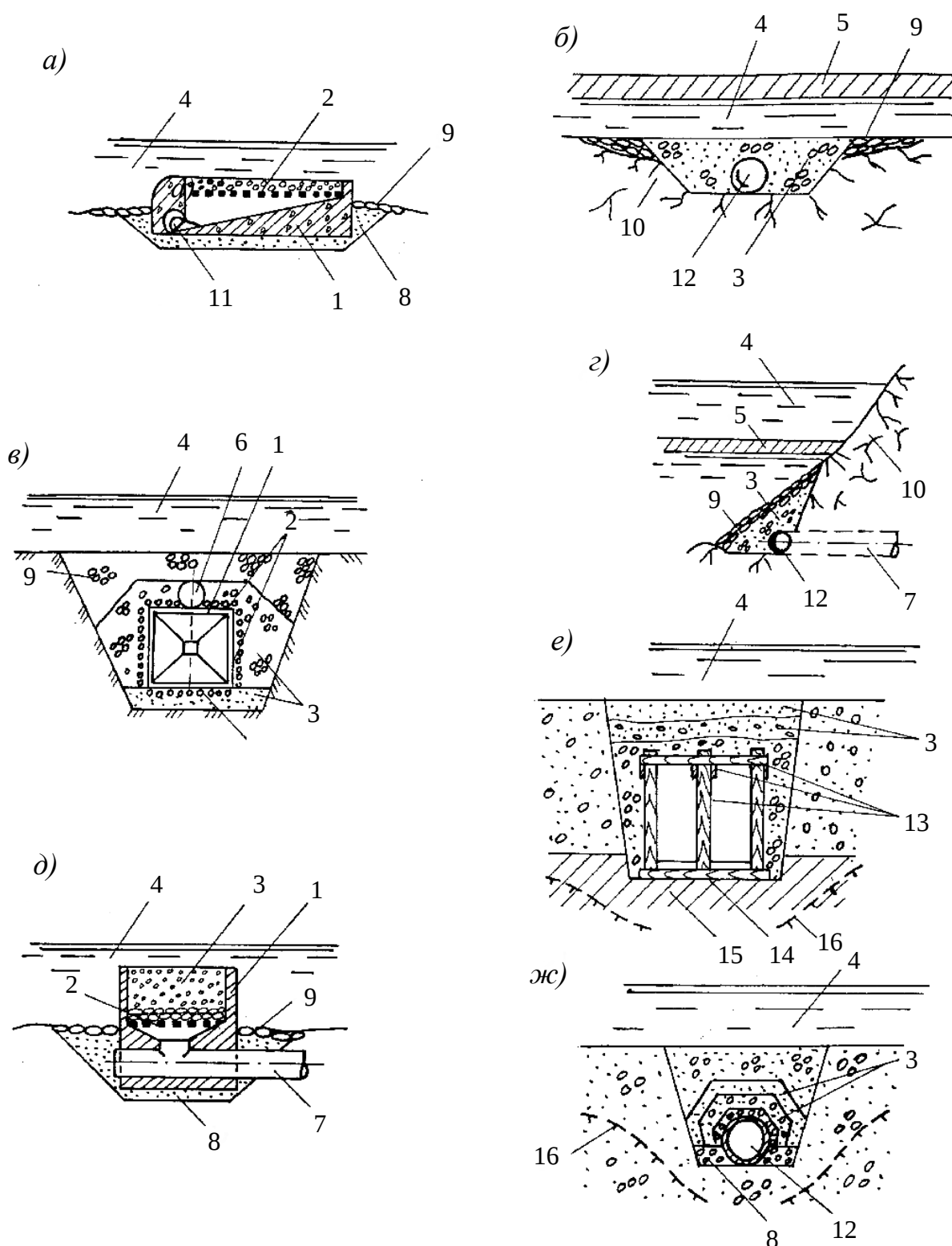
Также используются береговые модификации водозаборов (рис. 2.2,з). Главное место в технологиях водоприема на Севере получили фильтрующие плотины на перемерзающих реках и подруловые фильтрующие лучевые водоприемники (рис. 2.2,в,е). Выбор мест расположения должен учитывать воздействие мерзлотно-гидрологических процессов (термоэрозия берегов и солифлюкция, наледи и др.).

В тексте диссертации Вдовина Ю.И.: «Ввиду сложности очистки воды на Севере, технология водоприема обязана обеспечивать наилучшее качество воды в момент водоотбора, что будет являться простым и более удобным при фильтрующем водоприеме» [31]. В тексте номера журнала Вестник СГАСУ: «Водозаборно-очистные сооружения на просторах Севера производят очистку питьевой и технической воды, определяя эффективность функционирования систем водообеспечения объектов. Задача совершенствования технологий водоприема и водоочистки решалась, исходя из условия максимального упрощения эксплуатации систем водоснабжения в

целом, особенно в части забора, очистки и подогрева забираемой из источников воды, учитывая степень сложности получения воды в требуемых объемах и нужного качества в любые сезоны» [67].

Результативность технологий приема и очистки воды на Севере обуславливается: качественным проектированием, точного мерзлотно-гидрогеологического исследования, уровень соответствий утвержденных для сооружения местного условия источника, особенностям их строительства и эксплуатации [64]. Должны учитываться не только единовременные капиталовложения, но и ежегодные строительно-эксплуатационные расходы на материалы, реагенты, полуфабрикаты и т.д. Технологии водоприема должны обеспечивать максимальное улучшение качества отбираемой воды, ибо сложны и дороги реагентные способы очистки воды, обеспечение требуемого термического режима обрабатываемой воды и др. [6, 23].

Зарубежная практика усложнения конструкций не всегда оправдана. Широкое использование местных строительных материалов, особенностей сурового климата (холода земной коры, естественного холода и пр.) в строительстве и эксплуатации водозаборов [21, 24], дает большую пользу. Переоценка, так же как и недооценка влияния особенностей Севера вредны и недопустимы. Необходим учет постоянной существующей угрозы перемерзания каждого элемента водозабора, очистных сооружений и водоисточника, которые в большей части года обитают в средах низких отрицательных температур; необходимы конкретные меры по покрытию тепловых потерь сооружениями согласно условий теплового баланса забираемой и очищаемой воды от водоисточника до потребителя [64]. Улучшение термического режима водозабора и его акватории – одно из главных условий эффективности создания систем водоснабжения. Это достигается обводнением водоносных толщ аллювия, ИППВ за счет поверхностных и др.



а) фильтрующий оголовок с трубчатой вихревой камерой; б) фильтрующая дрена (р.Яна); в) то же, (р.Лена); г) береговая фильтрующая дрена; д) бункерный фильтрующий оголовок; е) подрусловая галерея; ж) дрена;

1— корпус; 2— решетка; 3— фильтр; 4— река; 5— лед; 6— сброс горячей воды; 7— самотечная; 8— подготовка; 9— отмоска; 10— скала; 11— аванкамера; 12— дрена; 13— конструкции галерей; 14— подкладка; 15— коренные породы; 16— граница мерзлоты

Рисунок 2.2 – Примеры надежно работающих водоприемников

Следует учитывать часто определяющее условие – возможность получения нужных расходов воды методами и средствами, доступными потребителю. Возросший уровень знаний о режиме водоисточников Севера обеспечивает преодоление неблагоприятных мерзлотно-климатических факторов в пределах заданной приемлемой технико-экономической и эксплуатационно-технологической целесообразности затрат и требований экологии. Водоснабжение желательно базировать на источниках, требующих минимума затрат на забор и очистку воды и специальные мероприятия по теплозащите. Если источник не пригоден к использованию в естественном режиме, необходимы управление его стока, подпиток из ближайшего источника, увеличение озер и др., зависящие в каждом конкретном случае от особенностей и предполагаемого прогноза изменений мерзлотно-гидрологических и гидрогеологических условий. Водохранилища на перемерзающих реках – это необходимый, иногда единственный выход, но не всегда надежный из-за малой надежности плотин. Более выгодный, но труднее организовать водоснабжение без дорогостоящих приплотинных водохранилищ, производя мероприятия по устранению перемерзания рек. Развитие гидромеханизации и ледотехники открывают реальные перспективы повышения технологий водоотбора из малых рек и многорукавных меандрирующих водотоков, в создании водоемов-копаней и пр.

В маловодных районах используют искусственно накапливаемые запасы снега, подземные и наледные льды и др. [21]. В Якутии и Магаданской обл. ряд поселений водой обеспечиваются из прудов-копаней на 300-800тыс.м³ глубиной 6-8м. В летний период копани наполняются из рек или ручьев, перемерзающих зимой. Водохранилища-копани (в поймах рек, озерных впадинах, перекрытых старицах и др.) дешевле и надежнее напорных водохранилищ, ибо им не угрожают фильтрация в обход плотин. Практикуются и наливные водоемы. С позиций технологий водоприема и водоочистки лучше всего пойменные водоемы-копани, работающие в режиме

инфильтрационных бассейнов, дренируя воду из основного водоисточника, а при отсутствии транзитных потоков исключает заиливание.

Особенности фильтрующего водоприема в районах распространения вечномерзлых грунтов. В тексте номера журнала Вестник СГАСУ: «Водоприемные технологии являются основанными при применении водоприемника с фильтрующим элементом разной конструкции, обеспечивающих защиту водозаборно-очистных узлов от всех проявлений режима источников: шуголед, водоросли, мусор, наносы, рыбозащита и др.» [67]. Сороудерживающие, рыбозаградительные устройства на водозаборах не предусматриваются [26]. Из-за малых глубин и перемерзания рек зимой, резких перепадов уровней в источниках (река Лена – до 14,0 м; река Адыча – до 12,0 м), мощных шуголедовых проявлений, толщине льда до 2,0...3,0 м и др. водоприемники с фильтрами в виде кассет, сменяемых панелей и т.п. редки. Сооружения, сложные в эксплуатации зимой на Севере – не применяются.

В тексте работы Вишневской Н.С.: «Режимы рек оправдывают конструкции водоприемников с минимальным поднятием над дном и береговой линией под слоем искусственно созданных или естественных фильтров различной мощности. Это упрощает задачу управления структурой потока и наносами при водоотборе. Значительно меняется гидравлика деления потока при водоотборе, ибо прием воды осуществляется сверху вниз.» Отпадает угроза переформирования русла и переотложения русловых образований в акватории водоприемника с подмывом или его заносом при ухудшении качества воды. Преимуществом водоприемников с фильтрами является то, что при их размещении на уровне или ниже дна (береговой линии) нет проблемы обтекаемости, весьма острой для русловых и береговых сооружений. Для надежной работы водоприемников с фильтрами, особенно на малых и средних водотоках, в критический период должен предусматриваться их обогрев, защита от перемерзания. При уменьшении водоотбора и, следовательно, уменьшении отепляющего действия

перемерзающих рек и водоотводящих устройств на мерзлоту в ложе и бортах речных долин в зависимости от характера водоисточников и сопряжения мерзлоты с таликами возможны различные методы защиты от перемерзания [15].

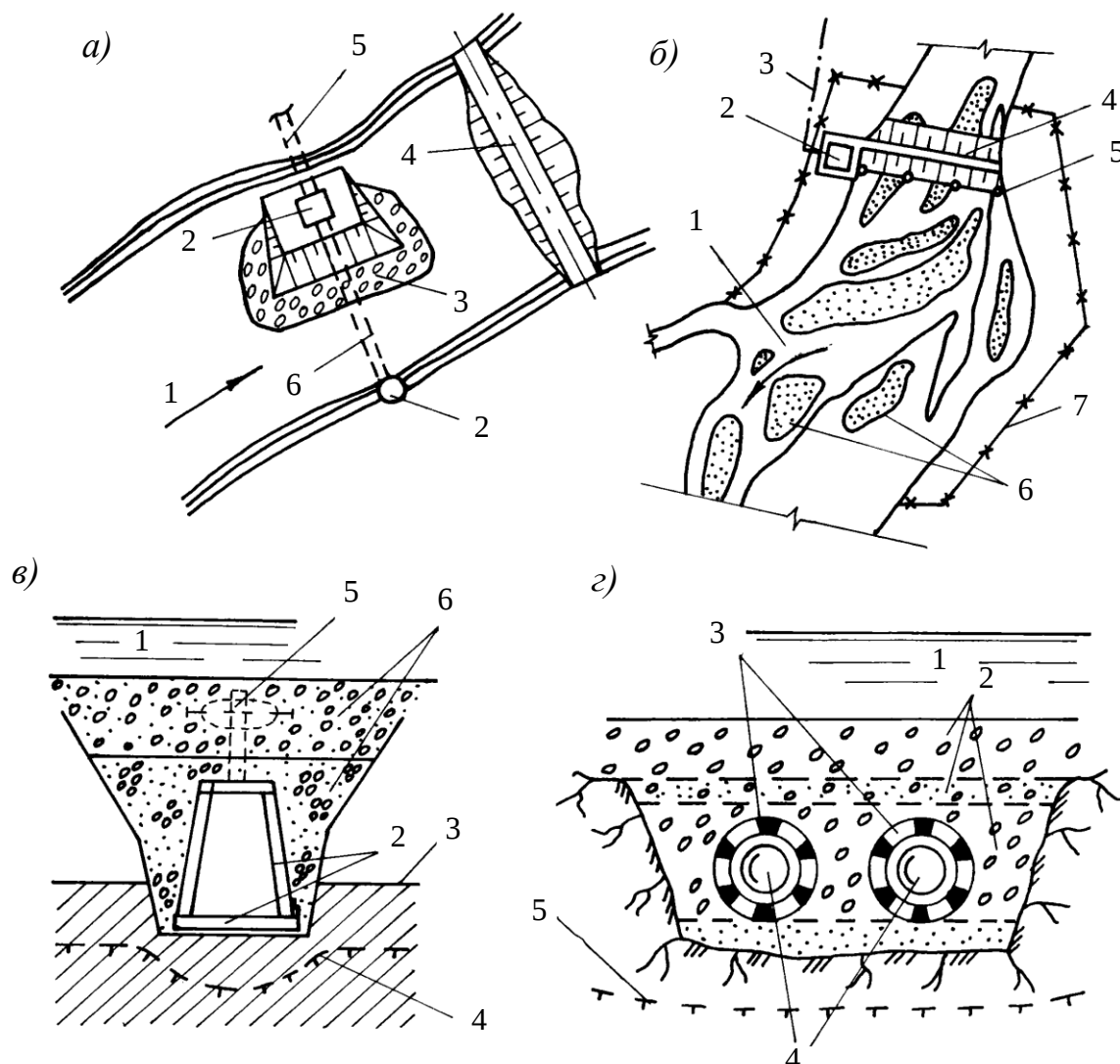
Инфильтрационно-фильтрующие водоприемники, совмещая в одном сооружении отбор поверхностных и подрусловых вод даже при перемерзании поверхностного (подледного) потока, обеспечивают высокую степень защиты водозабора от всевозможных помех и улучшая качество воды.

В тексте работы Вишневской Н.С.: «Инфильтрационно-фильтрующие водозаборно-очистные сооружения наиболее экономичны из всех возможных при заборе вод из малых и перемерзающих водотоков, преимущественно для потребителей до 5-10 тыс. м³/сутки. На рис. 2.3 изображены варианты забора и очистки вод из малых водотоков, сохраняющие в зимний период талики, из перемерзающих водотоков с регулированием подруслового стока и при совместном регулировании поверхностного и подруслового стока. Эта технология забора и очистки воды наиболее перспективна для значительной части Севера. Водохранилища сезонного регулирования малых рек накапливают поверхностный сток, обводняя подрусловые водовмещающие отложения.

Заслуживает внимания опыт обводнения водовмещающего талика фильтрующей дамбой (рис. 2.3,а) и глухой плотиной с напором воды до 8,5 м с противофильтрационным ядром, прорезающим подрусловые отложения (7,0 м) до коренных пород – водоупора (рис. 2.3,б). В первом случае отбор воды, профильтровавшейся сквозь плотину (инфильтрационно-фильтрующий водоприем в нижнем бьефе плотины). Во втором случае вода отбирается дренами с обратным фильтром в фильтрующем верховом откосе плотины.».

