



Я. Л. Хромченко

О ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

12+

Яков Леопольдович Хромченко

О питьевой воде

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=57151353

SelfPub; 2020

ISBN 978-5-532-04822-5

Аннотация

В книге рассматриваются возможности, ограничения и проблемы как централизованного, так и индивидуального питьевого водообеспечения (фильтры, бутилированная питьевая вода). Обсуждаются вопросы питьевой водоподготовки, качества водопроводной воды и ее администрирования в России, а также условия воспроизводимости пресноводных ресурсов и концепции «виртуальной воды» – «водного следа». Показано, что водоемкая продукция и водосберегающие технологии – это приоритетные направления для экономики страны в «постнефтяной» период.

Содержание

| | |
|---|-----|
| От автора | 4 |
| Предисловие | 8 |
| I. О глобальном водном кризисе | 20 |
| II. О природных пресных водах – источниках питьевого водоснабжения | 50 |
| II.1. О распределении планетарных запасов пресной/ питьевой воды | 57 |
| II.2. Об источниках питьевого водоснабжени | 66 |
| II.3. О загрязнениях природных пресных водоисточников | 90 |
| Конец ознакомительного фрагмента. | 103 |

От автора

– Можно ли пить воду из-под крана?

– Какую воду мы пьем?

– А какую воду надо пить?

– Кто в нашей стране отвечает за водопроводную воду?

– Хватит ли нам питьевой воды?

– Что лучше брать для дома – фильтр или воду в бутылках?

– Какой фильтр лучше?

– А дождевая вода полезнее?

– Когда перестанут хлорировать воду?

Как правило, эти и еще с десятков схожих неподъемных вопросов постоянно задают автору.

Интерес этот понятен.

В самом деле, питьевая вода имеет исключительную значимость – и как условие жизни человека, и как условие функционирования любого производства.

В самом деле, недоброкачественная питьевая вода является причиной утраты здоровья, снижения продолжительности жизни и вырождения населения страны на уровне генофонда.

В самом деле, некомпетентное или несвоевременное решение проблем питьевого водообеспечения населения может обернуться национальной катастрофой.

Однако сама постановка этих вопросов, без прояснения массы дополнительных условий, не предполагает однозначных ответов. Разве что со стороны рекламных агентств.

Мудрец сказал: «Для того чтобы правильно задать вопрос, надо знать 90 % ответа».

В этой связи, если настоящая книжка и не ответит на какие-то вопросы потребителей, то, надеюсь, поможет их правильно сформулировать.

Для потребителя продукция в области питьевого водообеспечения ограничивается, в основном,

✓ *водопроводной водой;*

✓ устройствами для очистки и обеззараживания воды индивидуального и коллективного использования (*фильтры*);

✓ питьевой водой, расфасованной в емкости – бутылки, пакеты, канистры и проч. (*бутилированная вода*).

Книга ознакомит потребителя с возможностями и ограничениями централизованного и индивидуального питьевого водообеспечения, а также подскажет ориентиры в выборе той или иной продукции в этой сфере.

Читателю следует иметь в виду, что по целому ряду обсуждаемых здесь вопросов и в научной литературе, и в СМИ представлены самые полярные точки зрения. Материал книги отобран исключительно в соответствии с представлениями и предпочтениями автора, имеющего многолетний опыт

в сфере:

- организации контроля различных водных сред – питьевых, природных и сточных вод;
- проведения оценки эффективности работы водоочистных устройств и сооружений;
- разработки отраслевых нормативных актов.

В книге обсуждаются:

- ✓ важнейшие аспекты питьевого водообеспечения и многосложность процесса питьевой водоподготовки;
- ✓ вопросы воспроизводимости пресноводных ресурсов;
- ✓ масштабы глобального водного кризиса;
- ✓ водоемкость важнейших производств и сельского хозяйства с учетом запасов пресной/питьевой воды;
- ✓ мировые тенденции в решении проблем централизованного питьевого водоснабжения;
- ✓ основные виды продукции в сфере питьевого водообеспечения;
- ✓ вопросы места воды в современной системе хозяйствования, в том числе концепции «*виртуальной воды*» и «*водного следа*»;
- ✓ проблемы администрирования воды в нашей стране и перспективы выхода России на рынок водоемкой продукции.

Последнее особенно важно с учетом ожидаемого истощения нефтяных запасов России.

Хромченко Яков Леопольдович, доктор химических наук,

руководитель Испытательного центра НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды (г. Москва)

Предисловие

«Ни что не начинается тогда, когда начинается. Всё начинается гораздо раньше».

М. И. Веллер

Как известно, основным источником наполнения бюджета Российской Федерации на протяжении последних десятилетий являлось углеводородное сырье – нефть и природный газ.

Информация о запасах российской нефти, представленная сегодня в различных ведомственных материалах и СМИ, достаточно противоречива. Объединяющим выводом можно считать убежденность большинства экспертов в скором исчерпании углеводородного ресурса страны. Дискуссии, в основном, ведутся вокруг сроков этого исчерпания и лежат в пределах от 6 до 35 лет.

