

Технологии восполнения запасов пресной воды

А.Ф. Хуснутдинова ^{1*} М.Д. Муравьева ²

^{1,2} Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье УДК 691.87

Аннотация

Пресная вода является самым важным источником для поддержания жизни и главным фактором устойчивого развития всего живого на планете Земля. Рост населения, расширение производства и повышение уровня культурно-бытового обеспечения привело к увеличению потребления пресной воды. С каждым годом потребление пресной воды увеличивается, в связи с этим проблема дефицита водных ресурсов усугубляется. Путем обзора и анализа литературы были изучены проблемы пресной воды и пути ее решения. В статье приведена характеристика современного состояния водных ресурсов. Показаны состав мировых запасов воды, распределение по регионам и доступность. Рассмотрены крупнейшие водохранилища. Сформулированы проблемы, связанные с нехваткой пресной воды и описаны основные методы решения. Подробно рассмотрены технологии пополнения запасов пресной воды. Представлены результаты сравнения технологий по критериям: стоимость внедрения метода, КПД и срок эксплуатации оборудования. Определены наилучшие методы - сбор дождевой воды и биоинженерные технологии с использованием природно-техногенных систем и наихудший метод - экологическая система для очистки мелкомасштабной застойной воды.

Ключевые слова:

биоинженерные технологии; окружающая среда; потребление пресной воды; запасы пресной воды; пресная вода; водоприемник; рекреация; пополнение водных ресурсов

Содержание

1.	Введение	147
2.	Обзор литературы	147
3.	Цель исследования	148
4.	Описание проблемы пресной воды	148
5.	Глобальные тенденции	149
6.	Пути решения	150
7.	Методы пополнения запасов пресной воды	151
8.	Заключение	152

Контактный автор:

- 1*. +7(981)9821078, husnutdinovaalsu@mail.ru (Хуснутдинова Алсу Фанисовна, студент)
2. +7(911)0876378, mariy-muraveva@mail.ru (Муравьева Мария Дмитриевна, студент)

1. Введение

Вода является наиболее важным ресурсом для поддержания жизни человека и любого другого живого существа, но её неравномерное распределение на континентах не раз становилось причиной кризисов и социальных катастроф. Проблема дефицита пресной питьевой воды в мире берет свое начало с древнейших времён, но именно в последнем десятилетии двадцатого века она обозначила себя как одна из глобальных проблем современности. По мере роста населения нашей планеты, значительно увеличивались масштабы водопотребления, и, следовательно, вододефицита, что впоследствии стало приводить к ухудшению условий жизни людей и замедлению экономического развития стран, испытывающих дефицит.

Несмотря на то, что пресной воды на планете остаётся всё меньше и меньше, люди неразумно используют её, нарушая экологический баланс. Развитие промышленности и культурно-бытового обеспечения губительно сказываются на экологии и водных запасах стран. В сложившихся условиях установлено, что уже каждый шестой человек на планете испытывает нехватку пресной питьевой воды. И ситуация будет только усугубляться. Недостаток воды вскоре может привести к развитию и усугублению уже существующих глобальных экологических, демографических и других подобных проблем. Если на данном этапе не отнестись со всей серьезностью к разработке новых способов рекреации пресной воды для решения проблемы ее нехватки, то однажды уровень нехватки воды превысит определенную условную грань и будет уже слишком поздно.

Нерешенность глобальной проблемы пресной питьевой воды угрожает самому существованию человечества. Люди вынуждены использовать для питьевых целей воду из небезопасных источников, не соответствующую гигиеническим требованиям, что является серьезной угрозой для их здоровья. Эта проблема приводит к поиску более эффективных методов и технологий восполнения запасов пресной питьевой воды.

2. Обзор литературы

С ростом населения увеличивается нехватка пресной воды. Вода является важным ресурсом не только для экономического роста страны, но и для выживания. Большой вклад в изучение проблемы восполнения запасов пресной воды внесли следующие российские и зарубежные исследователи: Кривицкий С.В., Опекунова Н.А., А.С. Магомадов, Ю.В. Королева, Somaratne N., Smettem K., Lawson J., Nguyen K., Frizenschaf J., Семёнов И.Е., Ferrier R. C., Wright R. F., Jenkins A., Barth H., Zhongqiang Wang, Yao Shi, Mingming Chen, Chunguang He, Jie Zhuang, Lianxi Sheng, Gross A., Kaplan D., Baker K., Singh L.K., Jha M.K., Chowdary V.M., Калиев А.Ж., Дамрин А.Г., С.М. Романова, С.И. Кондратов, А.П. Купрюшин, А.А. Чудаков, С.С. Уланова.

Решение проблемы нехватки пресной воды путем внедрения новых технологий не остались без внимания исследователей [1-3, 16-20].