Технологии водоприема и очистки воды на Севере для мелких водопотребителей (1,5...10 тыс. м³/сут.) так же сложны, как и для больших объектов. В малых водоисточниках технических потенциал забора воды

особенно сложен, а воздействие помех максимально. Большая часть потребителей не располагает энергоресурсами и надежность отбора и



а) фильтрующая плотина: 1– ручей; 2– водоприемный колодец; 3– фильтр; 4 – фильтрующая дамба; 5– самотечно-всасывающие трубы; 6– дрена; б) глухая плотина: 1– водоток; 2– водозабор-насосная; 3– линии; 4– глухая плотина; 5 – водосборная дрена; 6– острова; 7– ограда; в) галерея: 1– водоток; 2– элементы деревянной галереи 3– грунт; 4– мерзлотные границы; 5– экран; 6– фильтр; г) фильтрующая траншея: 1– водоток; 2– фильтр; 3– дрены; 4– паропровод; 5– мерзлотные границы

Рисунок 2.3 - Инфильтрационно-фильтрующие водоприемники из перемерзающих водотоков с процессом регулирования подрусловых вод

очистки воды должна достигаться за счет конструкций водоприемников, выбора мест расположения и др. При совершенных водозаборах подъем границы мерзлоты ведет к частичному или полному перемерзанию их. Водозаборы (дрены, галереи) совершенного типа с расположением на водоупоре влекут оттаивание мерзлоты-водоупора и фильтрацию воды в

обход. Если подрусловый потоки талики мощные, то обогрев их не нужен, ибо существенного влияния обогрев на режим акватории водоприема не оказывает. Бесполезно подводить тепло к водоприемнику, если угроза замерзания акватории водозабора очевидна. Прогноз термодинамического состояния системы "водоприемник – подрусловый поток – мерзлота" пока невозможен; моделирование процессов тепло- и массообмена при водозаборе сложно, поэтому, конструирование инфильтрационно-фильтрующих и комбинированных водозаборов ведутся лишь на основе имеющихся представлений и опыта специалистов-проектировщиков.

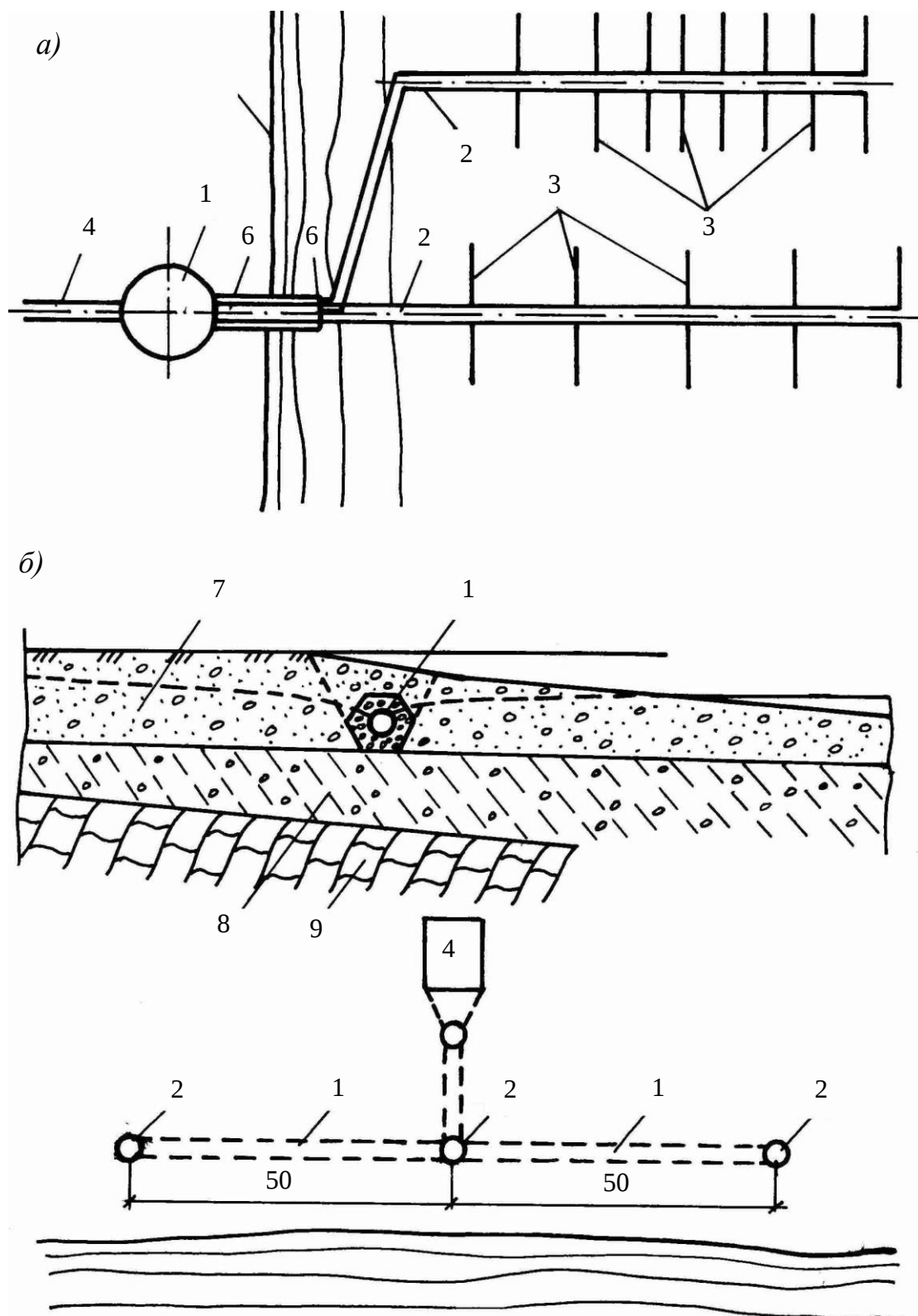
Большую часть построенных подрусловых водозаборов на Севере следует рассматривать как инфильтрационно-фильтрующие. Собственно инфильтрационные водозаборы в зоне мерзлоты относительно редки, ибо они создавались с нарушением естественного аллювия вокруг дрен (галерей). Забор воды осуществляется инфильтрацией ее через слой засыпки, свойства которой приближаются к свойствам аллювия естественного сложения. Подобные водозаборы устраивают под водоисточниками различной мощности, в том числе крупные реки (рис. 2.4,а), морские акватории (рис. 2.4,б) и замерзающие реки с отбором воды, полностью осветляемой от взвеси. Кроме того предотвращается полное попадание наносов, засорений и шуги. При $v_{вх} \leq 0,02 \text{ м/с}$ водоотбор не сказывается на передвижение наносов. При обеспечении $v_{вх}$ в 2...3 раза меньше (в лучшем случае до $0,005 \text{ м/с}$) и $h_{ф} \geq 2,0 \text{ м}$ не требуется последующая очистка воды.

Представление комбинированного водоприема и комбинированных водоприемников, принятые в практике [26, 30, 32] на Севере существенно различны. В литературе разные авторы комбинированный водоприем понимают по-разному. А.С. Образовский [3] к этому типу водозаборов относит сооружения из 2-х водоприемников разного типа, либо независимо. По мнению А.Г. Аверкиева [33] к комбинированным водозаборам относятся фильтрующие и обычные оголовки, дополняющих друг друга. Фильтрующие секции работают в шугоходы; оголовки с открытым водоприемом более надежны при наносах,

но легко забиваются шугой. Периоды шуги и наносов не совпадают по времени, что позволяет маневрировать работой водозабора, но рекомендуемые И.И.

Макаровым и А.Г. Аверкиевым комбинированные водозаборы требуют минимальных глубин в 3,5...4,5м, что в большинстве источников Севера зимой трудно обеспечить.

Комбинированные водоприемники в виде фильтрующих дамб с дренами (коллекторами) в их толще в сочетании с секциями ряжевых фильтрующих оголовков. Эти водоприемники, как правило, обеспечивают $v_{\text{вх}} \leq 0,05$ м/с [34]. Комбинация из береговой и подрусовой дрен, подающих воду к одной водосборной шахте (рис. 2.2,в), работает надежно даже при перемерзании реки [20]. Предлагаемы варианты по комбинированному водозабору для местностей Севера направлены на водоприем сооружений с фильтрующим элементом. Фильтрующие водоприемы обеспечивают отбор потока воды при минимальных глубинах (0,3...0,2м и до перемерзания) и расходах источников, мощных воздействиях ледоходов, шуги, наносов и др. что достигается развитием обширного водоприемного фронта, малыми $v_{\text{вх}}$ (0,02...0,005м/с и ниже), возможностью совместного отбора воды из поверхностных источников, а при перемерзании их – из подрусовых водовмещающих отложений.



а) лучевой водозабор на водотоке: 1 – береговая шахта; 2 – самотечные трубы; 3 – дрена; 4 – напорная линия; 5 – берег; 6 – штольня; б) морской водозабор: 1 – дрена; 2 – колодцы; 3 – водосборный колодец; 4 – НС; 5,6 – max и min уровни; 7 – фильтрующие грунты; 8 – суглинки; 9 – скала

Рисунок 2.4 – Примеры крупных инфильтрационных водозаборов

2.2 Конструкции водозаборов с фильтрующим водоприемом

Водозаборы с фильтрующим и водоприемами подразделяются на 3 основных типа: фильтрующие, инфильтрационно-фильтрующие и комбинированные водоприемники (рис. 2.5.).

В тексте работы Анисимова А.В.: «Возможны варианты водоотбора:

- сильно развитый фронт руслового или берегового водоприема (ряжевые, береговые дрены, фильтрующие откосы и др.);
- фильтрующий водоприем на уровне или ниже дна источника, в виде галерей, фильтрующих каналов, дрен, лотков и пр.;
- комбинированный водоприем, направленный на одновременный забор поверхностных и подрусовых вод;
- инфильтрационно-фильтрующий водоприем, обеспечивающий забор преимущественно подрусовых вод.» [62].

Выбор технологий водоприема и вид водоприемных сооружений по расположению их в источнике различны по функционально-технологическим и конструктивным решениям. Утвержденная технология водоприема должна быть надежной в нормальных и чрезвычайных, редко повторяющихся, условиях водоотбора (шуга, наносы, планктон, водоросли и пр.). Классификационная схема сооружений фильтрующего водоприема, предложенная проф. Вдовиным Ю.И. [31], показанная на рис.2.6.

В тексте диссертации Вдовина Ю.И.: «Исходя из размещения внешних фильтрующих поверхностей относительно горизонта и по направлению отбора воды выделяют:

- а) водоприемники с горизонтальными фильтрами и отбором воды сверху вниз (с фильтрами I типа);
- б) водоприемники с горизонтальными фильтрами и отбором воды снизу вверх (водоприемники с фильтрами II типа);
- в) водоприемники с вертикальными фильтрами и движением воды в них горизонтально (с фильтрами III типа);
- г) водоприемники со смешанными фильтрами в несколько слоев и движением воды в них сверху вниз, сбоку, снизу (с фильтрами IV типа);

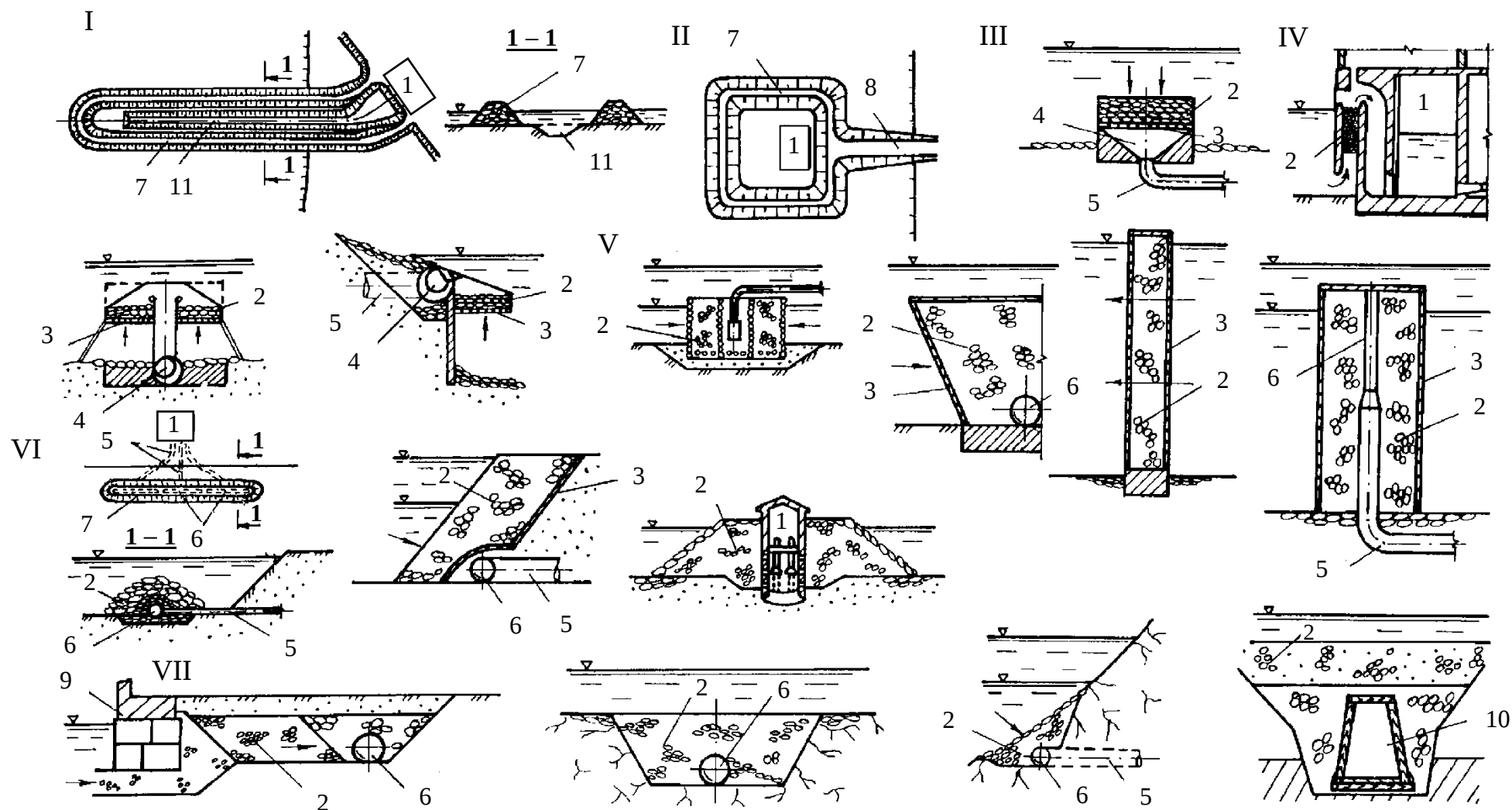
д) водоприемники комбинированные с отбором воды сверху вниз, с боковых направлений (из поверхностных источников) и снизу из подрусловых потоков (водоприемники V типа).» [31].

Допустимые варианты водоотбора через фильтры разнообразны, но окончательно типы, схемы и конструкции фильтрующих водоприемников определяют, исходя из природногидрологических и гидробиологических условий источника.

В диссертации Вдовина Ю.И.: «Фильтры (пористо-фильтрующие элементы) водоприемников при водоотборе из источников при наличии в них взвеси любых видов и происхождения (листвы, хвои и др.) – должны задерживать их на поверхности.