То есть при любом сценарии это событие напрямую коснется нынешнего поколения российских граждан. И, похоже, при полной неготовности российской экономики.

По мнению проф. В. Ю. Катасонова, российская экономика в ближайшие годы может оказаться на пороге фатального нефтегазового кризиса, утратив даже нелестный статус *«экономики трубы»*. Запасы *«черного золота»* в стране отнюдь не безграничны, и хватит их ненадолго. А разведанные (еще

во времена СССР) запасы нефти близки к исчерпанию [1].

«Стратегия развития минерально-сырьевой базы РФ до 2035 года», разработанная Минприроды России, показывает, что примерно две трети объема имеющейся в стране нефти приходится на трудноизвлекаемые запасы – преимущественно сланец и нефть арктического шельфа, где себестоимость этой нефти делает ее добычу экономически бессмысленной. Получается, что реальные, «рентабельные» запасы нефти России составляют лишь треть от официальных данных. Для добычи трудноизвлекаемой нефти (той же сланцевой, битумной) у России нет технологий. Но даже когда речь идет о «доступных» запасах нефти, то и здесь отечественная нефтесервисная отрасль (технологии обслуживания скважин) импортозависима более чем на 90 %.

Сейчас эта проблема особенно усложнилась целым рядом санкционных запретов, в том числе на дальнейшее изучение недр шельфа, на участие в сейсморазведке, морском бурении и иных сервисных услугах при глубинах моря свыше 500 футов (152 метра), а также практически на все работы в Арктике.

По мнению проф. Ю. П. Ампилова, в новой ситуации требуется разработать более реалистичную и объективную программу освоения российского шельфа [2].

Эксперты полагают, что в 2022–2023 годах начнется сокращение добычи нефти в России – вначале постепенно (на 1,5–2 % в год), а потом обвально.

Этому противопоставляют другой сценарий, когда общее падение добычи по стране за период 2018–2035 гг. превысит годовой объем экспорта сырой нефти в 2018 году. Экспортировать будет просто нечего. Исходя из «*Бюджетного прогноза РФ на период до 2036 года*» Минфина, нефтяные доходы федерального бюджета к 2036 году опустятся примерно на 40 %. Если в 2018 году они составили 8,8 % ВВП, то в 2036 году их уровень упадет до 3,3 % ВВП [1].

Газета МК приводит такие цифры [3]:

***Стоимость запасов нефти и газа на душу населения
(в трлн долларов США)***

| | |
|---------------------------|-------|
| 1. Катар: | 6 |
| 2. Кувейт: | 4,14 |
| 3. ОАЭ: | 1,64 |
| 4. Туркменистан: | 1,5 |
| 5. Саудовская Аравия: | 1,12 |
| 6. Норвегия: | 0,285 |
| 7. Габон: | 0,26 |
| 8. Экваториальная Гвинея: | 0,258 |
| 9. Казахстан: | 0,236 |
| 10. Россия: | 0,165 |

В 2019 г. Минприроды оценило стоимость всех запасов полезных ископаемых в нашей стране. Конечный показатель эксперты называют шокирующим. По данным министерства, совокупные запасы нефти, газа, золота, меди, железной руды, угля и алмазов России стоят немногим более 55 трлн рублей.

Запасы нефти в России оценены в 39,6 трлн рублей. Стоимость запасов газа составила, по этим оценкам, 11,3 трлн

рублей.

Доказанные запасы нефти в России на конец 2017 года, по расчетам Минприроды, составили 14,5 млрд тонн, природного газа – 35 трлн м³. Аналитики British Petroleum считают, что наша страна на данный момент владеет 13 млрд тонн нефти, а исследователи, использовавшие метод компьютерного моделирования, называют еще меньшую цифру – 11 млрд тонн.

Как заявил министр энергетики РФ А. В. Новак, за последние 10 лет средний дебит скважин снизился на 4 %, при этом бурить приходится почти в два раза больше. Капитальные затраты выросли в 2,8 раза, а стоимость добычи одной тонны нефти – в 2,4 раза. Удерживать добычу на прежнем уровне при стремительном ухудшении качества запасов принципиально невозможно.

По данным Минприроды – *«Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2016 и 2017 годах»* – за указанные два года в стране не было введено в эксплуатацию ни одного нового месторождения газа, не удалось открыть ни одного крупного месторождения нефти, а работы на арктическом шельфе пришлось приостановить. Министерство заявило, что на текущем уровне можно будет удерживать добычу лишь до 2025 г. (и это в том случае, если запасы будут приращиваться), после чего начнется неостановимый обвал, и через 10 лет РФ вынуждена будет полностью отказаться от

экспорта нефти [4].

По последним данным Минприроды России, опубликованным в начале 2020 г., разведанные запасы нефти составляют 9 млрд тонн. Этого хватит, в идеале, на 17 лет добычи, а «голубого топлива» – на 20 лет. На самом деле запасы природного газа истощатся несколько позже, но после исчерпания запасов нефти расход газа, как считают, примет галопирующий характер.