Кривицкий С.В., Опекунова Н.А. предложили использовать биоинженерные технологии для сохранения и обеспечения высокого качества воды с использованием природно-техногенных систем, осуществляющих цикл водоотведения, очистки и накопления водных ресурсов для вторичного использования. Было предложено отводимую с любой территории воду посредством дренажных, ливневых и бытовых сетей после очистки на локальных сооружениях собирать в пруды-накопители для дальнейшего использования в рекреационных целях [1].

Магомадов А.С., Королева Ю.В. предложили метод добычи воды из атмосферного воздуха с использованием природных энергетических факторов [2].

Семёнов И.Е. предложил установку для получения пресной воды путём конденсации атмосферной влаги на системы развёрнутых конденсирующих поверхностей, обдуваемых влажным атмосферным воздухом [3].

Somaratne N., Smettem K., Lawson J., Nguyen K., Frizenschaf J. изучили три системы подземных вод в карстовых условиях с преобладанием пополнения точечных источников, чтобы оценить относительные вклады в суммарную подпитку от точечных источников [16].

Ferrier R. C., Wright R. F., Jenkins A., Barth H. разработали проект для оценки нынешнего и будущего антропогенного давления на чувствительные европейские пресноводные экосистемы [17].

Zhongqiang Wang, Yao Shi, Mingming Chen, Chunguang He, Jie Zhuang, Lianxi Sheng предложили экологическую систему с подъемным устройством для людей с водой и построенным на берегу береговым забором для очистки мелкомасштабной застойной воды [18].

Gross A., Kaplan D., Baker K. изучили работу рециркулированного вертикального биореактора потока, разработанного для удаления химических загрязнителей, индикаторных организмов и условно-патогенных микроорганизмов из грунтовых вод [19].

Singh L.K., Jha M.K., Chowdary V.M. представили технически надежную и прагматичную методологию оценки потенциала сбора дождевой воды и определили подходящие участки для структур сбора дождевой воды и искусственной подпитки с использованием многокритериального анализа решений на основе географической информационной системы (GIS) [20].

Проблема загрязнения водоемов и экологическая оценка химического состава воды была приведена в следующих работах [4-7].

Калиев А.Ж., Дамрин А.Г. провели исследования и разработали основные направления экологической оптимизации искусственных водоёмов [4].

Романова С.М. предложили создавать водохранилища на основе пресных или соляных озёр и рассмотрели общие закономерности формирования их химического состава [5].

Кондратов С.И., Купрюшин А.П., Чудаков А.А. рассмотрели проблемы, связанные с проектированием водоемов для рекреации и разработали мероприятия по сохранению водоемов, и прилегающих к ним территорий суши при проектировании зон отдыха [6].

Уланова С.С., Матышков К.В. предложили организацию специальной информационной системы наблюдения и анализа состояния искусственных водоемов – комплексного геоэкологического мониторинга водохранилищ на базе геосистемного подхода [7].

Однако, не смотря на большой объем исследований, посвященных данной теме, проблема восполнения запасов пресной воды является по-прежнему актуальной.

3. Цель исследования

Целью исследования является рассмотрение методов получения пресной воды по некоторым критериям и выявление наиболее оптимального метода.

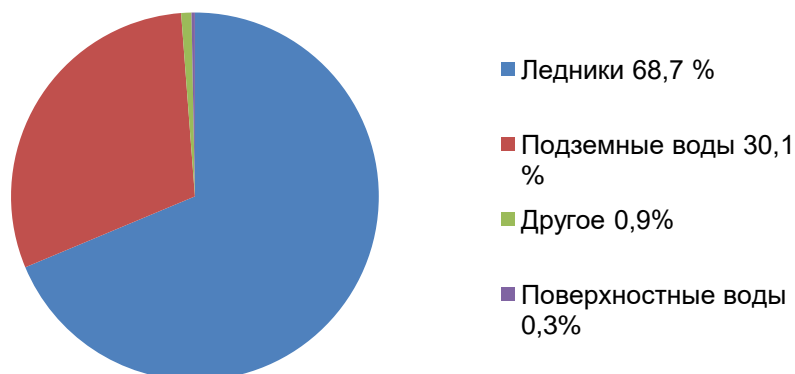
4. Описание проблемы пресной воды

На нашей планете сосредоточены огромные запасы водных ресурсов – 70% (1 386 млн км³) поверхности земного шара покрыто водой, при этом всего 2,5% от общего объема водных ресурсов составляют пресные воды.

Мировые запасы водных ресурсов



Мировые запасы пресной воды



Именно пресная вода является самым важным источником для поддержания жизни и главным фактором устойчивого развития всего живого на планете Земля, но её неравномерное распределение по различным регионам не раз становилось причиной кризисов и социальных катастроф.

Всемирная организация здравоохранения предоставила следующие данные:

- Почти треть всех жителей планеты испытывают трудности из-за дефицита пресной воды.
- Примерно 800 млн. человек вынуждены употреблять грязную воду, так как не имеют доступа к чистым пресным источникам.
- 80% всех заболеваний на планете возникают из-за отсутствия питьевой воды.