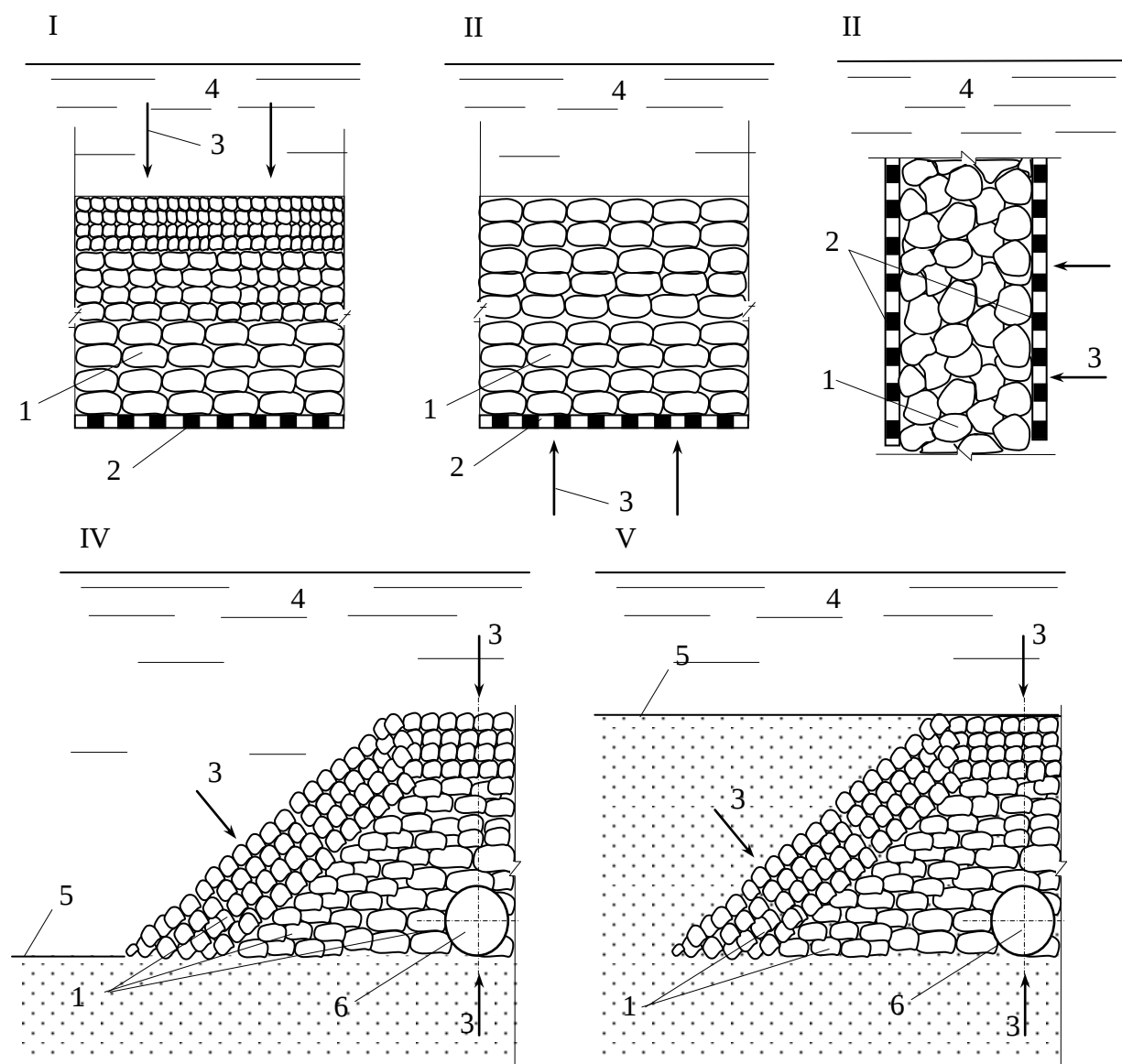
Фильтры водоприемников выполняются разной мощности, в один или несколько слоев естественных (щебень, гравия, гальки и пр.) или искусственных (керамзита, стекла, полимеры и др.) материалов, пропускная способность которых может восстанавливаться в процессе эксплуатации или такой не. Расположение фильтров, их взаиморасположение в комплексе сводосборными, водоотводящими и промывными устройствами зависят от принятой технологии водоприема, функционального назначения и условий работы водозабора, требуемой степени улучшения качества воды.»[31].

В тексте работы Лушкина И.А.: «Фильтрующие водоприемники применяют для отбора воды из поверхностных источников; фильтрующие поверхности расположены прямо в источнике, на уровне или ниже дна. Неотделимой частью данных водоприемников является наличие устройств для регенерации (промывки, продувки и др.) фильтров при их забивке (засорение, кольматация).» [58].



I – ковш; II – колодец; III – с фильтром I типа; IV – с фильтром II типа (сифонный; грибовидный; консоль); V – с фильтром III типа (ряж, уступ, стенка, колонна); VI – с развитой площадью водоприема (дрена, откос, остров); VII – инфильтрационно-фильтрующие (дрена: А.С.Образовского; береговая, в скальном русле; подрусловая галерея); 1 – береговой колодец; 2 – фильтр; 3 – решетка; 4 – аванкамера; 5 – водоотводящий трубопровод; 6 – дрена; 7 – фильтрующая дамба; 8 – глухая дамба; 9 – набережная; 10 – галерея; 11 – канал

Рисунок 2.5 Основные технологические схемы и типы фильтрующих водозаборно-очистных сооружений



Фильтры с подачей воды: I – сверху вниз; II – снизу вверх; III – сбоку; IV – со смешанным (сверху вниз, сбоку); V – с комбинированным (сверху вниз, снизу и сбоку из подруслового потока);
1–фильтр; 2 – опора (решетка); 3 – направление входа воды; 4 – водоток; 5 – линия дна; 6 – водоотвод

Рисунок 2.6 –Разновидность типов фильтров водоприемников

«Инфильтрационно-фильтрующие водоприемники направлены на отбор поверхностных и подрусловых вод. Фильтры водоприемников располагаются в аллювии отложений русла ниже уровня дна или в берегах. Используется мощная фильтрующая обсыпка в несколько слоев вокруг водоприемных шахт, колодцев, дренажных коллекторов и др. В 1,0...1,5 м от поверхности фильтрующей толщи укладывается система перфорированных

промывных (продувочных) трубопроводов. Водоотбор по этой схеме решается дренами, галереями, фильтрующими прорезями и т.п. преимущественно поверхностных вод.» [58].

Подрусловые и береговые фильтрующие водоприемники предусматривают, в некоторые периоды времени, восстановление проницаемости фильтрующих элементов удалением закольматированного слоя в русле, а именно: земснаряды, гидравлическое декольматирование, промывка водой и водовоздушная смесь. В нижних бьефах гидроузлов при водорослях хорошо со своей работой справляются комбинированные и инфильтрационно-фильтрующие водоприемники. Учитывая, что взвешенные вещества и водоросли при глубинах 3...4 м распределяются по всему сечению потока, в таких случаях лучше всего использовать водоприемники в виде галерей и дрен.

В тексте работы Лушкина И.А.: «Возложение на водозаборы функций водоочистки, изъятия из воды основной массы взвеси, включая водоросли и планктон, потребовало соответствующего конструктивного усовершенствования водоприемников. Основой большинства конструкций водоприемников служат фильтрующие элементы. Задачей их является предочистка воды от всевозможных помех и взвеси непосредственно в источнике или на водозаборе. Водоприемники, таким образом, являются I ступенью безреагентного осветления воды (при инфильтрационных водозаборах – основной вид очистки).» [58].

«Исследования и производственный опыт создания и эксплуатации показывают, что вопросы фильтрующего водоприема (гидравлика взаимодействия водоприемников и их фильтрующих элементов с водоисточниками, размещение фильтрующих водоприемных площадей в источнике относительно поверхности дна, берегов, горизонта, прогноз осветляющего эффекта фильтров водоприемников в зависимости от характеристик исходной воды, прогноз засорения (забивка, кольматация) фильтров, возможности регенерации (промыва, продувки и пр.)

фильтрующих элементов, режимы эксплуатации и т.д.) еще недостаточно изучены. Не установлено обоснованных гидравлических, конструктивно-технологических параметров, расчетных схем, режимов отбора и регенерации фильтров. Во многом не выявлены для большинства модификаций принципы их работы в разных условиях.» [58].

На современном мире мало информации о практических аспектах фильтрующих водоприемов при минеральных взвесах и фитопланктоне. Нет четких, конкретных критериев оценки технологических свойств воды, включающей взвеси и водоросли.

При очистки воды от взвешенных веществ применяются инфильтрационные, инфильтрационно-фильтрующие, комбинированные водоприемники. Водоприемники устанавливаются таким видом, чтобы их водоочистная и защитно-барьерная роль могла быть применена даже при самых неблагоприятных условиях. Самая большая роль направлена на фильтрующие элементы водоприемников, которые обеспечивают защитно-барьерную и водоочистную функции.

В тексте диссертации Лушкина И.А., Анисимова А.В., Брониной Л.В.: «Бесплотинный водоприем из малых, сезонно действующих водотоков (перемерзающих, пересыхающих, сильно меандрирующих, многорукавных и пр.) – наиболее приемлемая и эффективная альтернатива дорогостоящим водозаборам с приплотинным и водохранилищами. Проблема водной растительности в этих водоисточниках крайне актуальна. Исходя из наибольшей вероятности водоотбора из таких водоисточников для большинства водопотребителей РФ, СНГ и многих стран мира, очевидна необходимость выработки приемов и сооружений отбора сравнительно небольших ($300...1000\text{ м}^3/\text{сутки}$) расходов. М.Н. Черепашинский, А.А. Сурин, Н.В. Ереснов и др. указывали на сложность водообеспечения многочисленных мелких объектов, не имеющих ресурсов для создания централизованных систем водоснабжения, санитарнонадежных и технически современных.».

Обеспеченность $v_{вх} \leq 0,05 \dots 0,005 \text{ м/с}$ устраняет: кольматацию фильтрующих элементов водозабора, влияния наноса, шуги, водорослей, руслопереформирований. Решена проблема рыбозащиты и устранения помех планктона. Средняя скорость фильтрации $v_{ф.ср.}$ исключает возникновение турбулентности в зоне водоотбора и определяется по уравнению Хазена [39]:

$$v_{ф.ср} = \frac{JC \cdot 0,7 + 0,03 t_v d_{\phi}^2}{t_v}, \quad (2.1)$$

где J – гидравлический градиент;

C – коэффициент, $C=1000$;

t_v – температура воды, $^{\circ}\text{C}$;

d_{ϕ} – действующий диаметр фильтра дрены, м.

Для практики максимально допустимый водоотбор $Q_{вх.мах}$ фильтрами дрен определяется исходя из формулы И.М.Квашнина [38]:

$$Q_{вх.мах} = m_{алл} + D_{ф.др} L_{др} v_{ф.доп}, \quad (2.2)$$

где $m_{алл}$ – мощность аллювия до подошвы дрены, м;

$D_{ф.др}$ – внешний диаметр фильтра дрены, м;

$L_{др}$ – длина рабочей части дрены, м;

$v_{ф.доп}$ – допустимая скорость входа воды в фильтр дрены, м/с

$$v_{ф.доп} = 65 \sqrt{K_{ф.алл}}, \text{ м/с} \quad (2.3)$$

где $K_{ф.алл}$ – коэффициент фильтрации обводненных пород аллювия, м/сутки.

Формула (2.3) представлена С.К. Абрамовым и В.С. Алексеевым.

В тексте автореферата Ворониной Л.В.: «Обеспечивающий требуемую степень очистки забираемой воды, определяют по формуле И.Ф. Володько:

$$Q_{вх.кр} = 2\pi r_{\phi} m_{алл} K_{ф.алл} J_{кр}, \quad (2.4)$$

где r_{ϕ} – внешний радиус фильтрующей обсыпки фильтра, м;

$m_{алл}$ – мощность аллювия, м;

$J_{кр}$ – критический градиент, т.е. исключающий кольматацию фильтрующей обсыпки дрены и ее суффозию.»[69].

Использование устройств в виде подрусовых галерей или дрен разнообразных видов реализуют очень давно на малых водотоках. А.А. Сурин и его ученики воплотили изготовление сборных элементов гравийно-трубчатых галерей (дрен) на многие объекты водоснабжения из малых водотоков. Секции фильтрующей дрены (стальная или тонкостенная железобетонная труба с перфорацией 30...40%) длиной 2,5...5,0м имеют трехслойный фильтр (рис. 2.7).

В тексте диссертации Анисимова А.В.: «Каждый слой фильтра толщиной 3...5...10 диаметров фильтрующей обсыпки в заводских(полигонных) условиях фиксируется металлической сеткой тройного галунного или квадратного плетения ячейкой до $0,8d_1$ (d_1 – диаметр материала фильтра, I-го от стенки дрены слоя). Нижний конец элемента зажимается хомутом из узкого полосового железа выше опорного кольца; при вертикальном положении трубы с подмостей засыпается фильтрующий I-ый слой с тщательной трамбовкой. Для придания обсыпке в сетке формы и большей жесткости конструкция опоясывается через 0,5м стальной проволокой. После набивки I-го слоя фильтра конструкция зажимается хомутом в верхней части элемента. Затем на трубу с I-ым слоем фильтра одевается 2-ая сетка диаметром цилиндра, равным диаметру трубы + 2толщины обсыпки I-го слоя + 2 толщины фильтра II-го слоя. Диаметр отверстий сетки принимается до $0,8d_2$ (d_2 – диаметр фракций II-го слоя). Все последующие операции выполняются аналогично изложенному выше.»

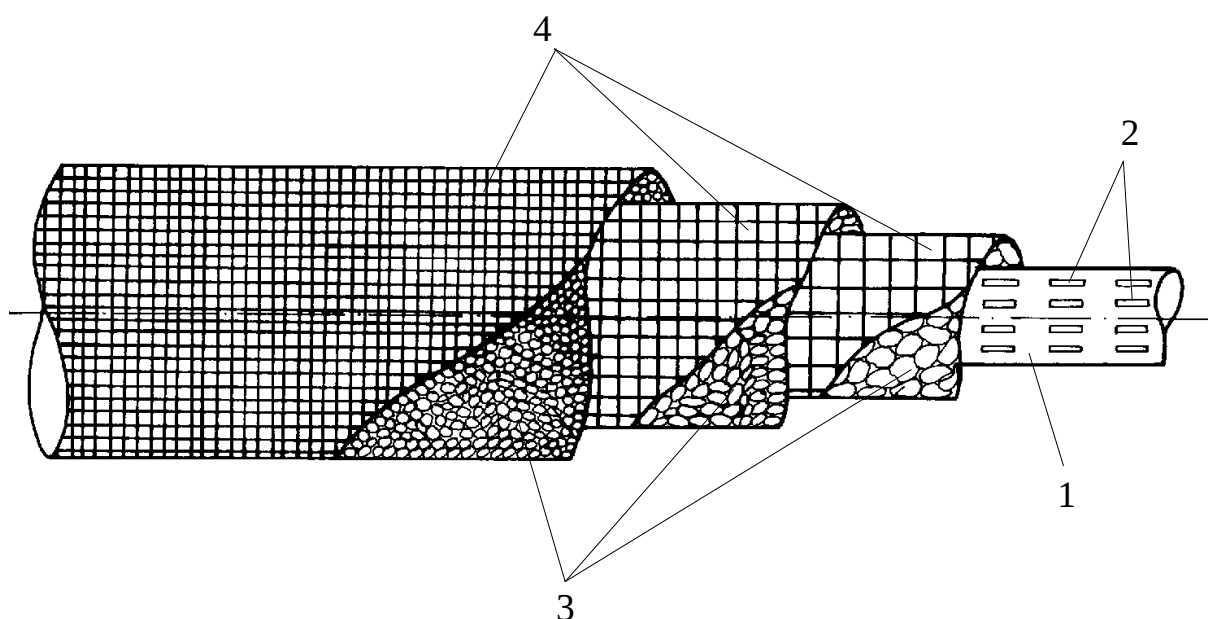
«Готовые секции дрены укладываются в траншею краном на полотенцевых стропах или на траверсах со стапеля. Секции соединяются металлическими стяжными хомутами или муфтами. Уложенные дрены засыпаются защитным фильтром и местным грунтом. Диаметр каркаса галереи определяется по $Q_{отб.тр.}$ из уравнения» [62]:

$$D_k = \frac{Q_{отб.гг}}{f \pi l v_\phi}, \quad (2.5)$$

где D_k – внутренний диаметр каркаса галереи, м;
 $Q_{отб.гг}$ – расход отбора воды, м³/сутки;
 f – коэффициент скважности дрены (перфорации), %;
 l – длина дрены, м;
 v_ϕ – расчетная скорость втекания воды из аллювия в фильтр, м/сутки.

Из вышесказанного, v_ϕ определяется на основании формулы (2.1). Ф.И. Письменский считает целесообразнее и точное значение v_ϕ определяется по формуле:

$$v_\phi = 65 \sqrt[3]{K_{\phi.д.д.}}. \quad (2.6)$$



1 – труба; 2 – перфорация; 3 – фильтр; 4 – поддерживающие сетки

Рисунок 2.7 - Дрена с трехслойным фильтром

2.3 Выбор технологических параметров водоприемников на примерах водотоков с низким минимальным горизонтом воды в Самарской области

Рассмотрим особенности конструкции, выбора и расчета водоприемных оголовков водозаборных сооружений на примерах:

1) Система водоснабжения с. Пекилянка Больше-Черниговского района Самарской области:

1. Источником водоснабжения является канал в бывшем русле реки, питаемый из водохранилища, созданного водоподъемной плотиной выше створа водозабора. Конструкция плотины, водосбросных сооружений на ней, условия поступления воды в канал не оговорены. Воду предполагается забирать из сбросного земляного канала трапециидального сечения с шириной по верху 4,50м и глубиной 2,30м. Уровень воды в канале составляет 1,70-2,00 м и определяется уровнем воды в нижележащем (200м ниже створа водозабора) водоеме-пруду. Сведений об инженерно-грунтовых условиях канала, о гидротермическом и ледовом режиме канала, скоростях течения воды в нем, о засоренности и качестве воды (в частности, о содержании планктона и динамике его проявления) в канале и водохранилище не приведены.

2. Принятое сечение канала приведено на рисунке 2.8.