Но точные сроки не столь принципиальны. Важно только то, что углеводороды – это ресурс невозпроизводимый и конечный. И его «конечность» уже очевидна.

По мнению BCS Express, следует постепенно переходить на другие источники энергии, поскольку необходимо повышать эффективность использования капиталовложений и увеличивать производительность труда. «Преимущество доступности углеводородного сырья будет постепенно иссякать вместе с увеличением стоимости невозобновляемых источников энергии» [5].

Многочисленные эксперты, политологи и публицисты всё чаще и всё эмоциональнее поднимают эту тему в СМИ, но на государственном уровне программы, определяющие альтернативные направления экономики России в постнефтяной период, не предлагаются. Похоже, что и не разрабатываются.

Будет ли жизнь в России после нефти? Вопрос не праздный.

Активный поиск доминирующих направлений российской экономики в «постнефтяной» период почему-то идет исключительно на общественных площадках. Обсуждаются разнообразные, даже экзотические предложения. Чаше, к сожалению, нежизнеспособные.

Например, ссылаются на Данию, где осваивают технологию преобразования в нефть всех видов биомассы – осадков сточных вод, навоза, компоста, растительных материалов, отходов домашних и пищевых хозяйств. Утверждают, что энергоэффективность этой «нефти» доходит до 85–90 % от традиционной.

Описывают успехи лаборатории Минэнерго США, где придумали, как превращать в нефть обыкновенные морские водоросли. В природе подобный процесс занимает миллионы лет, тогда как в лабораторных условиях он занимает считанные минуты.

Предлагают атомную энергетику. Хотя капитальные вложения в эту отрасль, включая инфраструктуру, настолько превышают освоение нефтяных или газовых месторождений, что делают этот вариант мегазатратным. Да и последствия аварий на АЭС ликвидируются десятилетиями.

Еще одним вариантом замены углеводородов называют строительство крупных гидроэлектростанций. Но их в России и так уже больше двух десятков. Из-за отсутствия финансирования многие из них продолжают оставаться недостроенными еще с советских времен. Потенциал гидроэлек-

трянаний крайне ограничен: они могут обеспечивать электроэнерчеством лишь близлежащие территории, а поставки электроэнергии на экспорт нерентабельны по причине больших потерь напряжения в многокилометровых сетях.

Не забытыми оказались [6] и:

- гелиоэнергетика – солнечные батареи, водонагреватели, наноантенны;
- гидроэнергетика, то есть использование энергии приливов и волн;
- геотермальная энергетика – получение тепла от геотермальных вод.

В спасители отечественной энергетики прочат термоядерные станции, технологии беспроводной передачи энергии.

Важной статьей пополнения федерального бюджета называют металлы.

Другой формой инвестиций должны стать вложения в население, а именно в высококвалифицированные кадры. Но здесь ребром может встать вопрос востребованности этих элитных специалистов современной российской наукой и промышленностью.

Надежды возлагают на раскрытие потенциала фармацевтического сектора.

Говорят об экотуризме и этнотуризме как о суперприбыльных позициях.

А вместе с тем не понятно, к кому обращаются авторы

этих и многих других предложений. Вопросы следует задавать там, где их решают. Но дело в том, что задачу выбора новой экономической стратегии в «постнефтяной» период как приоритетную не ставит перед собой ни одна государственная структура. Или делает это очень скрытно.

Следует помнить, что при исчерпании запасов углеводородов Россия помимо доходов лишится и энергоносителей, столь необходимых отечественной экономике. Россия из экспортера нефти может стать импортером нефти. А это, по тысяче причин, один из самых скверных сценариев.

Даже при не очень внимательном рассмотрении объективных преимуществ России, наше политико-административно-хозяйственное руководство должно было бы увидеть, с одной стороны, исключительную обеспеченность страны пресноводными ресурсами, а с другой стороны – глобальный водный кризис, который уже превратился в мрачную реальность и мировое пугало.

Совершенно очевидно, что грядет рост спроса (а следовательно, и цен) как на сами водные ресурсы, так и на водоемкую продукцию в целом. В противном случае мировое сообщество ждет столь же очевидная нестабильность с появлением таких новых понятий, да и реалий, как *«водная безопасность»*, *«водная миграция»*, *«водные войны»* и *«водный терроризм»*.

Понятно, что одних физических ресурсов пресной при-

родной воды недостаточно, что «*политика трубы*» в этом случае обречена. Рынок воды несравним с нефтяным ни по мобильности, ни тем более по объему потребления. Тут всё иначе и сложнее. Трансфер воды имеет исключительно бассейновый характер, да и то в большинстве случаев оказывается экономически бессмысленным. Межбассейновая переброска речного стока из региона в регион сопряжена с колоссальными затратами. Подобные проекты лишь в редких, маломасштабных случаях оказываются экономически оправданными. При пересечении границ бассейна затраты на транспортировку воды всегда претерпевают резкий скачок. Так, например, советский проект переброски части стока реки Обь в Центральную Азию оценивался в 300 млрд долларов еще в 80-е годы.