5. Глобальные тенденции

Рост населения, расширение производства и повышение уровня культурно-бытового обеспечения привело к увеличению потребления пресной воды. С каждым годом потребление пресной воды увеличивается, в связи с этим проблема дефицита водных ресурсов усугубляется.

Следует обратить внимание на то, что мировой расход пресной воды с 1990 по 1995 год возрос в 6 раз, в то время как население планеты увеличилось в два раза. Можно сделать вывод: проблема недостатка пресной водой будет только обостряться.

В ближайшем будущем питьевая вода во многих странах будет являться дефицитным продуктом, а водоснабжение будет возможно благодаря импорту пресной воды, а также за счет различных, как правило, дорогостоящих, технологий опреснения и очистки. Сложности возникнут с водой для технических нужд. Подобная ситуация уже сейчас ощущается во многих аграрных и густонаселенных промышленных странах [15].

Таблица 1. Распределение мировых ресурсов пресной воды по крупным регионам

№	Мир, регионы	Ресурсы, тыс. км ³	На душу населения, м ³
1	Весь мир	41,0	7,2
2	Европа	6,2	8,6
3	Азия	13,2	3,8
4	Африка	4,0	5,5
5	Северная Америка	6,4	15,4
6	Южная Америка	9,6	29,8
7	Австралия и Океания	1,6	56,5

Австралия и Океания по абсолютным запасам воды находятся на последнем месте, но вследствие малочисленности населения имеют самые высокие показатели удельной обеспеченности водой.

Данные таблицы 1 позволяют сделать несколько интересных выводов. Следует отметить, что распределение стран по первому и второму показателю сильно отличается. Видно, что Австралия и Океания по абсолютным запасам воды находятся на последнем месте, но вследствие малочисленности населения имеют самые высокие показатели обеспеченности водой на душу населения. Наибольшими резервами пресной воды располагает Азия, население которой составляет 3,7 млрд. человек, вследствие чего в этом регионе наблюдается дефицит пресной воды. На второй позиции по обеспеченности пресной водой располагается Южная Америка, так как на этом континенте протекает самая полноводная река мира - Амазонка. Африка является беднейшим регионом мира по запасам пресной воды. Это связано с засушливым климатом и низким уровнем социально - экономического развития большинства стран континента

В большей степени отличаются по обеспеченности и запасам пресной водой отдельные страны. Рассмотрим наиболее богатые и бедные пресной водой страны.

Таблица 2. Первые десять стран по ресурсам пресной воды

№	Страна	Ресурсы, км ³	На душу населения, тыс. м ³
1	Бразилия	6950	43,0
2	Россия	4500	30,5
3	Канада	2900	98,5
4	Китай	2800	2,3
5	Индонезия	2530	12,2
6	США	2480	9,4
7	Бангладеш	2360	19,6
8	Индия	2085	2,2
9	Венесуэла	1320	60,3
10	Мьянма	1080	23,3

В данной таблице распределение по ресурсам и удельной обеспеченности резко отличается, причем в каждом отдельно взятом случае такое различие связано с климатическими и демографическими показателями. В плотнонаселенных или засушливых странах с большим количеством водных ресурсов низкая обеспеченность водными ресурсами на душу населения, как в случае с Китаем и Индией. Нельзя не отметить, что в мире есть страны в меньшей степени обеспеченные пресной водой страны, где на душу населения приходится менее 1 тыс. м³ воды. Наиболее яркие примеры подобного рода можно найти в Северной Африке (Алжир - 520 м³, Тунис - 440 м³, Ливия - 110 м³) и в странах Персидского залива (Саудовская Аравия - 250 м³, Кувейт - 100 м³). Следует подчеркнуть, что пресная вода, которая имеется в данных странах, очень загрязненная, что является основной причиной многих опасных заболеваний [13].

6. Пути решения

На данный момент, в мире имеется несколько вариантов решения проблемы дефицита пресной воды. В первую очередь, международное регулирование. На сегодняшний день международное сообщество реализует Стратегию Всемирного водного совета. Стратегия заключается в совершенствовании гидрополитики по управлению водными ресурсами, вовлечение основных водопользователей для преодоления глобального кризиса водных ресурсов, укрепление регионального сотрудничества в целях экономического развития.

Огромную значимость в решении проблемы дефицита водных ресурсов имеют водохранилища, которые будут регулировать речной сток.

В настоящее время в мире введено в эксплуатацию примерно 60 тыс. водохранилищ и каждый год строятся сотни новых. Объем имеющихся водохранилищ достигает 7 тыс. км³. Большинство крупнейших рек, таких как Ангара, Волга, Миссисипи, Колорадо, Теннесси превращено в каскады водохранилищ. По мнению ученых, к середине XXI века водохранилища будут занимать 70% речных систем планеты.

Водоохранилища построены на всех континентах (кроме Антарктиды), во всех странах, во всех географических зонах (за исключением арктической). Однако из-за разнообразия природных, социальных, политических и экономических условий, водохранилища расположены на территории Земли и внутри большинства стран неравномерно.