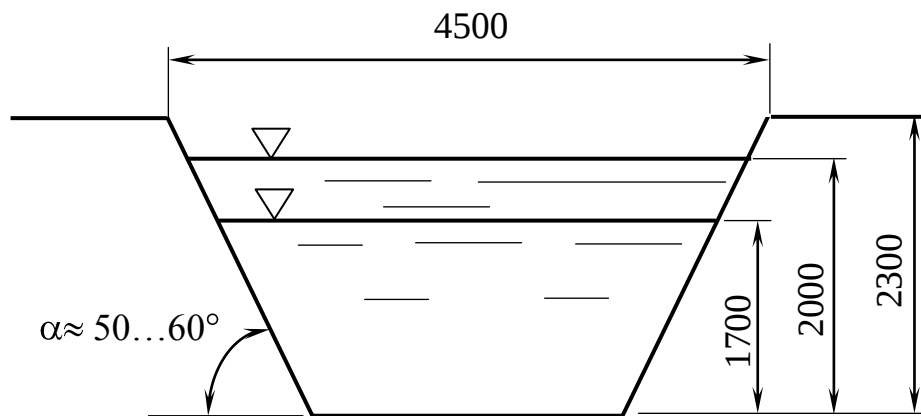


Рисунок 2.8 - Сечение канала

3. Требуемый расход, с учетом собственных нужд водозабора и станции водоподготовки $Q=240\text{ м}^3/\text{сут}$ ($q=10\text{ м}^3/\text{ч}=0,0028\text{ м}^3/\text{с}$).

4. Расчетные уровни воды $h_{\min}=1,70\text{ м}$; $h_{\max}=2,00\text{ м}$.

5. Толщина льда $\delta \approx 0,70\text{ м}$.

6. Расчетная глубина в канале принята 1,70м.

7. Принято, что отбираемый расход $Q=240\text{м}^3/\text{сут}$ не превышает 5% общего расхода воды в канале.

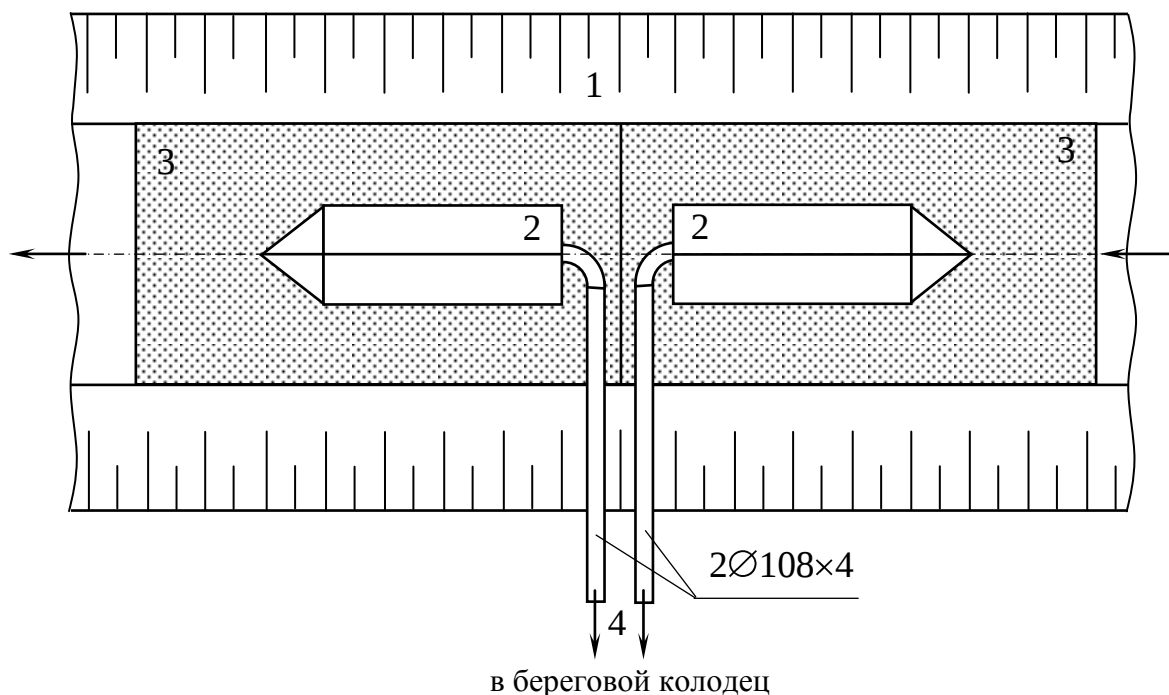
Тип и конструкция водоприемных фильтрующих оголовков:

1. Водозаборные сооружения приняты в составе (рис. 2.9): 2-х фильтрующих водоприемных оголовков с преимущественно низовым водоприемом, расположенных по оси канала, самотечных стальных труб $\varnothing 108 \times 4$ от каждого оголовка; берегового водосборного колодца.

2. Конструкции водоприемных оголовков приняты с учетом условий зимнего периода при толщине ледового покрова до 0,70м, возможных проявлений шуголедовых помех, засорений (листья, ветки, растительные остатки и др.), планктона.

3. Конструктивное решение и габаритные размеры фильтрующих водоприемников приведены на рис. 2.10.

4. Опоры-стойки (всего их 8) под водоприемные оголовки рекомендуется выполнить из швеллера №10 (ГОСТ 8240-75* с высотой швеллера 100 мм – см. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев. – Наукова думка, 1975г.). Длина стоек опоры 3930мм, исходя из расчета: 3000мм – заглубление в грунт, 500мм – превышение верха горизонтальных балок, на которые укладываются корпуса фильтрующих водоприемников, над уровнем дна канала; 430мм – высота трубчатого корпуса оголовков.



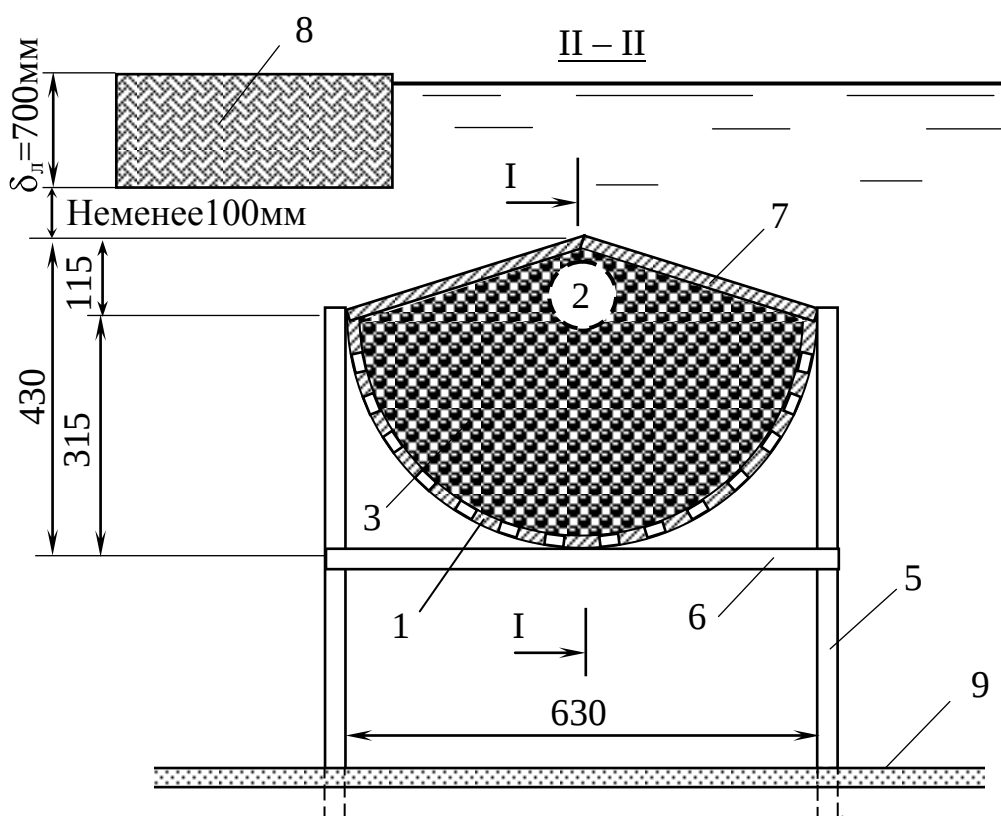
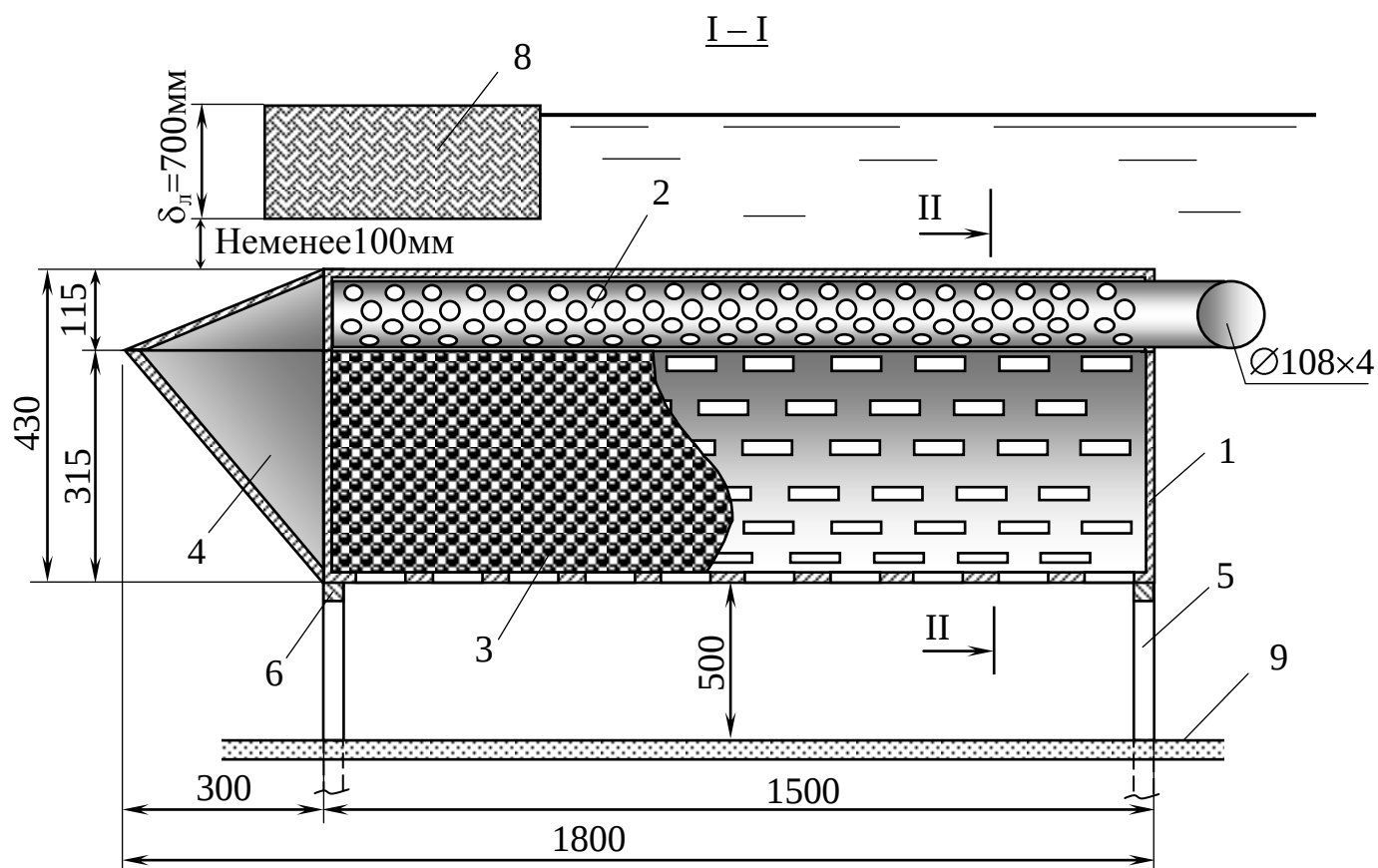
1 – канал; 2 – оголовки; 3 – крепление дна ж/б плитами; 4 – самотечные трубопроводы

Рисунок 2.9 - Размещение фильтрующих водоприемных оголовков в канале

5. В каждой опоре-швеллере в 430мм от уровня верхнего среза центрично прорезаются круглые отверстия $\varnothing 50\text{мм}$ под продольные балки (их 4) для укладки трубчатых оголовков. Балки-стержни изготавливаются диаметром 45 мм длиной 700мм. К одному торцу каждой балки-стержня приваривается плоская шайба $\delta=4\text{-}5\text{мм}$ $\varnothing 75\text{мм}$. На вторых концах каждой балки-стержня просверливаются $\varnothing 12\text{мм}$ сквозные отверстия под фиксирующий шкворень в виде болта с гайкой $\varnothing 9\text{-}10\text{мм}$.

6. Забивку каждой из 4-х опор-стоек для трубчатых элементов фильтрующих водоприемников целесообразно выполнить вибропогружением на 3,0м от уровня дна канала, с тем, чтобы под дном канала строго осталось 930мм.

7. Для гарантированной устойчивости канала в акватории водозабора с выходом не менее 2,0м выше и 2,0м ниже оконечностей водоприемных оголовков необходимо выполнить крепление дна и обоих откосов канала железобетонными плитами толщиной 50-70 мм по гравийно-щебеночной подготовке толщиной 50мм.



1 – перфорированный корпус; 2 – водосборный перфорированный трубопровод; 3 – фильтр; 4 – струенаправляющее устройство; 5 – опора; 6 – балка; 7 – глухая часть корпуса; 8 – лед; 9 – крепление канала железобетонными плитами

Рисунок 2.10 - Фильтрующий водоприемник

Расчет

1. Расчетный расход одной секции водоприемника $q_p = 0,0014 \text{ м}^3/\text{с}$.
2. Скорость входа в водоприемник используется не более $v_{\text{вх}} = 0,01 \text{ м/с}$.
3. Величины типов секций водоприемников (рис. 2.11):
 - полусферический корпус (половина стальной трубы $\varnothing 600 \text{ мм}$): $D_n = 630 \times 8 \text{ мм}$; высотой $H_n = 430 \times 8 \text{ мм}$; длиной $L = 1500 \text{ мм}$ (с учетом струенаправляющего устройства $L_{\text{общ}} = 1800 \text{ мм}$);
 - водосборный перфорированный (щели или отверстия) трубопровод $d = 108 \times 4 \text{ мм}$, переходящий в самотечный;
 - фильтр водоприемника керамзит (щебень) $d_{\text{ср}} = 20 \dots 25 \text{ мм}$.
4. Площадь водоприемной части, исходя из конструкции водоприемника, составляет $\Omega_b = \pi r L = 3,14 \cdot 0,315 \cdot 1,5 = 1,48 \text{ м}^2$.
5. При этом площадь щелевой перфорации составит:
 $\Omega_n = 1,25 q_p / v_{\text{вх}} = 1,25 \cdot 0,0014 / 0,01 = 0,175 \text{ м}^2$.
6. Сквозность корпуса водоприемника составит не менее
 $\psi = 100 \Omega_n / \Omega_b = 100 \cdot 0,175 / 1,48 = 12 \%$.
7. Расположение щелей обычно в шахматном порядке (рис. 2.11,а): $a = 10 \text{ мм}$; $b = 10a = 100 \text{ мм}$; $c = 10 \text{ мм}$; $l = 50 \text{ мм}$.
8. Перфорация на водоприемно-промывном трубопроводе выполняется в виде круглых отверстий ($d = 10 \text{ мм}$), размещенных в шахматном порядке (рис. 2.11,б), со сквозностью $\psi = 20\%$ (по окружности $a = 22 \text{ мм}$; по длине $b = 17 \text{ мм}$).
9. Промывная обратным током воды оголовков выполняется последовательно с верхнего по течению водоприемника расходами $q_{\text{пр}} \geq 2q_p$.

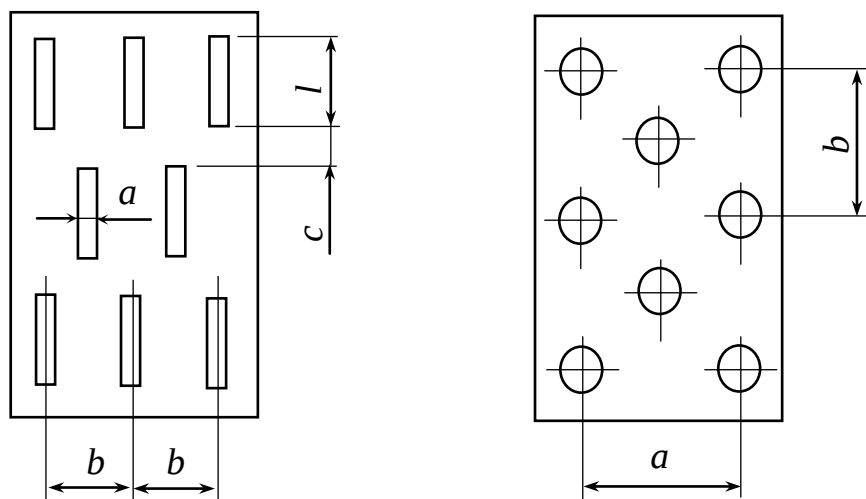


Рисунок 2.11 - Разбивка прямоугольных щелей на корпусе водоприемника (а) и круглых отверстий на водосборном трубопроводе (б)

2) Водозаборные сооружения в г. Отрадный Самарской области:

Существующий водозабор г. Отрадный Самарской области построен в 1964г. (по данным эксплуатационных коммунальных служб г. Отрадный). Первичные материалы изысканий и проекта водозабора, а также акты на выполнение работ по строительству скрытых (подземных, подводных) конструкций сооружений водозабора к ознакомлению представлены не были.