Специалистам ясно, что с усилением глобального водного дефицита необходимо активно развивать технологии интенсивного водопользования. А это изменение структуры не только российской, но и мировой экономики. И изначально колоссальные преимущества здесь, несомненно, на стороне водообеспеченных стран.

То, что водоемкая продукция и водосберегающие технологии – это и есть генеральные направления российской экономики в «постнефтяной» период, было убедительно представлено в целом ряде работ чл. – корр. РАН В. И. Данилова-Данильяна [7, 8], отмечалось в работах проф. А. М. Черняева [9], проф. Т. И. Шишеловой [10] и других специали-

стов.

России более чем пора определиться с тем, что водоемкая продукция и водосберегающие технологии – это приоритетные направления экономики страны в «постнефтяной» период, обеспеченные объективными преимуществами России. А приняв такое решение, следует незамедлительно приступить к созданию условий для его реализации.

Развитие этих направлений предполагает серьезный (не путать с затяжным) подготовительный период, особенно тяжелый в связи с сегодняшним ослабленным научно-производственным потенциалом страны и ее административно-кадровым дефицитом.

Здесь просматриваются два генеральных направления:

- развитие водосберегающих и водоохраных технологий,
- развитие экспортных водоемких производств.

Более подробно эти направления будут обсуждаться ниже.

Востребованность, государственная поддержка и развитие этих направлений станут локомотивом для всех смежных (и не очень) отраслей экономики – химической, металлургической, полимерной, электронной и проч. А высокая наукоемкость этих проектов даст старт для создания институтов подготовки квалифицированных кадров во всех указанных направлениях.

Стоит поторопиться. По сообщению *АРГУМЕНТА* со ссылкой на *Global Research*, крупнейшие игроки мирового рынка (*Goldman Sachs*, *JP Morgan Chase*, *Citigroup* и *Deutsche*

Bank) уже вложились в стремительно растущий рынок, приобретая водоносные горизонты по всему миру и доли в предприятиях, занимающихся разработкой новых методов и средств водоподготовки, опреснения и обеззараживания воды.

И на бытовом уровне стоимость пресной/питьевой воды уже наглядно теснит нефть. Так, если американский нефтяной баррель, составляющий 42 галлона, или 159 л, стоит, скажем, 40 долларов США, то 1 л нефти стоит 0,25 доллара США, или ~19 руб. А это сегодня вдвое дешевле 1 л бутилированной воды. Пока – бутилированной.

I. О глобальном водном кризисе

«Если ты почувствовал жажду, то уже опоздал».

Поговорка, пришедшая от бедуинов

Водные кризисы, порождающие кризисы социальные и военные, сопровождали человечество на протяжении всей его истории. Так, гибель цивилизации Древнего Двуречья и Карфагена были обусловлены грандиозными работами по гидромелиорации, приведшими к вторичным засолениям почв. В ходе неправильных оросительных работ в верхних слоях почвы скопились вредные для растений натриевые соли, что обусловило их гибель, последующий голод и социальную катастрофу.

Несовершенство ирригационных систем явилось причиной такого же засоления почв в Месопотамии и привело к возникновению обширных солончаков вследствие нарушения водно-солевого баланса. А неумелое создание ирригационных систем в древней Индии, наоборот, приводило к наводнениям.

Из-за экологических катастроф, вызванных деятельностью человека, перестали существовать несколько высоко развитых цивилизаций. Такая судьба постигла, например, майя в Центральной Америке и культуру острова Пасхи.

События, несомненно, трагические, но локальные.

В наши дни водный кризис приобретает иные – глобальные масштабы.

В 1997 г. гидролог Джон Родда экстраполировал [11]:

- *растущую кривую глобального водопотребления* (при трех возможных сценариях);

- *падающую кривую экономически доступных водных ресурсов* с учетом основных негативных факторов современного водопользования, в частности:

- сброса неочищенных сточных вод в природные водоемы
- источники питьевого водоснабжения,

- истощения природных водоисточников вследствие высокого водозабора,

- осушения верховых болот с уничтожением питаемых ими малых рек,

- сведения лесов на водосборе и проч.

Получилось, что кривые водопотребления и доступных ресурсов пересекаются в 2035–2045 гг. (в зависимости от сценария).

Разумеется, в реальности такое «пересечение» невозможно – кривая водопотребления никак не может подняться выше уровня предельно доступных запасов воды. Обе эти кривые будут приближаться к некоей асимптоте (прямой или, скорее всего, кривой линии). Но сигнал тревоги услышан и понят – продолжение роста водопотребления темпами второй половины XX века уже невозможно.

Однако уже к 2007 году выяснилось, что потребление растёт интенсивнее, чем при самом неблагоприятном сценарии Дж. Родда, а объём доступных ресурсов сокращается существенно быстрее. Таким образом, при соответствующих корректировках пересечение приходится уже примерно на 2025–2030 гг.