В Европы располагаются, как правило, маленькие и средние по объему водохранилища. Однако в европейской части России, Норвегии, Финляндии, Греции, Испании есть водохранилища, объем которых превышает нескольких кубических километров. В Северной Америки построено более 3000

водохранилищ, а в Южной Америки их менее 500. На территории Азии, Африки и Австралии существует около 3700 водохранилищ. Крупнейшие водохранилища приведены в таблице 3.

Таблица 3. Крупнейшие водохранилища мира по объему воды

№	Водоохранилище	Страна
1	Виктория	Кения, Танзания, Уганда,
2	Братское	Россия
3	Кариба	Замбия, Зимбабве
4	Насер	Египет, Судан
5	Вольта	Гана
6	Даниель-Джонсон	Канада
7	Гури	Венесуэла

Большинство крупных и средних водохранилищ имеют комплексное назначение. Малые водохранилища зачастую создаются для решения одной конкретной задачи – либо для энергетических целей, либо для целей орошения.

7. Методы пополнения запасов пресной воды

1) **Метод:** Биоинженерные технологии с использованием природно-техногенных систем.

Суть метода: Отводимая с территории вода посредством дренажных, ливневых и хозяйственно-бытовых сетей после очистки собирается в пруды-накопители, а не сбрасывается на рельеф или в водосток. Стоки, очищенные на локальном очистительном сооружении, направляют на гидроботаническую площадку, а после - в водоем-накопитель, в котором особым образом формируется гидроэкосистема, позволяющая создать в водоеме воду, близкую природной.

2) **Метод:** Добыча воды из атмосферного воздуха с использованием природных энергетических факторов.

Суть метода: Выделение влаги из воздуха - процесс массообмена. Для его осуществления необходимо различие потенциалов в разных точках среды или разность парциальных давлений водяных паров, которую можно реализовать различными технологическими способами. Осушение воздуха можно производить с помощью воздухоосушительных установок сорбционного типа. По мере увлажнения сорбента, эффективность процесса осушения уменьшается. Поэтому сорбент периодически необходимо регенерировать, то есть, выпаривать. Производится регенерация влаги, поглощенной сорбентом, продувкой адсорбента горячим газом-носителем; нагревом слоя извне или изнутри нагревательными элементами; вытеснением поглощенного вещества лучше сорбирующимся веществом; додачей в слой адсорбента подогретого, преимущественно сухого инертного газа; при использовании вакуума; продувкой адсорбента частью осушенного газа с пониженным давлением.

3) **Метод:** Получение пресной воды при помощи технологии «Роса-1».

Суть метода: Разработана конструкция стационарной установки «Роса-1» с расчётной производительностью 20–40 м³ пресной воды в сутки. Она предназначена для получения пресной воды путём интенсивной конденсации атмосферной влаги на системы развёрнутых конденсирующих поверхностей, обдуваемых влажным атмосферным воздухом. В качестве конденсатора используется высокоэффективная система конденсирующих плоских тонкостенных панелей, а в качестве источника холода - поверхностные слои земли на некоторой глубине.

4) **Метод:** Экологическая система для очистки мелкомасштабной застойной воды.

Суть метода: Разработана экологическая система с подъемным устройством для людей с водой, береговым забором и построенными на берегах водно-болотными угодьями, состоящими из двух абсорбционных субстратов клинкера, вулканического пепла и желтого ириса. Она циркулирует в стоячей воде, увеличивая содержание растворенного кислорода более чем на 45% и уменьшая химическую потребность в кислороде на 20-45%. При этом происходит поглощение питательных веществ питательными веществами. А это, в свою очередь, способ удаления загрязнителей азота и фосфора из воды.

5) **Метод:** Рециркулированный вертикальный биореактор потока.

Суть метода: С помощью рециркулированного вертикального биореактора потока производится обработка грунтовых вод, которая снижает концентрацию выбросов общего аммиачного азота, общего взвешенного твердого вещества, бора и анионных поверхностно-активных веществ.

6) **Метод:** Сбор дождевой воды.

Суть метода: Сбор дождевой воды является многообещающим инструментом для дополнения поверхностных и подземных вод для преодоления дисбаланса между водоснабжением и спросом в изменяющихся климатических условиях. Метод заключается в сборе и хранении дождевой воды в искусственных водоемах, прудах, перколяционных резервуарах вдоль ручьев, контрольных дамб и тп.

Таблица 4. Сравнение методов по критериям по шкале от 1 до 5

Название метода	Критерии оценки		
	Стоимость внедрения метода	КПД	Срок эксплуатации оборудования
Биоинженерные технологии с использованием природно-техногенных систем	3	3	5
Добыча воды из атмосферного воздуха с использованием природных энергетических факторов	3	2	4
Получение пресной воды при помощи технологии «Роса-1»	4	5	3
Экологическая система для очистки мелкомасштабной застойной воды	5	4	3
Рециркулированный вертикальный биореактор потока	5	5	4
Сбор дождевой воды	1	1	5

По результатам сравнения можно выделить методы:

1. Сбор дождевой воды как наиболее дешевый и долговечный;
2. Получение пресной воды при помощи технологии «Роса-1» и использование рециркулированного вертикального биореактора потока как наиболее полезные.