1. Краткая характеристика существующего водозабора

По первоначальному проекту водозабора предполагалось отбирать $Q_{\text{сут}} = 46 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ с заглублением дна берегового колодца ниже — 30,0 м (сведения 1975г.). Проблема реконструкции и расширения водозабора возникла уже к 1975г. из-за необходимости увеличения забора и подачи воды на НФС и на технологические нужды нефтепромыслов до $Q_{\text{сут}} = 75000 \text{ м}^3/\text{сут}$ ($q_{\text{ч}} = 3125 \text{ м}^3/\text{ч}$; $q_{\text{сек}} = 870 \text{ л/с}$). Кроме того, произошли падения минимальных (меженных летних и меженных зимних) уровней р. Б.Кинель — основного источника водоснабжения г. Отрадный. Существующий водоприемный оголовок в виде 2-х открытых самотечных стальных труб $\varnothing 724 \times 12 \text{ мм}$, при нормальных условиях (достаточные глубины в месте забора), мог бы подать до $64 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$.

Оголовок самотечных труб закреплен в едином железобетонном устое, выполняющем роль собственно корпуса водоприемного устройства, рыбозащитными и мусорозадерживающими элементами (решетки, кассеты) не оборудован. С периода изысканий и строительства водозабора (1964г.) произошло снижение уровней в створе водоприемника (со слов эксплуатационного персонала) не менее, чем на 1,2...1,5м. Расходы р. Б.Кинель по данным Г.М.С. "Отрадный" достаточны для гарантированного водоотбора до 1,0 м³/с при любых проявлениях режима реки при различных обеспеченностях стока с соблюдением требований рыбоохраны и санитарных условий. По данным "Самарагидропроект" (проект — шифр 1915-Т, стр. 58 в т. 6 "Пояснительной записки к ТЭО", Самара, 1997г.) приведены сводные сведения о гидрологическом режиме и расходах р. Б.Кинель. При строительстве водозабора самотечные трубы проложены с отметками на входе (по осям) 33.950 и в колодце 34.740 (рис. 2.12). Это обстоятельство делает ненадежной эксплуатацию водозабора в межени, а зимой приводит к угрозе перемерзания или забивки шуголедовыми массами (зима 2000/2001гг.).

2. Реконструкция водозабора в г. Отрадный

При сложившихся к 2001г. хозяйственно-экономических условиях в г.Отрадный наиболее приемлемым, реальным и целесообразным решением (по стоимостным, технологическим, строительным соображениям) реконструкции водозабора, без прекращения функционирования на период работ действующих сооружений, являются следующие мероприятия:

1.Строительство дополнительно 2-х фильтрующих водоприемных оголовков (рис. 2.13) с расположением фильтрующей водоприемной поверхности каждого из них на уровне дна р. Б.Кинель (на отм. 32.800);

2.Принимая во внимание относительную стабильность динамического состояния русла, в частности, глубину, р. Б.Кинель в створе действующего водозабора в последние 15...20 лет (работы Самарагидропроект, 1997г.;

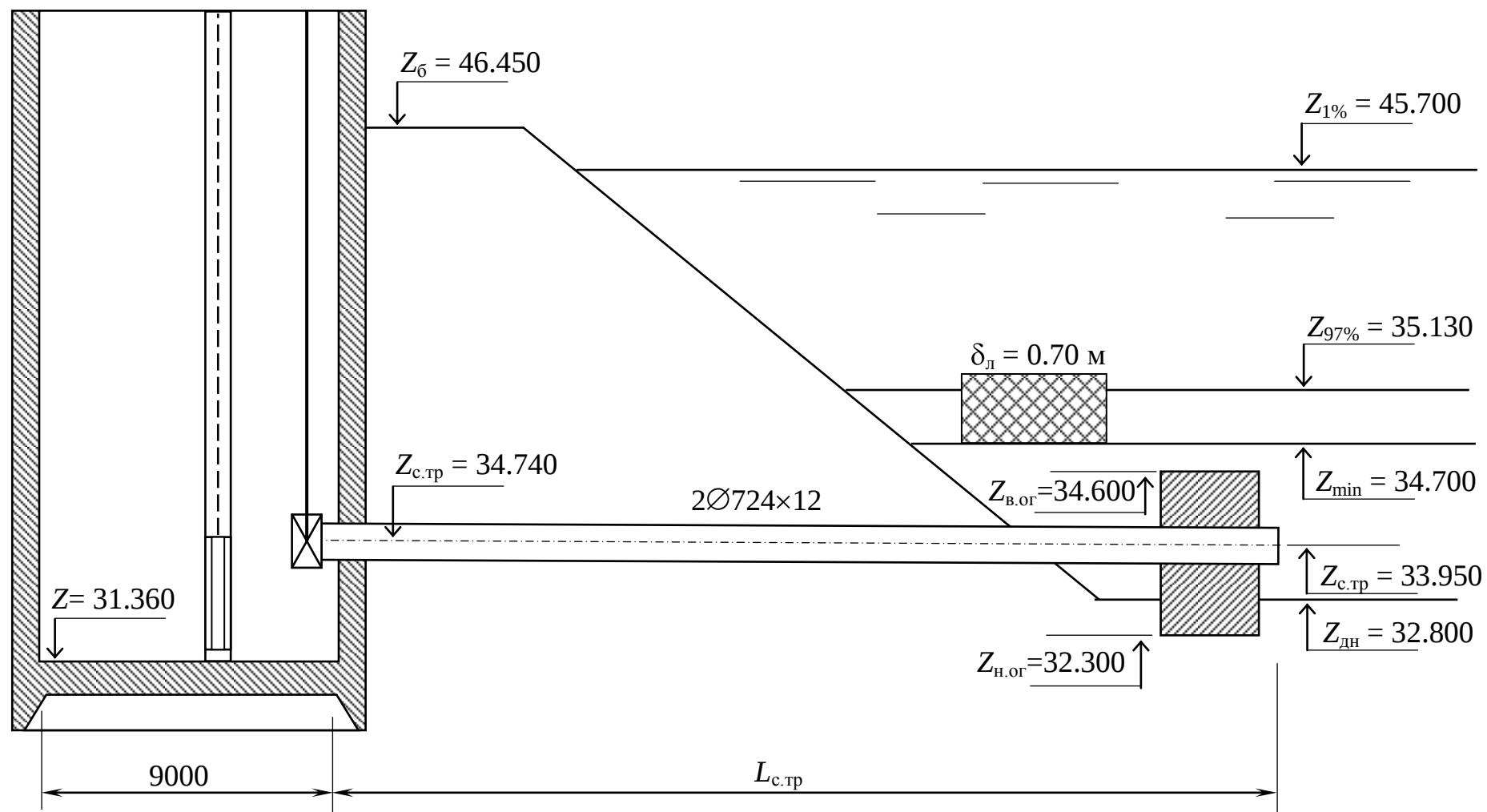
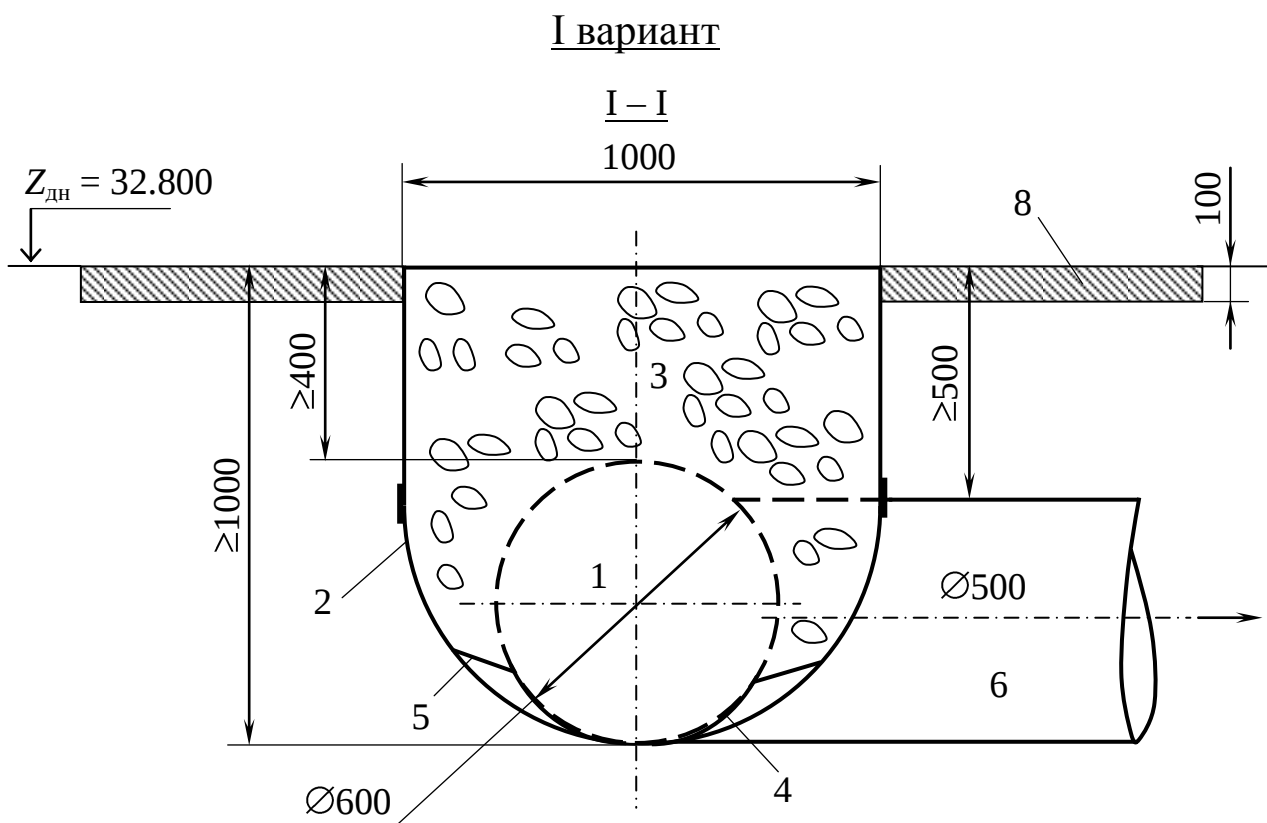
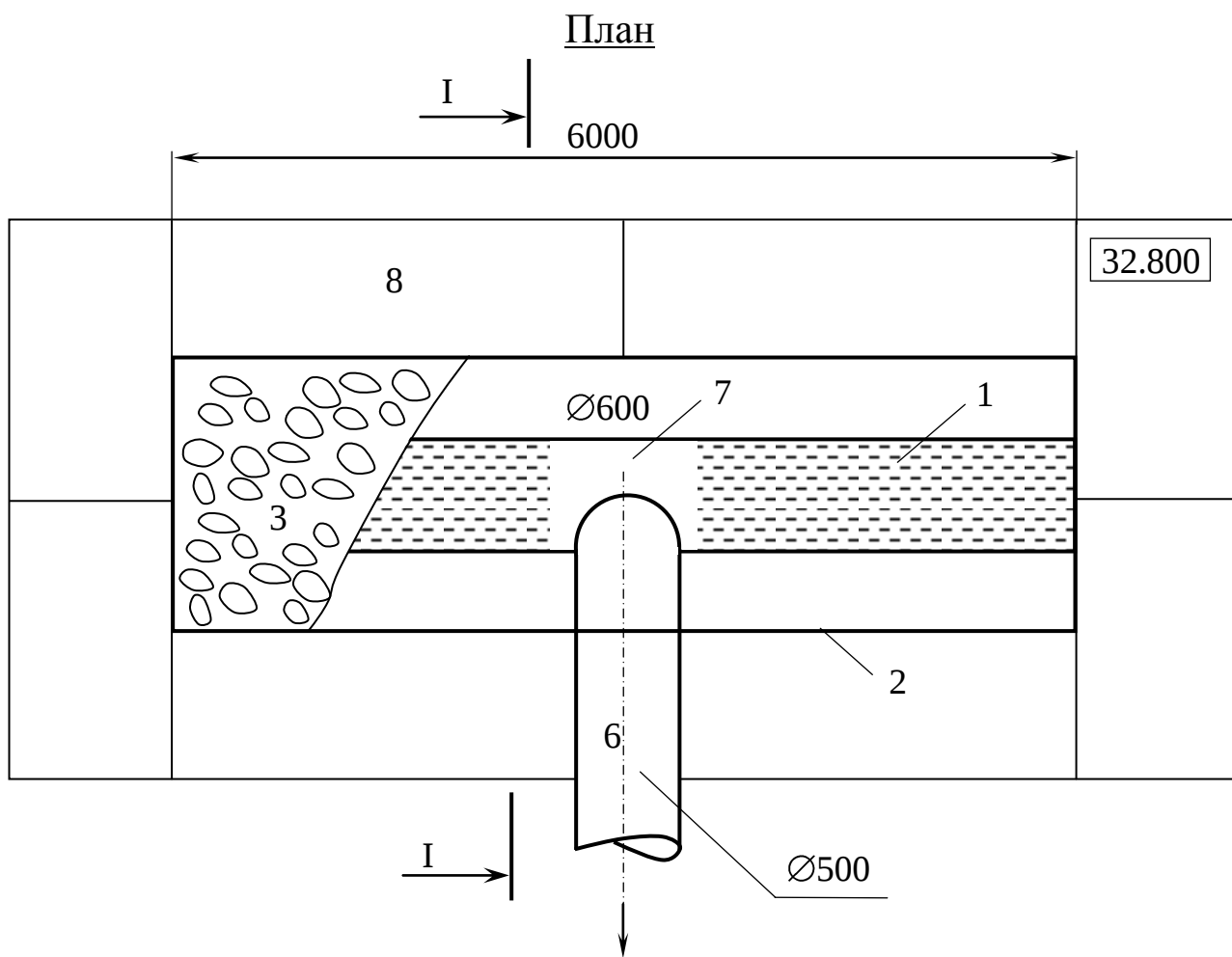
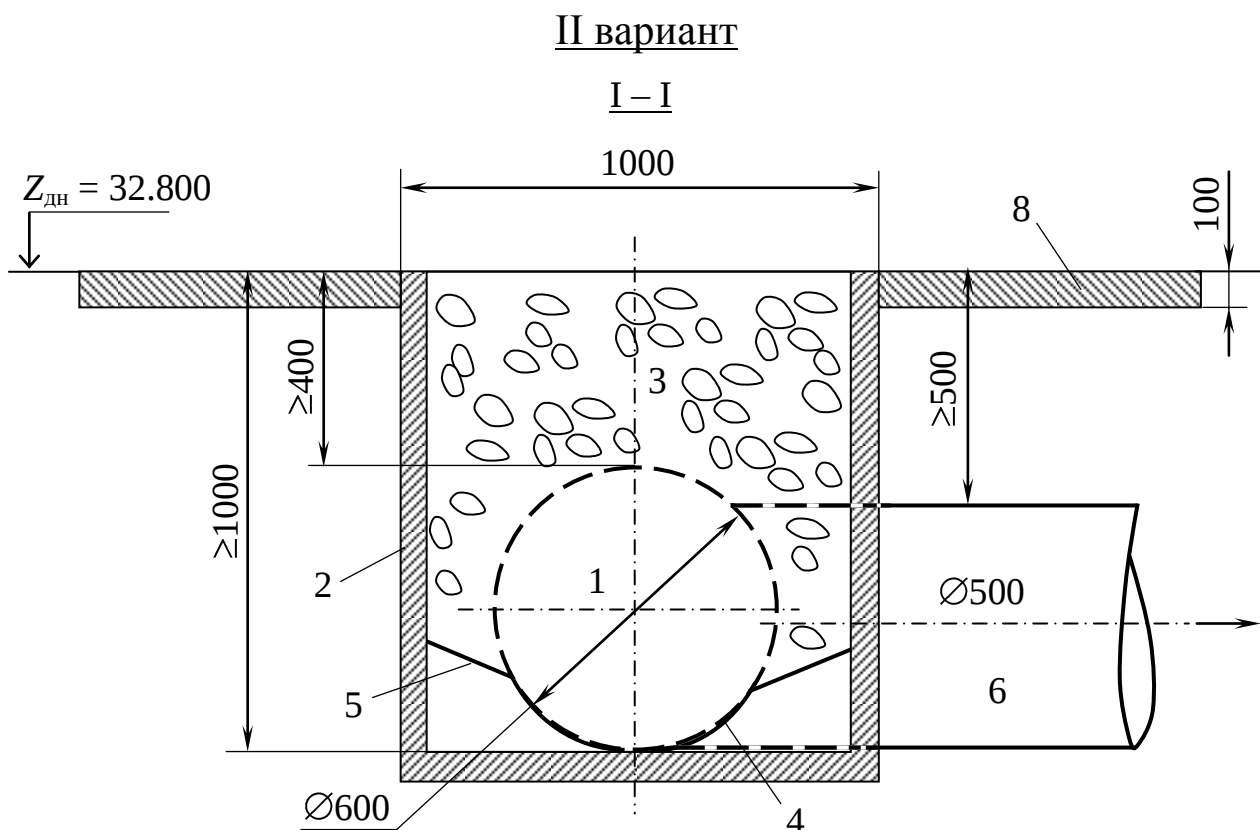


Рисунок 2.12 - Профиль по оси существующего водозабора (по данным института «Средволгогипроводхоз» 1987 г.)