Примерно в то же время, в «нулевых» годах, седьмой Генеральный секретарь ООН Кофи Аннан в экологическом отчете ООН заявил: *«Каждую секунду от болезней, связанных с плохой водой, умирает ребёнок».*

Вот некоторые статистические данные для понимания не просто актуальности, а исключительности и этой проблемы.

По данным ООН, сегодня ~2 млрд человек страдают от дефицита пресной воды перманентно, то есть в сухой сезон и проч.; ~1,2 млрд человек живут в условиях постоянного водного дефицита.

По прогнозам ФАО (продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций), «к середине третьего десятилетия XXI века, численность живущих при перманентной нехватке питьевой воды превысит 4 млрд человек». И это при численности населения Земли ~7,76 млрд человек.

По данным счётчика www.countrysmeters.com, «за период времени, когда население планеты выросло в 3 раза, использование пресной воды возросло в 17 раз. А через 20 лет оно может увеличиться ещё втрое».

По данным United Nation, World Health Organization и Millennium Development Goals, **50 % людей на Земле** не имеют надлежащих бытовых санитарных условий.

В частности, расстояние, которое женщинам в Африке и Азии приходится ежедневно преодолевать пешком в походе за водой, составляет в среднем **6 км**. А десятки миллионов детей не могут ходить в школу, поскольку они должны каждый день приносить воду.

Для сравнения:

– в среднем человек использует воды в день, в литрах:

▪ в развивающихся странах – **15,6**;

▪ в Великобритании – **135,5**;

▪ в США – от **100 до 175**;

▪ в России – от **125 до 160**;

И ещё.

– **80 % заболеваний** в развивающихся странах обусловлены загрязненной водой;

– за последние 10 лет от диареи погибло больше детей, чем во всех вооруженных конфликтах после Второй мировой войны;

– **250 из 500 крупных рек** планеты критически истощены – то есть, по сути, представляют собой коллекторы сточных вод;

– **20 % видов пресноводных рыб** оказались на грани вымирания из-за загрязненной воды.

Запасы пресной/питьевой воды подходят к концу. В

2017 г. в **46 странах мира** обеспеченность водой **опустилась ниже критического уровня**.

По прогнозам Всемирной комиссии по воде (World Commission on Water):

- к 2025 г. больше половины государств планеты, или **2/3 населения земли**, ощутят серьезную нехватку воды;
- к 2030 г. **47 % населения планеты** будут существовать под угрозой водного дефицита.

Глобальный дефицит пресной воды еще более обострится под воздействием глобальных изменений климата. Климатологические прогнозы показывают, что для многих речных бассейнов следует ожидать неблагоприятные изменения гидрорежима. Потепление климата приведет к сокращению (а затем и к полному исчезновению) горных ледников – источников питания рек. Кроме того, потепление повлечет за собой усиление испарения с поверхности водоемов, то есть уменьшение мощности действующих гидроузлов.

Негативным образом на запасах пресной воды скажется и падение добычи углеводородов. Речь идет о гибели подземных водных экосистем при добыче газа путем гидроразрыва пласта.

Как заявил директор азиатско-тихоокеанского подразделения Программы ООН по окружающей среде (UNEP) Сурендра Шреста (Surendra Shrestha) на форуме «Европа – Азия» (АСЕМ), *«Добыча сланцевого газа в Европе несет в*

себе опасность из-за загрязнения источников пресной воды, что ставит под удар благополучие будущих поколений европейцев». И далее: «Если вы загрязняете источники подземного водоснабжения, то вы вредите вашим будущим поколениям. Запасы пресной воды ограничены, как на поверхности, так и под землей. Если ее загрязнить сегодня, то в будущем новые люди останутся без воды. Хотя бы по этой причине стоит дважды подумать, перед тем как продвигать проекты с такой технологией», – приводит агентство РИА слова Шреста [12].

Совершенно очевидно, что в XXI веке питьевое водоснабжение напрямую связано с безопасностью и уровнем жизни людей, а следовательно, вода превратилась в решающий фактор геополитики и может стать причиной межгосударственных конфликтов. По прогнозам специалистов, этот кризис будет углубляться и уже в ближайшие десятилетия начнет угрожать всей современной цивилизации.

Демографический бум в сочетании с некомпетентной водохозяйственной политикой является, к несчастью, характерной чертой многих развивающихся стран. И прохладные водоснабженные государства могут быть просто сметены потоком беженцев из жарких обезвоженных стран. Их количество уже к 2030 г. прогнозируют на уровне свыше **500 млн** человек. По сравнению с этим валом озлобленности и безнадёги даже нынешние совсем не стеснительные мигранты покажутся вконец потерянной Европе вполне себе респекта-

бельными визитерами...