Наилучшие методы по сумме критериев - биоинженерные технологии с использованием природно-техногенных систем и сбор дождевой воды.

Наихудший метод по сумме критериев - экологическая система для очистки мелкомасштабной застойной воды.

8. Заключение

На данный момент проблема восполнения запасов пресной воды является чрезвычайно актуальной, ее нерешенность в короткие сроки может привести человечество к вымиранию. Поэтому необходимо осуществлять поиск более эффективных методов и технологий рекреации запасов питьевой воды.

В данной статье, по определенным критериям (стоимость внедрения метода, КПД, срок эксплуатации оборудования) рассмотрено 6 методов получения пресной воды. По итогам проведенных

исследований выявлено несколько наиболее оптимальных методов восполнения запасов пресной воды: биоинженерные технологии с использованием природно-техногенных систем и сбор дождевой воды.

Также, как наиболее полезные, нами были выделены еще 2 метода: получение пресной воды при помощи технологии «Роса-1» и использование рециркулирующего вертикального биореактора потока. Но, несмотря на это, сегодня их реализация является чрезвычайно дорогостоящей.

Таким образом, проблема стремительного истощения запасов пресной воды должна решаться комплексно, в масштабах планеты, путем проведения соответствующей экономической и демографической политики, а также путем внедрения и разработки различных инновационных методик и технологий восполнения резервов питьевой воды. В перспективе, основные усилия стран должны быть направлены на совершенствование управления водными ресурсами, увеличение вложений в сбор и очистку сточных вод, опреснение, расширение сетей водоснабжения и пополнение водных запасов.

Благодарности

Авторы выражают признательность научному консультанту Исса Того, к.т.н., доцент за оказанную помощь при проведении данного исследования и написании настоящей статьи.

Литература

- [1]. Кривицкий С.В., Опекунова Н.А. К вопросу формирования природно-техногенной системы водоотведения поверхностных стоков// Вестник МГСУ. 2010. №4(2). С. 170-174.
- [2]. Семёнов И.Е. Проблема нехватки пресной воды и пути её решения// Сантехника, отопление, кондиционирование. 2015. №12(168). С. 36-41.
- [3]. Калиев А.Ж., Дамрин А.Г. О некоторых направлениях оптимизации искусственных водоёмов Южного Урала// Вестник оренбургского государственного университета. 2013. №10(159). С. 311-314.
- [4]. Романова С.М. Особенности химического состава воды водохранилищ, созданных на основе пресных и соляных высыхающих озёр, лиманов// Гидрометеорология и экология. 2015. №8(18). С. 134-142.
- [5]. Кондратов С.И., Купрюшин А.П., Чудаков А.А. Создание искусственных водоемов для рекреации// Вестник воронежского государственного технического университета. 2009. №5(3). С. 127-129.
- [6]. Уланова С.С., Маштыков К.В. Экологический мониторинг искусственных водоемов республики Калмыкии на примере Чограйского водохранилища// Аграрный научный журнал. 2015. №1. С. 40-44.
- [7]. Лазарева Г.А., Панина Е.В. Экологическое состояние искусственных водных объектов (на примере северной и южной водоотводных канав г. Дубна)// Вестник московского государственного областного университета. 2016. №1. С. 70-77. Статья в журнале: Юрченко В.В.
- [8]. Новиков В.А. Проблема накопления фитомассы в мелководных искусственных водоёмах (на примере озёр верховий воронежского водохранилища)// Современные проблемы науки и образования. 2013. №6. С. 729.
- [9]. Калугин О.А. Вода как важнейший фактор глобальной экономики// Вестник РГГУ. 2010. №6(49). С. 92-94.
- [10]. Уланова С.С. Геоэкологический мониторинг искусственных водоемов республики Калмыкия на базе геосистемного подхода//