1 – водосборная дрена; 2 – корпус (I вариант – стальной; II – вариант – железобетонный); 3 – фильтр ($d = 30 \dots 50$ мм); 4 – «глухая» часть дрены; 5 – струенаправляющие; 6 – самотечный трубопровод; 7 – участок дрены без перфорации ($l = 1,5d$); 8 – крепление дна железобетонными плитами

Рисунок 2.13 - Рекомендуемые варианты фильтрующего водоприемного оголовка

Средволгогипроводхоз, 1975, 1990гг. и др.), предлагаемые фильтрующие водоприемные оголовки с поверхностью фильтра на уровне дна реки обеспечат надежный водоотбор, имея, в отличие от существующего оголовка, запас глубины в межень над водоприемниками 1,5...2,0 м. Из рекомендуемых конструкций водоприемников (рис. 2.13) предпочтительнее вариант I в металлическом исполнении. Обеспечивается рыбозащита, защита от шуголедовых помех, от мусора (ветки, листва и проч.), предусматривается периодическая промывка фильтров водоприемников обратным током воды;

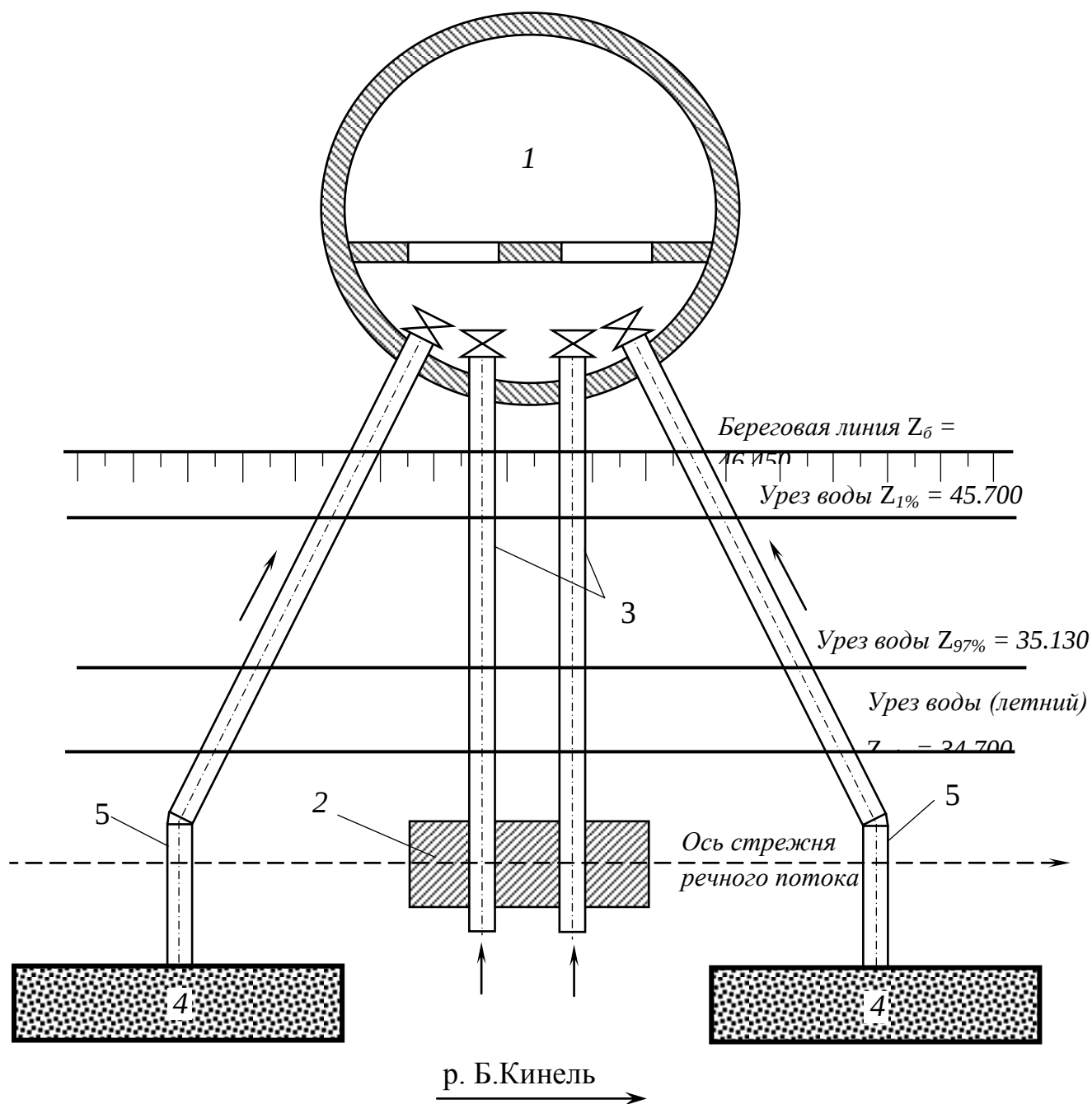
3. Установка водоприемных оголовков осуществляется по оси стрежневой линии течения реки (рис. 2.14) на расстоянии не более 1,0 м от

плоскости опорного железобетонного устоя существующих самотечных водоприемных труб водозабора. Самотечные трубы от каждого из предлагаемых оголовков $\varnothing 524 \times 12$ мм должны войти в береговую шахту существующего водозабора на отметке 32.400 (лоток трубы);

4. Перед фронтом существующего оголовка (непосредственно перед опорным устоем самотечных труб дно реки должно быть закреплено железобетонной плитой толщиной ≈ 100 мм, шириной до 1,5 м на всю длину оголовка с выходом в обе стороны не менее 0,5 м;

5. Предусматривается надежное крепление дна реки на уровне кромки бортов фильтрующих оголовков по контуру каждого из оголовков шириной 1,5 м, желательно железобетонными плитами для сохранения естественно сложившегося положения руслового базиса реки в акватории водозабора, исключения подмыва, улучшения гидравлических характеристик русла для транзитного прохождения наносов вдоль водоприемных оголовков.

6. Для уменьшения вовлечения взвешенных частиц в водоприемные оголовки и управления транзитным пропуском наносов через акваторию водозабора следует предусмотреть установку гидравлических наносоуправляющих устройств (ГНУ) системы А.С. Образовского и А.А. Смирнова.



Существующие сооружения и конструкции: 1 – береговой колодец ($D = 9,0$ м); 2 – железобетонный устой-оголовек самотечных труб; 3 – самотечные трубопроводы ($2\varnothing 724 \times 12$);
рекомендуемые конструкции: 4 – фильтрующие водоприемные оголовки; 5 – самотечные трубопроводы ($\varnothing 524 \times 12$)

Рисунок 2.14 - План реконструкции водозаборных сооружений г. Отрадный

2.4 Выводы по 2 главе

1. При водоприеме из перемерзающих и пересыхающих водотоков требуется детальное изучение гидрогеологических параметров водоисточника.
2. Для реализации водоприема из перемерзающих и пересыхающих водотоков конструктивные особенности водоприемников должны учитывать гидрогеологические условия и расположение водоприемного фронта должно быть близко или на уровне дна, а также под руслом водотока.
3. Исходя из опыта работы и эксплуатации водозаборов из малых водотоков на Севере РФ наиболее приемлемые для них являются инфильтрационно-фильтрующие дрены, галереи расположенные под уровнем водотока.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРИЕМНИКОВ ИЗ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

3.1 Разработка технологической схемы и конструкции фильтрующего водозабора из водотоков с низким минимальным горизонтом воды

Фильтрующие водоприемники имеют достаточно широкий спектр применения. Сам факт предварительной фильтрации воды позволяет упростить её дальнейшую очистку. Уже на этапе забора воды достигается очистка от взвесей, решается проблема рыбозащиты.

Фильтрующие водоприемники обеспечивают:

- Комплексную защиту водозаборов от всевозможных взвесей и помех при обычных и чрезвычайных проявлениях режима источников, возможен отказ от дорогостоящих и неудобных в эксплуатации водоприемных окон с решетками;
- Предварительную очистку воды до той степени, когда требуется минимальная её очистка или очистка не требуется совсем. (инфильтрационные или фильтрующие водозаборные конструкции со встроенной загрузкой);
- Гидрологический режим водоисточника практически не изменяется;
- Отказ от необходимости избавляться от осажденных взвесей на очистных сооружениях;
- Устройство фильтрующих водозаборов оправдано практически в любом климате;
- Возможность регулирования объема водоотбора;
- При применении соответствующих конструкций водоприемных устройств обеспечивается необходимая степень очистки.

В тексте пособия к СНиП 2.04.02-84: «Засорение фильтра зависит и от скорости потока на его поверхности. Оно редко снижается при скоростях течения, более чем в пять раз превышающих скорости втекания в фильтр, и

значительно увеличивается при подходе потока по нормали к его поверхности.

Только импульсная промывка, создающая волновое давление, обеспечивает равномерное воздействие потока на фильтр. При незначительных скоростях обтекания фильтра потоком необходимо увеличивать расход промывной воды.» [26].

При достаточно малых слоях аллювия ($\geq 3-4\text{м}$) и слабых его фильтрационных характеристиках ($K_{\phi} \leq 10-12\text{м/сутки}$), необходимы конструкции водоприемников с фильтрами, самопромываемым речным потоком с расположением дренажно-отводящих устройств в жестких не фильтрующих лотках. Необходимо предусматривать промывку фильтров.

Предлагается технологическая схема водозаборного сооружения из водотоков с низким минимальным уровнем воды которая позволит отбирать воду в периоды минимального стока из ручьев, малых рек, конструкция разработана, исследована и внедрена в практику водоснабжения завода и поселка из ручья. Технологическая схема водозабора представлена на рис 3.1.

Особенностью данного водозабора является осуществление водоприема на уровне дна водоисточника. Верх водоприемника находится вровень с уровнем дна.

Вода поступает через фильтр 1 водоприемника (проходя предварительную очистку) в водосборные дрены 2, и далее отводится по самотечным линиям 4 в береговой колодец 5. Далее погружными насосами первого подъема 6 вода подается по напорным водоводам 13 на водоподготовку.

При загрязнении фильтрующей загрузки водоприемников происходит поочередный автоматический вывод их секций на промывку.

При помывке перекрывается одна из самотечных линий 4 задвижкой 10, с одновременным закрытием одной из напорных линий задвижкой 12. Открывается задвижка 11 на одном из промывных трубопроводов 14 и осуществляется промывка первой секции. По завершению промывки одной секции и ввода ее в нормальный режим работы. Процесс повторяется для второй секции.

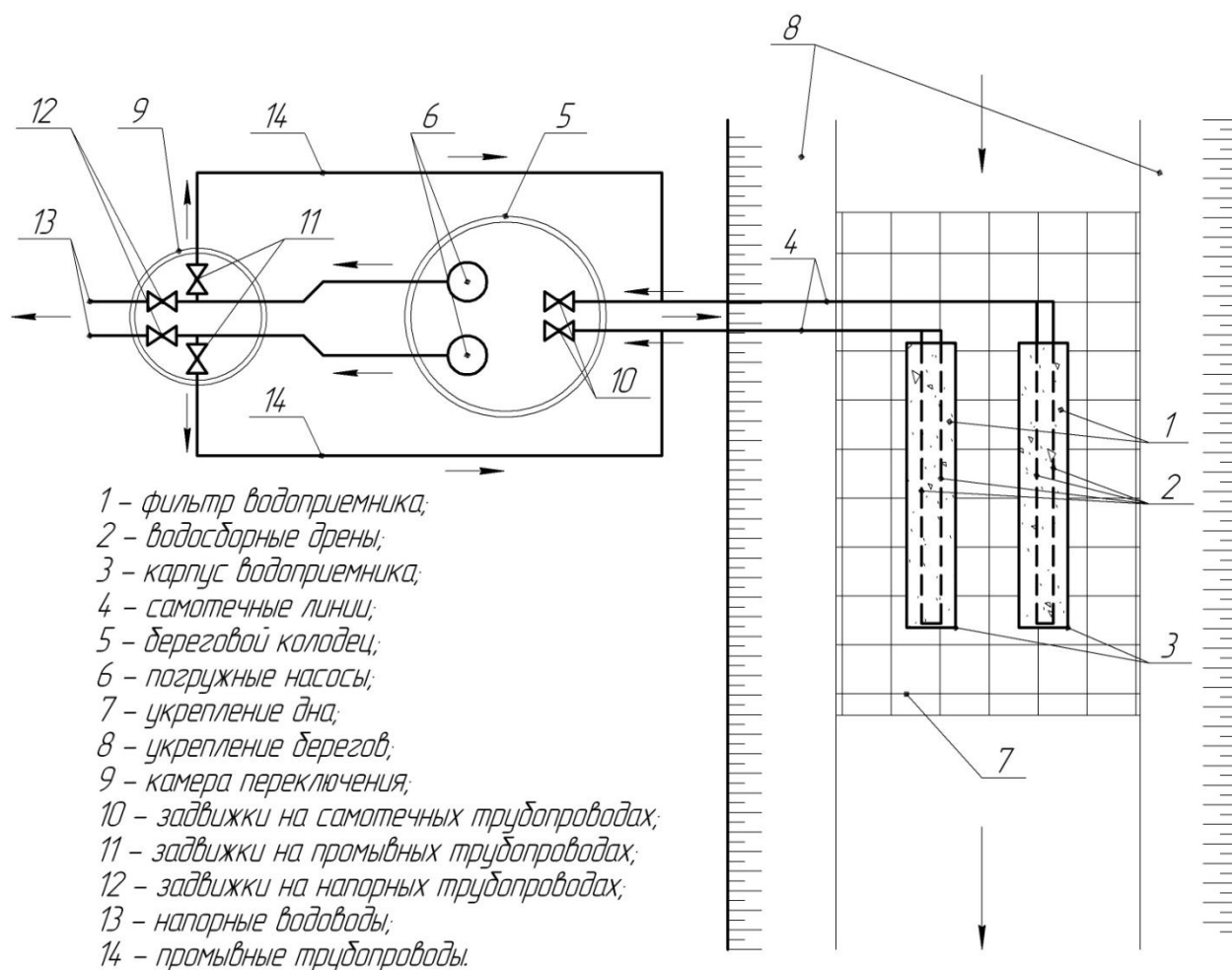


Рисунок 3.1 – Технологическая план-схема фильтрующих водозаборных сооружений из водотоков с низким минимальным уровнем воды

В данной схеме (рис. 3.1) в качестве водоприемников могут быть применены различные конструкции (рис. 3.2). Они могут отличаться друг от друга материалом корпуса, конструкцией водосборных дрен, фильтрующей загрузкой, размерами.

В качестве материала для корпуса могут быть использованы как подручные материалы, так и специально изготовленные.

На рис. 3.2, а показан разрез водоприемника с корпусом из типового железобетонного канала.

На рис. 3.2, б – с корпусом из композитных материалов.

На рис. 3.2, в – с корпусом из половины трубы большого диаметра.

Секции водоприемников могут изготавливаться на месте строительства или в промышленных условиях и поставляться в комплектном виде.