Одним из самых обезвоженных регионов является Ближний Восток [13]. В частности, **Иран**. Уже не первое десятилетие ученые высказывают опасение, что иранское плато становится непригодным для жизни, а Зайендеруд («река, дарующая жизнь» – перс.), крупнейшая река Иранского плато, полностью пересыхает.

Озеро Урмия, крупнейшее на Ближнем Востоке, с 1996 г. потеряло 95 % водного запаса. Свыше 500 больших и малых городов страны не могут решить проблему питьевого водоснабжения, а тысячи деревень уже живут на привозной воде.

На многих плотинах, где вырабатывается электроэнергия, уже зафиксирован недостаточный уровень воды. Поэтому министерство энергетики ожидает, что в текущем году возникнет дефицит электроэнергии – порядка 5000 мегаватт.

Количество осадков с октября 2014 года снизилось на 20 %, а пыльные бури наносят ущерб здоровью жителей. В последние 50 лет в Иране ежегодно уменьшается общее количество осадков на 1 мм.

По свидетельству Международного информационного агентства «Фергана», в Иране уже прошло несколько массовых акций протеста, связанных с нехваткой воды [14]. В ходе массовых протестов в декабре 2017 – январе 2018 года одно из самых ожесточенных столкновений между протестующими

ми и полицией произошло в городе Кахдериджан, в 10 км от города Исфахан. Там демонстранты сожгли полицейский участок. Причиной начала антиправительственных демонстраций послужили трудности с водоснабжением. В итоге, чтобы разогнать недовольных, полиция открыла огонь на поражение, и порядка десяти человек были убиты.

Особенно остро проблемы с водой могут сказаться на южных регионах страны и на мегаполисах. Иранское правительство приняло решение запретить выращивание риса во всех регионах страны, которые относятся к категории засушливых и полузасушливых, так как рис является водозатратным растением.

Лимиты на водопотребление уже вводили в предыдущие годы. Это вызвало акции протеста среди крестьян. В городах Варзан и Исфахан властям пришлось привлекать спецподразделения полиции, чтобы рассеять протестующих.

По данным правозащитников, нарастающая засуха вынуждает жителей самых жарких останов покидать свои дома и переселяться в другие регионы.

За многие годы государственные органы власти Ирана так и не научились решать проблему водосбережения. Методы орошения в Иране крайне неэффективны, нет централизованной системы управления водными ресурсами. Да и граждане Ирана не проявляют особого понимания проблем водоснабжения. В крупных городах страны, например, несмотря на все призывы властей, очень высоки показатели ежеднев-

ного потребления воды. Тегеран – крупнейший город страны и один из крупнейших мегаполисов в мире, с населением до 12 млн человек. Он расходует до четверти всей потребляемой иранцами воды. При этом тегеранцы составляют лишь 15 % жителей страны.

Экологи, с которыми государство, по идее, должно взаимодействовать, чтобы решать проблему сбережения воды и доставки ее в нуждающиеся регионы, оказались в списке «врагов государства». Президент Роухани и его сторонники выступали за то, чтобы привлечь к решению водных проблем иранских ученых, живущих за границей. Консерваторы – резко против. С их точки зрения, этого делать нельзя, так как данные специалисты *«испорчены западными нравами»*.

В качестве варианта решения проблемы властями Ирана уже назывался Таджикистан. Впервые сообщения о желании Ирана покупать воду в Таджикистане появились еще в 2012 году. Исламская республика тогда же обозначила необходимые ей объемы – около одного миллиарда кубометров питьевой воды. Однако практических шагов по реализации этой идеи сделано не было.

Так, меняющийся климат, устаревшая инфраструктура, быстро растущее население и безграмотная политика могут привести к тому, что до 70 % иранцев, то есть от 55 до 75 млн человек, будут вынуждены покинуть свою страну и перебраться неизвестно куда в поисках воды. ООН назвала проблему воды *«самой важной проблемой безопасности»*

Ирана в ближайшие десятилетия».

Похожая ситуация наблюдается в **Сирии, Египте, Иордании.**

Ближний Восток высыхает по причине роста населения, неправильных экономических приоритетов и разрушенной войнами инфраструктуры.

В Египте в настоящее время наблюдается острая нехватка воды, последствия которой могут быть тяжелыми. Основным поставщиком пресной воды в Египте является река Нил.

Водопроводная вода в подавляющем большинстве египетских провинций не годится для питья, и жителям страны приходится употреблять загрязненную воду. Проблемными районами, в которых вода наиболее опасна для питья, являются Северный Синай, Александрия и Гиза. Туристам, прибывающим в Египет, категорически не рекомендуется пользоваться в отелях водой из-под крана. Чистить зубы и мыть фрукты следует водой из бутылок или кипяченой водой.

При этом есть египтяне, для которых вода в количестве десяти литров – это счастье, а есть и такие, у которых чистая вода расходуется для полива полей для гольфа или идет на ежедневное обновление бассейнов.

Повышающийся уровень моря грозит не только смыть прибрежные города (в том числе Александрию с 4 млн жителей), но и необратимо испортить аквифер дельты Нила – питьевые закрома страны.