References

- [1]. Krivitskiy S.V., Opekunova N.A. K voprosu formirovaniya prirodno-tekhnogennoy sistemy vodootvedeniya poverkhnostnykh stokov [To the issue of formation of a natural and technogenic system of wastewater disposal of surface run-off]. Vestnik MGSU. 2010. No.4(2). Pp. 170-174. (rus)
- [2]. Semenov I.E. Problema nekhvatki presnoy vody i puti ee resheniya [The problem of insufficient fresh water and ways to address this issue]. Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie. 2015. No.12(168). Pp. 36-41. (rus)
- [3]. Kaliev A.Zh., Damrin A.G. O nekotorykh napravleniyakh optimizatsii iskusstvennykh vodoemov Yuzhnogo Urala [About some directions of optimization of artificial lakes of the southern urals]. Vestnik orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. No.10(159). Pp. 311-314. (rus)
- [4]. Romanova S.M. Osobennosti khimicheskogo sostava vody vodokhranilishch, sozdannykh na osnove presnykh i solyanykh vysykhayushchikh ozer, limanov [The specific of the chemical composition of fresh water in pond established on the basis of fresh and salt drying up lakes, estuaries]. Hidrometeorologiya i ekologiya. 2015. No.8(18). Pp. 134-142. (rus)
- [5]. Kondratov S.I., Kupryushin A.P., Chudakov A.A. Sozdanie iskusstvennykh vodoemov dlya rekreatsii [Construction of artificial reservoirs for recreation]. Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2009. No.5(3). Pp. 127-129. (rus)
- [6]. Ulanova S.S., Mashtykov K.V. Ekologicheskii monitoring iskusstvennykh vodoemov respublik Kalmykii na primere Chograyskogo vodokhranilishcha [Ecological monitoring of artificial reservoirs on the example of the chogray reservoir (republic of Kalmykia)]. Agrarnyy nauchnyy zhurnal. 2015. No.1. Pp. 40-44. (rus)
- [7]. Lazareva G.A., Panina E.V. Ekologicheskoe sostoyanie iskusstvennykh vodnykh ob'ektov (na primere severnoy i yuzhnoy vodootvodnykh kanav g. Dubna) [Ecological state of artificial water objects (for example, north and south water drainage ditches of Dubna)]. Vestnik moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. 2016. No.1. Pp. 70-77. Stat'ya v zhurnale: Yurchenko V.V. (rus)
- [8]. Novikov V.A. Problema nakopleniya fitomassy v melkovodnykh iskusstvennykh vodoemakh (na primere ozer verkhoviy voronezhskogo vodokhranilishcha) [Problem of accumulation of biomass in shallow artificial reservoirs (on the example of lakes of upper courses of the voronezh water reservoir)]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. No.6. Pp. 729. (rus)