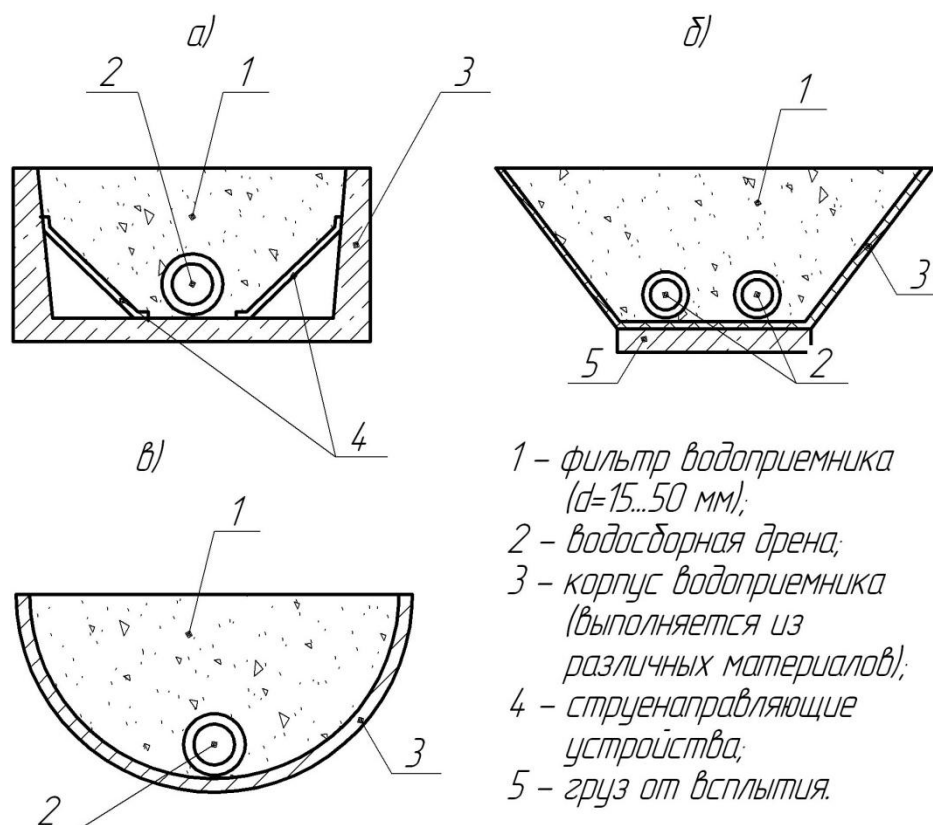


Рисунок 3.2 – Возможные конструкции водоприемника по предлагаемой схеме

В качестве водосборно-дренажных устройств водоприемников могут быть использованы дрены из различных материалов: нержавеющей сталь, полимерные материалы.

Одним из таких устройств может послужить спирально-навитой фильтрующий элемент «ТЭКО-СЛОТ» изготавливаемый на ООО «Производственное предприятие «ТЭКО-ФИЛЬР». Эти элементы создаются намоткой проволоки треугольного профиля на стрингеры различных сечений и формируют каркас цилиндрической формы. Навивка проволоки осуществляется специальным станком (рис. 3.3), параллельно со сваркой каждой точки касания стрингеров. Заданный шаг намотки проволоки регулирует размер щелей спирально-навитых фильтрующих элементов. Полученное диффузорное расширение щели обеспечивает гидравлические условия, при которых мелкие загрязнения не кольматируют фильтрующую поверхность элемента. Этот эффект предотвращает забивание щели (рис. 3.4).



Рисунок 3.3 – Изготовление водоприемно-дренажного устройства на специальном станке

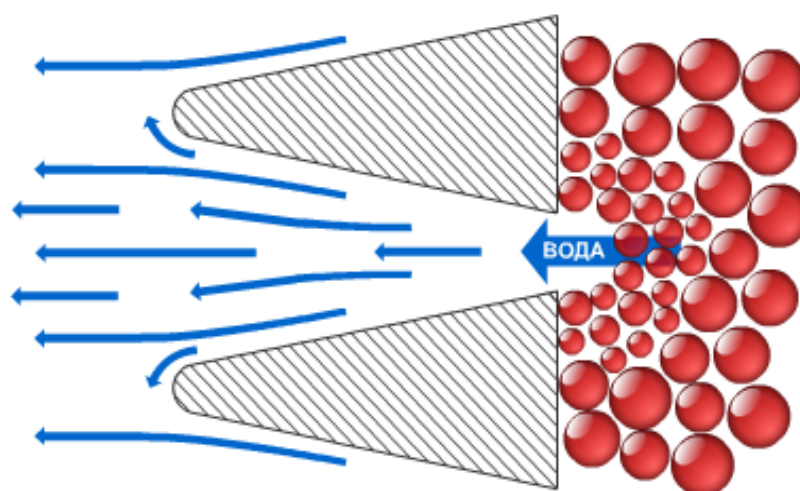


Рисунок 3.4 – Гидравлика потока в спирально-навитом элементе
Внешний вид спирально-навитых водосборных дрен представлен на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 – Внешний вид спирально-навитых водосборных дрен «ТЭКО-СЛОТ»

Данные элементы формируются различных размеров в зависимости от конструкции и производительности водоприемника (стандартно $D = 50 \dots 900$ мм; $L=3000$ мм, общая длина формируется муфтовыми соединениями или сварными кольцевыми соединениями).

В качестве водоприемно-дренажного устройства водоприемников также возможно применить щелевые фильтры из нПВХ с напылением ПВД рис. 3.6.

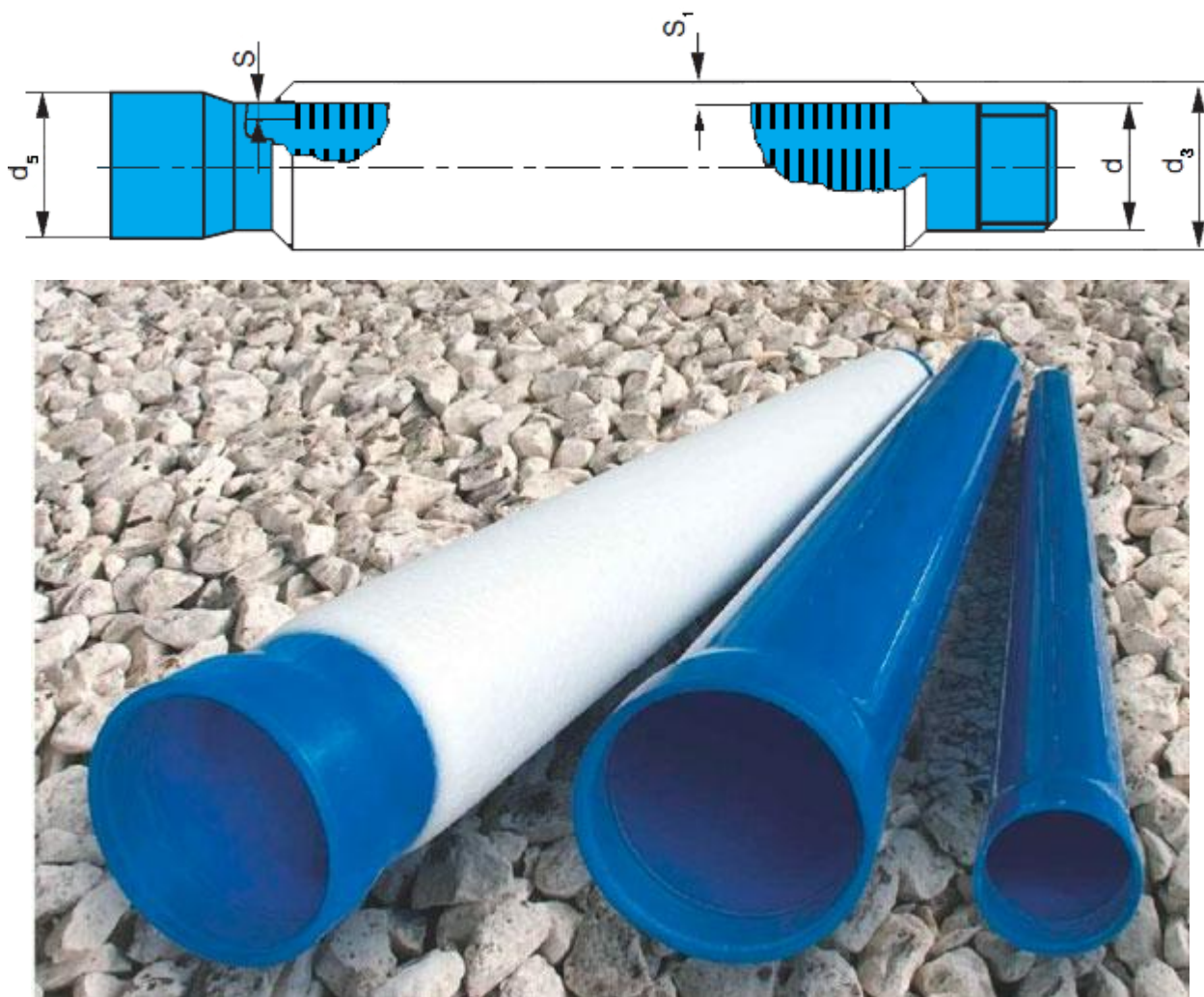


Рисунок 3.6 – щелевые фильтры из нПВХ с напылением ПВД

Защитно-фильтрующий слой выполнен из полиэтилена высокого давления (вспененный ПВД ГОСТ 16337-77), длина одной секции фильтра – 2,3 м.

Защитно-фильтрующее покрытие фильтра предотвращает попадание твердых частиц из воды в водоприёмный колодец. Напыление фильтра

обеспечивает скважность 20%-24%, пористость составляет: 0,02-0,035 мм (0,20-0,35 мкр).

Напыление ПВД состоит из трех слоев: крупноячеистый – поддерживающий, среднеячеистый – рабочий и мелкоячеистый – защитный. При использовании требуется правильный подбор размера засыпного материала фильтрующей загрузки водоприемника. Характеристики представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики щелевых фильтров из нПВХ с напылением ПВД

Наружный диаметр, мм	Наружный диаметр по раструбу, мм	Внутренний диаметр, мм	Толщина напыления ПВД, мм	Скважность, %
88	94	80	5	15
90	96	80	5	15
113	119	103	7	21
116	123	106	8	21
125	133	110	8	22
140	149	124	8	19

Выбор той или иной конструкции водосборного устройства зависит от качества воды в водоисточнике, наличия наносов и взвешенных частиц.

3.2 Разработка инфильтрационного водозабора из малых водотоков

В тексте пособия к СНиП 2.04.02-84: «Водоприемники (не менее двух) разного типа, работающие совместно, заменяя друг друга (в одних и тех же условиях), либо независимо один от другого (в разные гидрологические фазы) и входящие в состав одного водозабора, называют комбинированными.

Комбинированные водоприемники позволяют в наилучшей степени приспособить сооружения к местным условиям избранного створа (особенно при большом количестве наносов и шуга) и получить вполне надежное и наиболее экономичное решение.

Самыми распространенными являются водозаборы, имеющие русловой и береговой водоприемники, при этом береговой водоприемник работает только в паводки и половодья, когда в реке проходит наибольшее количество наносов, а русловой - только в межень и в периоды шугохода.

На реках с большой амплитудой колебания уровней воды в последнее время применяют водозаборы с береговыми и ковшовыми водоприемниками.» [26].

В тексте пособия к СНиП 2.04.02-84:«Применяют также комбинированные водоприемники, состоящие из нескольких фильтрующих и открытых секций, позволяющие в случае забивки открытых секций шугольдом переходить на фильтрующий водоотбор.

Разнообразие местных условий требует разрабатывать и применять различные схемы комбинированного приема воды» [26].

В тексте диссертации Рысина М.С.: «Водозаборно-очистные сооружения, предусматривающие удаление помех водоприему посредством сооружений, которые одновременно исполняют функции защитных и водозаборных, получают все большее распространение.»[19].

Инфильтрационными называются такие водозаборные сооружения, в которые речная вода поступает не непосредственно из реки, а предварительно профильтровавшаяся через толщу грунтов берега или дна реки.

Профильтровавшаяся через грунт вода хорошо осветляется, так как взвешенные частицы задерживаются в порах грунта. Поэтому применение инфильтрационных водозаборов целесообразно при заборе воды для питьевых целей, а также во всех случаях, когда требуется хорошо

осветленная вода, например, при использовании ее для целей охлаждения на промышленных предприятиях.

При благоприятных гидрогеологических условиях и достаточно хорошем качестве воды она осветляется до такой степени, что может быть использована без дополнительной очистки (только с дезинфекцией или даже без дезинфекции).

Применение инфильтрационных водозаборов целесообразно также на сильно шугоносных реках.

Наиболее распространены инфильтрационные водозаборы в виде водосборной трубы или галереи, уложенных на берегу, вдоль реки, на некотором расстоянии от уреза воды.

На мелководных реках и особенно в тех случаях, когда возможно промерзание реки до дна, инфильтрационные водосборы можно устраивать в виде перфорированных труб, укладываемых под руслом и рассчитанных на прием как речной, так и подрусловой воды (из аллювиальных отложений).

При заборе воды малых и перемерзающих водотоков (особенно для водопотребителей до 5...10 тыс. м³/сутки) наиболее экономичен инфильтрационно-фильтрующий водоприем.

Еще одним вариантом забора воды из малых водотоков является лучевой водозабор предлагаемой конструкции.

Технологическая схема и конструкция лучевого инфильтрационного водозабора представлена на рис. 3.7.

Вода фильтруется через русловой грунт (аллювий), далее фильтрующий элемент «ТЭКО-СЛОТ» и затем попадает в водоприемный колодец, после чего насосным агрегатом, подается на обработку. Таким образом осуществляется забор воды из-под русла достаточно высокого качества.

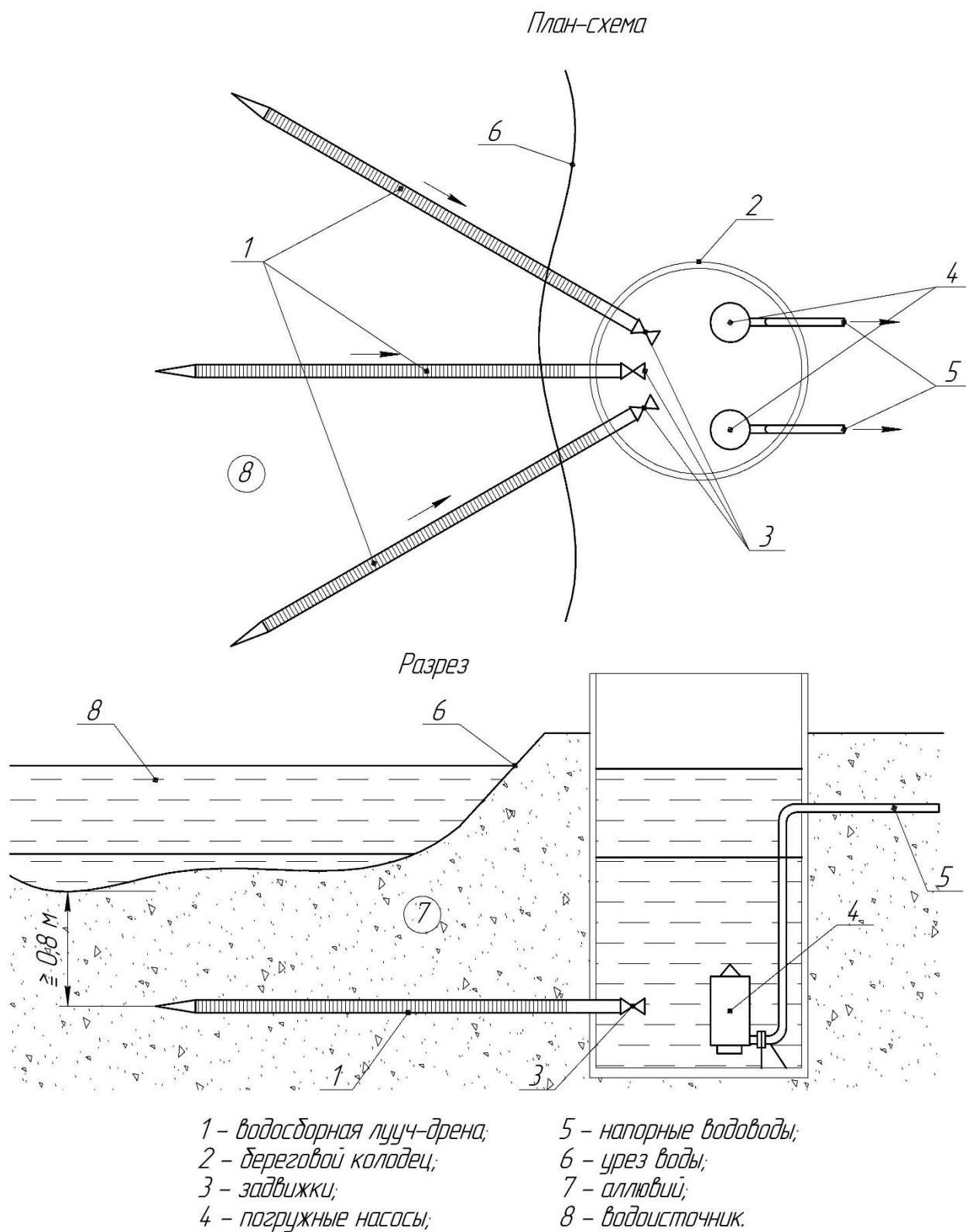
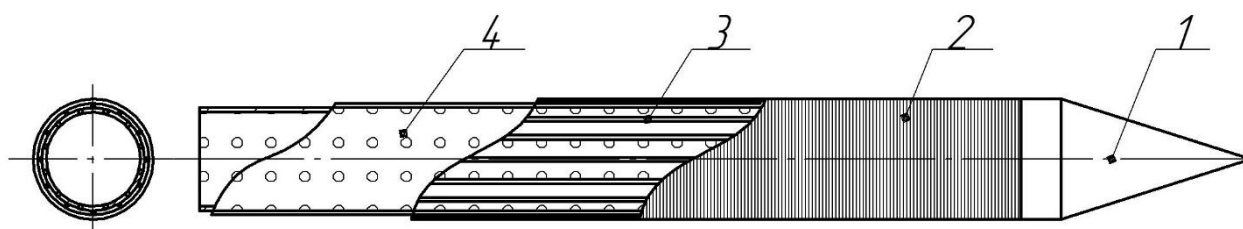


Рисунок 3.7 – Инфильтрационный лучевой водозабор предлагаемой конструкции

В качестве водосборных дрен-лучей предлагается конструкция, представленная на рис. 3.8.