К тому же правительство **Эфиопии** в инициативном порядке построило массивные плотины недалеко от истоков Голубого Нила, что, естественно, привело к снижению потока воды, снабжающей **Египет и Судан**. *«Уровень Нила в центре Каира, в самом туристическом месте, так упал, что впервые стали видны «островки» посреди русла, покрытые тиной и плесенью»*. Последствия для Египта разрушительны. Уровень воды в Ниле опустился настолько, что его недостаточно для орошения. Поля начинают пересыхать, а хозяйства в его дельте – умирать. Количество питьевой воды тоже резко сократилось, меньше стало ее и для сельского хозяйства. Ситуация вынуждает власти увеличивать экспорт основных товаров.

В **Эфиопии** имеется 12 речных бассейнов с годовым объемом стока 122 млрд м³ воды и подземные воды объемом от 2,6 до 6,5 млрд м³. Это соответствует в среднем 1575 м³ физически доступной воды на человека в год, что приемлемо. Однако из-за протяженных пространств, редких осадков и отсутствия навыков хранения вода часто оказывается недоступна там, где она необходима. Для реального водоснабжения используется только около 3 % водных ресурсов.

Важнейшее для региона озеро Алемая (Alemaaya) высыхает из-за локального изменения климата и новаций в землепользовании.

По информации «Вода. Эфиопия». Web-Water supply and sanitation in Ethiopia, основа сельского бытового водоснабже-

ния – грунтовые воды из неглубоких скважин и колодцев. Люди, как правило, берут воду из незащищенных водоисточников – рек, родников и вырытых вручную колодцев, которые могут быть загрязнены и, соответственно, могут вызвать заболевания, переносимые с водой.

Сбор дождевой воды является обычным явлением.

Основой питьевого водоснабжения столицы Аддис-Абебы является плотина Gafarsa.

В 2015 году 42 миллиона человек в стране не имели доступ к чистой воде.

В общинах, которые не имеют доступ к безопасным водоисточникам, женщины несут на себе основное бремя сбора воды – на них возложены походы за водой, занимающие от двух до трех часов ежедневно с канистрой в 50 фунтов.

Гигиенические нормативы водопроводной воды часто не выдерживаются, весьма нередки и перебои с подачей воды. В Эфиопии нет очистки сточных вод, так что все сточные воды, собранные в канализацию, сбрасываются без очистки в окружающую среду, то есть на рельеф или в источники водоснабжения.

Сотрудничество в сфере водоснабжения/водоотведения Эфиопия осуществляет с Африканским банком развития, CIDA, Китаем, британским DFID, ЕС, ФИНИД, AFD (Франция), Германией (ГТЦ и KfW), JICA, Нидерландами, ПРООН, ЮНИСЕФ и Всемирным банком. Проблемой коммунального водного хозяйства страны занимаются также около

500 местных и иностранных НПО.

Проблема с питьевой водой в **Йемене** чрезвычайно серьезна, особенно в горных районах, где нормы питьевой воды упали до одной кварты (то есть менее 1 л) в день на человека. Лондонская газета «The Times» писала, что Йемен может стать первой страной, лишенной питьевой воды.

Огромной проблемой страны является высокий уровень бедности. Йемен является одновременно и самой бедной страной, и страной, испытывающей самый острый дефицит водных ресурсов в арабском мире. Средний йеменец получает только 140 м^3 воды в год на все нужды, в то время как средний ближневосточный норматив составляет 1000 м^3 в год, а на международном уровне *порогом водного стресса* признается 1700 м^3 в год.

Подземная вода Йемена является основным источником воды в стране, но уровень грунтовых вод резко опускается.

Сана может оказаться первой в мире столицей, оставшейся без воды. Там грунтовые воды опустились до 1200 метров, и, соответственно, многие скважины должны быть пробурены на эту глубину. Комбинированный выход из 125 скважин, эксплуатируемых государственной службой Саны, едва удовлетворяет 35 % потребности растущего города. Остальная вода поставляется либо небольшими частными сетями, либо танкерами.

Сельское хозяйство в Йемене потребляет около 90 % во-

ды, обеспечивая только 6 % ВВП. Большая часть йеменцев заняты мелким натуральным сельским хозяйством. Половина воды, идущей на сельскохозяйственные нужды в Йемене, используется для выращивания ката – растения, квалифицированного ВОЗ как наркотик.

В связи с гражданской войной в стране ситуация стала еще более тяжелой. 80 % населения страны не могут получить систематический доступ к воде. Разрушение водоснабжения Йемена объясняют и последствиями войны, и такими негативными факторами, как глобальное потепление и перенаселенность. Из-за быстрого роста населения доступ к водоснабжению фактически снизился в относительном выражении с 66 % в 1990 году до 55 % в 2011 году, несмотря на увеличение абсолютного доступа.

В июне 2017 года в Йемене случились мощные вспышки холеры, вызванные отсутствием чистой питьевой воды, более 1900 человек умерли.