- Вестник тамбовского университета. 2014. №5(19). С. 1597-1600.
- [11]. Торкунов А.В., Орлов А.А., Чечевишников А.Л., Алексеенкова Е.С., Боришполец К.П., Крылов А.В., Куденева Ю.С., Мизин В.И., Никитин А.И., Федорченко А.В., Чернявский С.И. Проблема пресной воды. Глобальный контекст политики России // Ежегодник института международных исследований московского государственного института международных отношений (университета) министерства иностранных дел Российской Федерации. 2013. №1(3). С. 8-65.
- [12]. Абдрахманов Р.Ф., Батанов Б.Н., Мустафин Р.Ф. Озера и водохранилища башкирского Зауралья, использование их в народном хозяйстве // Вестник башкирского государственного аграрного университета. 2010. №3(39). С. 7-12.
- [13]. Ларионов В.Г., Шереметьева Е.Н. Современное состояние мировых водных ресурсов и основные направления по увеличению их доступности // Известия байкальского государственного университета. 2015. №25(4). С. 590-596.
- [14]. Магоматов А.С., Королева Ю.В. Нетрадиционный источник получения пресной воды // Научные труды кубанского государственного технологического университета. 2014. №6. С. 215-218.
- [15]. Диденков Ю.Н., Бычинский В.А., Чернышова З.В. Пресная вода как продукт эволюции байкальского рифтогенеза // Известия юго-западного государственного университета. 2012. №2(2). С. 222-227.
- [16]. Somaratne N., Smettem K., Lawson J., Nguyen K., Frizenschaf J. Hydrological functions of sinkholes and characteristics of point recharge in groundwater basins. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 2013. No.10(9). Pp.11423-11449.
- [17]. Ferrier R. C., Wright R. F., Jenkins A., Barth H. Predicting recovery of acidified freshwaters in Europe and Canada: an introduction. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2003. No.7(4). Pp.431-435.
- [18]. Zhongqiang Wang, Yao Shi, Mingming Chen, Chunguang He, Jie Zhuang, Lianxi Sheng Purification of small-scale stagnant water in urban regions: Human-powered water lift and bank-based constructed wetland. *Ecological Engineering*. 2015. No.83(10) Pp.108–111.
- [19]. Gross A., Kaplan D., Baker K. Removal of chemical and microbiological contaminants from domestic greywater using a recycled vertical flow bioreactor (RVFB). *Ecological Engineering*. 2007.No.31(2). Pp.107-114.
- [20]. Singh L.K., Jha M.K., Chowdary V.M. Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply. *Journal of Cleaner Production*. 2017. No.142(20). Pp.1436-1456.
- [21]. Bosma Roel H., Verdegem Marc C.J. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science*. 2011. No.139(7). Pp.58–68.
- [9]. Kalugin O.A. Voda kak vazhneyshiy faktor global'noy ekonomiki [Water as the most important factor of the global economics]. *Vestnik RGGU*. 2010. No.6(49). Pp. 92-94. (rus)
- [10]. Ulanova S.S. Geoekologicheskiy monitoring iskusstvennykh vodoemov respubliki Kalmykiya na baze geosistemnogo podkhoda [Geoeological monitoring of artificial reservoirs of republic of kalmykia on base of geosystem approach]. *Vestnik tambovskogo universiteta*. 2014. No.5(19). Pp. 1597-1600. (rus)
- [11]. Torkunov A.V., Orlov A.A., Chechevishnikov A.L., Alekseenkova E.S., Borishpolets K.P., Krylov A.V., Kudeneeva Yu.S., Mizin V.I., Nikitin A.I., Fedorchenko A.V., Chernyavskiy S.I. Problema presnoy vody. Global'nyy kontekst politiki Rossii [The Problem of fresh water: the global context of Russia's policy]. *Ezhegodnik instituta mezhdunarodnykh issledovaniy moskovskogo gosudarstvennogo instituta mezhdunarodnykh otnosheniy (universiteta) ministerstva inostrannykh del Rossiyskoy Federatsii*. 2013. No.1(3). Pp. 8-65. (rus)
- [12]. Abdrakhmanov R.F., Batanov B.N., Mustafin R.F. Ozera i vodokhranilishcha bashkirskogo Zaural'ya, ispol'zovanie ikh v narodnom khozyaystve [Lakes and water-storage basins of bashkir trans-urals and their use in the national economy]. *Vestnik bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010. No.3(39). Pp. 7-12. (rus)
- [13]. Larionov V.G., Sheremet'yeva E.N. Sovremennoe sostoyanie mirovykh vodnykh resursov i osnovnye napravleniya po uvelicheniyu ikh dostupnosti [The current state of the world's water resources and main directions for increasing their availability]. *Izvestiya baykal'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. No.25(4). Pp. 590-596. (rus)
- [14]. Magomadov A.S., Koroleva Yu.V. Netraditsionnyy istochnik polucheniya presnoy vody [Unconventional source of fresh water]. *Nauchnye trudy kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. No.6. Pp. 215-218. (rus)
- [15]. Didenkov Yu.N., Bychinskiy V.A., Chernyshova Z.V. Presnaya voda kak produkt evolyutsii baykal'skogo riftingeneza [Fresh water as a product of evolution baikal rifting]. *Izvestiya yugo-zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012. No.2(2). Pp. 222-227. (rus)
- [16]. Somaratne N., Smettem K., Lawson J., Nguyen K., Frizenschaf J. Hydrological functions of sinkholes and characteristics of point recharge in groundwater basins. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 2013. No.10(9). Pp.11423-11449.
- [17]. Ferrier R. C., Wright R. F., Jenkins A., Barth H. Predicting recovery of acidified freshwaters in Europe and Canada: an introduction. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2003. No.7(4). Pp.431-435.
- [18]. Zhongqiang Wang, Yao Shi, Mingming Chen, Chunguang He, Jie Zhuang, Lianxi Sheng Purification of small-scale stagnant water in urban regions: Human-powered water lift and bank-based constructed wetland. *Ecological Engineering*. 2015. No.83(10) Pp.108–111.
- [19]. Gross A., Kaplan D., Baker K. Removal of chemical and microbiological contaminants from domestic greywater using a recycled vertical flow bioreactor (RVFB). *Ecological Engineering*. 2007.No.31(2). Pp.107-114.
- [20]. Singh L.K., Jha M.K., Chowdary V.M. Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply. *Journal of Cleaner Production*. 2017. No.142(20). Pp.1436-1456.