- 1 – наконечник (для осуществления прокола);
 2 – навитая проволока треугольного сечения;
 3 – продольный проволочный каркас (стрингеры);
 4 – перфорированный водозборный трубопровод.

Рисунок 3.8—Предлагаемая конструкция луча-дрены для инфильтрационного водозабора

Данная конструкция луча-дрены состоит из перфорированного трубопровода с продольным проволочным каркасом (стрингерами) на который навита проволока треугольного сечения. Конструкция собрана на основе «ГЭКО-СЛОТ». На концевой части луча-дрены предусмотрен наконечник для осуществления прокола.

Применение подобной схемы водозабора возможно только при наличии достаточного слоя аллювия и отсутствии в нем иловатых частиц.

Береговой колодец предлагаемых водозаборных сооружений может быть выполнен из сборных железобетонных элементов, а также из современных композитных материалов.

3.3 Выводы по 3 главе

1. Предложена технологическая схема и конструкция фильтрующего водозабора из водотоков с низким минимальным горизонтом воды, с различным конструктивным исполнением водоприемников.
2. В качестве водосборных дрен водоприемников предложены спирально-навитые фильтрующие элементы «ТЭКО-СЛОТ» или щелевые фильтры из нПВХ с напылением ПВДэ.
3. Разработана схема и конструкция инфильтрационного водозабора из малых водотоков для совместного отбора поверхностного и подруслового потока.
4. Предложена конструкция луча-дрены на базе фильтрующих элементов «ТЭКО-СЛОТ».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выбор типа и конструкции водозаборных сооружений для водотоков с различными гидрогеологическими условиями следует выполнять с учетом изменений режимов, условий и различных факторов (шуга, перемерзание, падение уровня и пр.). При водоприеме из перемерзающих и пересыхающих водотоков требуется детальное изучение гидрогеологических параметров водоисточника.

2. Для реализации водоприема из водоисточников с низким минимальным горизонтом воды конструктивные особенности водоприемников должны учитывать гидрогеологические условия и расположение водоприемного фронта должно быть близко или на уровне дна, а также под руслом водотока.

3. Исходя из опыта работы и эксплуатации водозаборов из малых водотоков на Севере РФ наиболее приемлемые для них являются инфильтрационно-фильтрующие дрены, галереи расположенные под уровнем водотока.

4. Предложенные технологические схемы и конструкции фильтрующего и инфильтрационного водозаборов из водотоков с низким минимальным горизонтом воды, позволят забирать воду при сложных гидрогеологических и климатических условиях.

5. Использование в качестве водосборных дрен водоприемников спирально-навитых фильтрующих элементов «ТЭКО-СЛОТ» или щелевых фильтров из нПВХ с напылением ПВДэ позволят эффективно отбирать воду из водотоков с низким минимальным горизонтом воды.

6. Разработана схема и конструкция инфильтрационного водозабора из малых водотоков для совместного отбора поверхностного и подруслового потока.

7. Инфильтрационный водоприем является наиболее эффективным элементом, повышающим качество отбираемой воды.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

1 Чернова А.С., Лушкин И.А. Особенности водозаборно-очистных сооружений из малых водотоков. Сборник трудов XV-ой Международной научно-практической конференции «Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России».(г. Пенза, МНИЦ ПГАУ, 2017. -116с).

2 Чернова А.С. Водозаборно-очистные сооружения из малых и перемерзающих водотоков. Сборник трудов XX-ой Международной научно-практической конференции «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии» (г. Пенза, МНИЦ ПГАУ, 2018.-98с.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
2. Справочное пособие к СНиП 2.04.02-84. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод – М.: Стройиздат, 1990.
3. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Казанский Е.А., Ереснов В.Н. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976.
4. Водные ресурсы России и их использование. С-Пб, Гос. Гидрол.ин-т , 2008. 599 с;
5. Орлов Е.В., Комаров А.С., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Строительство водозаборных сооружений из частично пересыхающих водотоков. Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 93-100. Режим доступа: <http://www.vestnikmgsu.ru/index.php/ru/archive/article/download/428>
6. Вдовин Ю.И. Водоснабжение на Севере. - Стройиздат, Ленинградское отделение, 1910114.
7. Аржакова С.К. Зимний сток рек криолитозоны России: Монография. - СПб.; РГГМУ, 2001.-209 с.
8. Алексеев В. Р. Наледи. - Новосибирск: Наука, 1987. - 158 с.
9. Аржакова С.К. Расчеты гидрографа зимнего стока на промерзающих реках Якутии. - В кн.: Вопросы географии Якутии. Вып. 8. Якутск: ЯНЦ, 1995, с. 49-52.
10. Догановский А.М. Особенности формирования зимнего стока в зоне вечной мерзоты. - Труды ЛГМИ, 1968, вып. 30, с. 64-70.
11. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР - Л.: Гидрометеиздат, 1987.-247 с.
12. Методические рекомендации по учету стока на реках в зимний и переходные периоды. - Валдай, 1980. - 49 с.
13. Пономарев В.П. Подземное питание горных рек юга Дальнего Востока. - Труды ГГИ, 1981, вып. 272, с. 25-36.

14. Банцекина Т.В. Особенности гидрологического режима рек с наледями. - В кн.: Исследование наледей. Якутск, 1979, с. 6-20. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01002615697>
15. Толстихин О.Н. Наледи и подземные воды Северо-Востока СССР.- Новосибирск: Наука, 1974. - 164 с.
16. Пересыхание рек. Режим доступа: <http://chel-portal.ru/?id=8055&site=encyclopedia&t=peresyhanie-rek>
17. Богуш В., Булдаков С. Берёзовские родники. Исследовательская работа / рук. Л.Трапезникова. Режим доступа: voda.rkc-74.ru
18. Исследовательская работа Крыловского родника. Режим доступа: <https://multiurok.ru/files/issliedovatel-skaia-rabota-krylovskii-rodnik.html>
19. Рысин М.С. Водозаборно-очистные сооружения при совместном отборе поверхностных и подрусловых вод - Магистерская диссертация, 2016. Режим доступа: <http://docplayer.ru/40919818-Magisterskaya-dissertaciya.html>
20. Вдовин Ю.И. Водозаборные сооружения из р.Лена // Сб. ЦИНИС Госстроя СССР / Серия 20. – Проектирование водоснабжения и канализации. – М., 1985. – Вып. 7. – С. 4-14.
21. Вдовин Ю.И. Повышение надежности водозаборов из поверхностных источников в зоне мерзлоты // Сб. материалов семинара /МДНТП. – М., 1985.– Повышение эффективности водозаборов из поверхностных и подземных источников. – С. 25-35.
22. Вдовин Ю.И., Серов И.А., Образовский А.С. Фильтрующие оголовки, их классификация и основные схемы // Информ. сб. / ЦИНИС Госстроя СССР. – М., 1970. – Вып. 4(65). – Серия IV. – Водоснабжение и канализация. – С. 13-27.
23. Дмитриев В.Д. Методы подготовки воды в условиях Севера. – Л.: Стройиздат.– Л.о., 1981. – 123 с.

24. Гапеев С.И. Использование естественного холода в дорожно-строительных целях. – М.: Изд. ГУшоссдор МВД СССР. – 1951. –118 с.
25. Вдовин Ю.И. Управление руслом северных рек в зимнее время // Сб. тр. /ЯГУ. – Якутск, 1985. –Водопропускные сооружения в условиях Крайнего Севера. – С. 95-103.
26. Пособие к СНиП 2.04.02-84. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод. Стройиздат № 1990. ВНИИ ВОДГЕО от 1989-01-01. Режим доступа: http://snipov.net/c_4646_snip_98942.html
27. Вдовин Ю.И. Фильтрующие водозаборы // Водоснабжение и санитарная техника. – 1970.– №5. – С. 3-10.
28. Смирнов А.А. Гидравлические наносозащитные устройства на водозаборах // Сб.материалов семинара / МДНТП. –М., 1985.– Повышение эффективности работы водозаборов из поверхностных и подземных источников. – С. 35-43.
29. Образовский А.С. Гидравлика затопленных водоприемных оголовков. – М.: Стройиздат, 1963. – 104 с.
30. Сурин А.А. Водоснабжение. – Ч.1. Вода и водосборные сооружения. – М.-Л.:ОНТИ, 1932. – 288 с.
31. Вдовин Ю.И. Совершенствование технологий водоприема и водозаборных сооружений для систем водоснабжения на Севере: Дис. д. – ратехн. наук. – М.,1996. Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/sovershenstvovanie-tehnologiy-vodopriema-i-vodozabornyh-sooruzheniy-dlya-sistem-vodosnabzheniya-na-severe#1>
32. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация инфильтрационных водозаборов. – М.: Стройиздат, 1984.
33. Москвин А.В. Водозаборы на реках Севера // Сб.тр. / АКХ, –М., 1962. – Инженерные сети в условиях вечной мерзлоты. – Вып.12. – С. 52-79.
34. Вдовин Ю.И. Фильтрующие водозаборные сооружения // Сб.тр. /

- ЛИСИ.–Л., 1970. – Водоснабжение и канализация населенных мест в районах Вост. Сибири и Кр. Севера. – С. 78-94.
35. Ереснов В.Н. Исследования затопленных водоприемников с рыбозащитными фильтрующими устройствами: Автор. дис. канд. техн. наук. – М., 1979.
36. Кузовлев Г.М. Специальные гидротехнические сооружения на атомных предприятиях. – М.: Атомиздат, 1973.
37. Порядин А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения. – М.: Изд. НУМЦ Госкомэкологии РФ, 1999.
38. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. – М.: Стройиздат, 1973.
39. Алексеев В.С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. – М.: Стройиздат, 1990.
40. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры. – М.: Стройиздат, 1992.
41. Мезенева Е.А. Совершенствование водозаборно-очистных сооружений фильтрующего типа: Автор. дис. канд. техн. наук. – Н.Новгород, 1993.
42. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Госстройиздат, 1971.
43. Wegelin M., Boller M. Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. – Aqua, 1988, N3, p.115-127.
44. Журба М.Г., Мезенева Е.А., Чудновский С.М. Очистка в водозаборном узле // Метроном, 1996. – №6. – С. 43- 48.
45. Черепашинский М.А. Водоснабжение. – С.-Пб., 1905.
46. Сурин А.А. Водоснабжение. – Ч.1. Вода и водосборные сооружения. – М.-Л.:ОНТИ, 1932.
47. Стрелков А.К., Быкова П.Г. и др. Способы и сооружения для очистки природных и сточных вод. – Куйбышев: Изд. Куйбышевск. госуниверситета, 1987.

48. Журба М.Г. Микроорошение: проблемы качества воды. – М.: Колос, 1994.
49. Письменский Ф.И. Сборные гравийно-трубчатые галереи // Транспортное строительство. – 1957. – № 1. – С. 14...17.
50. Маньковский Г.П., Ереснов Н.В. и др. Водоснабжение промпредприятий и населенных мест.–Ч. I.– М.–Л.:ОНТИ, 1938.
51. Минц Д.М., Мельцер В.З. Упрощенный метод технологического моделирования процесса фильтрования // Сб. науч. тр. / АКХ. Водоснабжение. – Вып.98. – М. 1973. – С. 128-143.
52. Хазиков Н.Г. Инфильтрационный водозабор в суровых климатических условиях // Сб. тр. / ЛИСИ.–Л., 1968. –Водоснабжение и канализация в Восточной Сибири и Кр. Севере.–С. 87-96.
53. КузовлевГ.М. О проектировании водохранилищных и морских водозаборов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1966. – № 1. – С.18...23.
54. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация инфильтрационных водозаборов. – М.: Стройиздат, 1984.
55. Лосиевский А.И. Борьба с перекатами путем применения "наносоуправляющих" сооружений. – М.: Речиздат, 1940.
56. Вдовин Ю.И. Теория и практика фильтрующего водоприема для систем водоснабжения. – М.: ВИНТИ, 1998.
57. Зубарева Т.В. Использование фильтрационных вод водохранилищ для сельскохозяйственного водоснабжения // Тр. ВНИИГиМ. – Т. XXXIII. – М.: Сельхозгиз, 1961. – С. 36...56.
58. Лушкин И.А.Исследование фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04. - Пенза, 1999. - 204 с
59. Вдовин Ю. И. Водоснабжение населенных пунктов на Севере. — Л.: Стройиздат, 1980, 135 с.

60. Биянов Г. Ф. Плотины на вечной мерзлоте. — М.: Энергия, 1975, 182 с.
61. Вишневская Н.С. Совершенствование технологий водоприема в условиях криолитозоны : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 / Вишневская Надежда Семеновна; [Место защиты: Вологод. гос. техн. ун-т]. - Тольятти-Ухта, 2007. - 213 с. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01003354872>
62. Анисимов А.В. Совершенствование фильтрующих рыбозащитных устройств промышленных и коммунальных водозаборов: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04. - Пенза; Ухта, 2002. - 195 с. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01002325369>
63. Боронина Л.В. Фильтрующий водоприем как способ рыбозащиты на водозаборных сооружениях коммунального и промышленного водоснабжения: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04. - Пенза, 2000. - 231 с. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01000296676>
64. Аржакова С.К. Зимний сток рек криолитозоны России .Санкт-Петербург: Изд-во РГГМУ, 2001. -209с. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01002300123>, http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-504155739.pdf
65. Шевченко Л.В., Коржев С.В. Методы изучения родников. Материалы по дополнительному экологическому образованию учащихся (сборник статей). Вып. I. / Под ред. В.В. Королева и Э.А. Поляковой. — Калуга: Изд-во КГПУ им. К.Э. Циолковского. 2004. С. 163-175. Режим доступа: http://www.koebcu.ru/id-8/id/_1.pdf
66. Аржакова С.К. Расчеты зимнего стока малых и средних рек Якутии в условиях сплошной многолетней мерзлоты. ВАК РФ 11.00.07. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Санкт-Петербург 1993. Режим подачи:

<http://earthpapers.net/raschety-zimnego-stoka-malyh-i-srednih-rek-yakutii-v-usloviyah-sploshnoy-mnogoletney-merzloty>

67. Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура: научно-технический журнал / СГАСУ. – Самара, 2011. – Вып. № 2. - 144 с.
Режим доступа: http://journal.samgasu.ru/vestnik_sgasu/2011_02_00.pdf
68. Пособие к СНиП 2.04.02-84. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод. Стройиздат № 1990. ВНИИ ВОДГЕО.
Режим доступа: https://znaytovar.ru/gost/2/Posobie_k_SNiP_2040284_Posobie6.html
69. Воронина Л.В. Фильтрующий водоприем как способ рыбозащиты на водозаборных сооружениях коммунального и промышленного водоснабжения. Автореферат диссертации по строительству, 05.23.04. г. Пенза. 2000г. Режим доступа:
<http://tekhnosfera.com/filtriruyuschiy-vodopriem-kak-sposob-rybozaschity-na-vodozabornyh-sooruzheniyah-kommunalnogo-i-promyshlennogo-vodosnabzhe>
70. Trueb E. Horizontaldurchflossene Kiesfilter zur Vorreinigung von oberflaechen wasser, besonders in Entwicklungslaendern // 3R International. – 1982. – P. 1...2
71. Fruhling A. Wasserversorgung der Städte. – Berlin, 1904.
72. Wegelin M. Particle Removal by Horizontal – How Roughing Filtration. – Aqua. – 1987. – N 2. – P. 80...88.
73. Hall I.I. A ready-made water filter plant. – Amer. City. – 1987. – Vol. 72. – N 8. – P. 115...126.