- [22]. Degefu D.M., He W.J., Yuan L., Zhao J.H. Water Allocation in Transboundary River Basins under Water Scarcity: a Cooperative Bargaining Approach. *Water Resources Management*. 2016. No.12(09). Pp. 4451-4466.
- [23]. Bouwer H. Integrated water management for the 21st century: Problems and solutions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2002.No.4. Pp.193-202.
- [24]. Emch P.G., Yeh W.W.G. Management model for conjunctive use of coastal surface water and ground water. *Journal of Water resources, Planning and Management*. 1998. No.124(3).Pp.129-139.
- [25]. Chaudhari P.R., Verma S., Jha B.K., Singh D.K. Integrated Water-Less Management of Night Soil for Depollution of Water Resources and Water Conservation. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2016. No.6(5). Pp.47-53.
- [26]. Marce R., George G., Buscarinu P., Deidda M., Dunalska J., de Eyto E., Flaim G., Grossart H.P., Istvanovics V., Lenhardt M. Automatic High Frequency Monitoring for Improved Lake and Reservoir Management. *Environmental Science & Technology*. 2016. No.50(20). Pp.10780-10794.
- [27]. Nazir H.M., Hussain I., Zafar M.I., Ali Z., AbdEl-Salam N.M. Classification of Drinking Water Quality Index and Identification of Significant Factors. *Water resources management*. 2016. No.30(12). Pp. 4233-4246.
- [28]. Tian-Xue Yang, Lian-Xi Sheng, Jie Zhuang, Xian-Guo Lv, Yan-Peng Cai Function, restoration, and ecosystem services of riverine wetlands in the temperate zone. *Ecological Engineering*. 2017.
- [29]. Bernd Zabel, Phil Hawes, Hewitt Stuart, Bruno D.V Marino Construction and engineering of a created environment: Overview of the Biosphere 2 closed system. *Ecological Engineering*. 1999. No. 13(06). Pp.43–6314.
- [30]. Olguin E. J., Sanchez-Galvan G., Melo F. J., Hernandez V. J., Gonzalez-Portela R. E. Long-term assessment at field scale of Floating Treatment Wetlands for improvement of water quality and provision of ecosystem services in a eutrophic urban pond. *Science of The Total Environment*. 2017.
- [21]. Bosma Roel H., Verdegem Marc C.J. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science*. 2011. No.139(7). Pp.58–68.
- [22]. Degefu D.M., He W.J., Yuan L., Zhao J.H. Water Allocation in Transboundary River Basins under Water Scarcity: a Cooperative Bargaining Approach. *Water Resources Management*. 2016. No.12(09). Pp. 4451-4466.
- [23]. Bouwer H. Integrated water management for the 21st century: Problems and solutions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 2002.No.4. Pp.193-202.
- [24]. Emch P.G., Yeh W.W.G. Management model for conjunctive use of coastal surface water and ground water. *Journal of Water resources, Planning and Management*. 1998. No.124(3).Pp.129-139.
- [25]. Chaudhari P.R., Verma S., Jha B.K., Singh D.K. Integrated Water-Less Management of Night Soil for Depollution of Water Resources and Water Conservation. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2016. No.6(5). Pp.47-53.
- [26]. Marce R., George G., Buscarinu P., Deidda M., Dunalska J., de Eyto E., Flaim G., Grossart H.P., Istvanovics V., Lenhardt M. Automatic High Frequency Monitoring for Improved Lake and Reservoir Management. *Environmental Science & Technology*. 2016. No.50(20). Pp.10780-10794.
- [27]. Nazir H.M., Hussain I., Zafar M.I., Ali Z., AbdEl-Salam N.M. Classification of Drinking Water Quality Index and Identification of Significant Factors. *Water resources management*. 2016. No.30(12). Pp. 4233-4246.
- [28]. Tian-Xue Yang, Lian-Xi Sheng, Jie Zhuang, Xian-Guo Lv, Yan-Peng Cai Function, restoration, and ecosystem services of riverine wetlands in the temperate zone. *Ecological Engineering*. 2017.
- [29]. Bernd Zabel, Phil Hawes, Hewitt Stuart, Bruno D.V Marino Construction and engineering of a created environment: Overview of the Biosphere 2 closed system. *Ecological Engineering*. 1999. No. 13(06). Pp.43–6314.
- [30]. Olguin E. J., Sanchez-Galvan G., Melo F. J., Hernandez V. J., Gonzalez-Portela R. E. Long-term assessment at field scale of Floating Treatment Wetlands for improvement of water quality and provision of ecosystem services in a eutrophic urban pond. *Science of The Total Environment*. 2017.

**Хуснутдинова А.Ф., Муравьева М.Д.,
Технологии восполнения запасов пресной
воды // Alfabuild. 2017. №1 (1). С. 146-156**

**Khusnutdinova A.F., Muraveva M.D. Fresh water
replenishment technologies. Alfabuild, 2017, 1 (1),
Pp. 146-156(rus)**

Fresh water replenishment technologies

A.F. Khusnutdinova ^{1*} M.D. Muraveva ²

^{1,2} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

Fresh water is the most important source for maintaining of life and the main factor of sustainable development of all alive organisms. Growing population, expansion of production led to fast growing consumption of fresh water. The problem of deficiency of water resources becomes more extensive because of annual increase of water consumption. The aim of this article is to define the most optimum technology of fresh water replenishment. Having studied literature on this subject, we selected several methods of replenishment of reserves of fresh water: extraction of water from free air with using natural power factors, collecting rain water, bioengineering technologies with using of natural and technogenic systems; receiving fresh water by the stationary purifier "Rosa-1", ecological system for purification of a small-scale congestive water, and also the recirculative vertical bioreactor of a stream. Then compared them on three qualities: the cost of introduction of a method, efficiency and a serviceable life of equipment. By means of the analysis of results of comparison, we excreted the best technologies - collecting of rain water and bioengineering technologies with using of natural and technogenic systems, and the worst method - ecological system for purification of small-scale congestive water. We defined the best technology which will help to solve a problem of exhaustibility of water resources. Results of our research can be used for optimization of fresh water replenishment and further researches on this subject.

Keywords:

bioengineering techniques; environment; fresh water consumption; fresh water resources; fresh water; receiving water; recreation; replenishment (water resources).

Corresponding author:

- 1*. +7(981)9821078, husnutdinovaalsu@mail.ru (Khusnutdinova Alsu, Student)
2. +7(911)0876378, mariy-muraveva (Muraveva Maria, Student)