По некоторым данным, 14 из 16 основных водоносных горизонтов Йемена иссякли. Водоснабжение городов осуществляется не ежедневно, а некоторых городов – не чаще одного раза в неделю [15].

По вопросам водоснабжения и канализации Йемен сотрудничает с Всемирным банком, Арабским фондом экономического и социального развития и компаниями Германии, Нидерландов и Японии.

Сирия. По данным ООН, примерно 15 млн сирийцев не

имеют доступ к воде.

Большая часть воды для хозяйственно-питьевых нужд в стране берется из колодцев и родников. Исключением является город Алеппо, который получает из резервуара Асада и Хомса воду реки Оронт через трубопровод от озера Хомс.

Непродуманный ирригационный проект привел в 2008 г. к высыханию около 420 тысяч колодцев, а общий запас воды упал наполовину, как и урожаи зерновых. В результате было разрушено 800 тысяч крестьянских хозяйств, и около 3 миллионов человек оказались в состоянии крайней нищеты.

Эксперты считают, что именно засуха 2006–2010 гг. стала первопричиной политического кризиса в Сирии, который в итоге превратился в затяжную войну. И именно засуха стала катализатором политического кризиса, разразившегося в Сирии в 2011 году. К таким выводам пришли ученые из американского Института Земли при Колумбийском университете. Порядка полутора миллионов крестьян вынуждены были переехать в города, обстановка в которых с трудоустройством и без того была не простой. Бедность и отсутствие социальных гарантий государства привели к нестабильности.

По сообщению «Нью-Йорк Таймс», еще в 2010 г. в районе города Ракка *«древние ирригационные системы обрушились, подземные водные источники высохли, и сотни деревень оказались брошенными, поскольку ранее плодородная земля превратилась в растрескавшуюся пустыню, где вымирают даже грызуны»*.

От хронического недостатка воды страдают 5,5 млн жителей Дамаска. Там уже давно не справляются с обеспечением водой. По прогнозам специалистов, из-за неблагоприятных климатических условий Сирии грозит опустынивание примерно 60 % ее территории.

Большая часть водных ресурсов в Сирию и Ирак поступают из-за рубежа. Это, прежде всего, реки Евфрат и Тигр, истоки которых расположены в Турции. Анкара традиционно использует водную проблему для оказания давления на соседние страны.

Инфраструктура водного хозяйства **Ирака** за годы многолетней войны пришла в катастрофическое состояние. Из-за боевых действий и бесхозяйственности разрушена система мелиорации, что привело к деградации почвы и сокращению сельскохозяйственных земель.

Водное хозяйство Ирака разрушено. Эксперты предвидят, что река Евфрат скоро усохнет наполовину, а река Тигр обмелела настолько, что ее стало возможно переходить вброд. В некоторых районах река пересохла полностью.

В 2011 г. полностью прекратила функционировать крупнейшая Мосульская плотина. На юге воды Персидского залива вытеснили крупнейшую реку Шатт-эль-Араб, сделав ее соленой, что привело к гибели всего речного рыболовецкого хозяйства, скота и урожая.

Теперь выживаемость Ирака зависит от импорта продовольствия.

На севере страны из-за нехватки воды жители покинули деревни, многие из которых сейчас засыпаны песком. Урожай ячменя и пшеницы упали на 95 %, а число финиковых пальм сократилось вчетверо.

Непродуманное осушение болот южного Ирака в одиночку разрушило экологический баланс, лишив население болотных областей источника существования.

По мнению британского эксперта Мэтью Мачовски из лондонского Университета королевы Марии, контроль над водными ресурсами, особенно в летнее время, – более важный вопрос, чем даже контроль над нефтеперерабатывающими заводами, а тот, кто контролирует плотины, расположенные на реке выше Багдада, тот контролирует иракскую столицу.

Называют три основные причины, которые, сложившись вместе, привели к обмелению Тигра. Во-первых, Турция соорудила дамбу Илису неподалеку от границы с Ираком не только для производства электричества, но также и для забора воды. Таким образом, течение реки Тигр, как считают, уже больше не восстановится в прежнем объеме. Во-вторых, климат действительно изменился: нехватка дождей, засуха, длящаяся уже десять лет, пересыхание источников рек... Абсолютно бесконтрольно ведется откачка подземных источников, что в итоге привело к еще большему снижению уровня грунтовых вод. Третья причина – вакуум или некомпетентность власти. Десятилетиями власти заставляли насе-

ление выращивать культуры, требующие огромного количества воды, – пшеницу, хлопок. Ну и, само собой, коррупция и войны.

С серьезной нехваткой воды сталкивается **Иордания**, считающаяся одной из самых засушливых стран Ближнего Востока. Она потребляет больше воды, чем доступно из возобновляемых источников. Одним из крупнейших потребителей воды является сельское хозяйство (до 50 %), дающее всего лишь 3 % ВВП. Текущее водоснабжение составляет 150–200 м³ в год на душу населения.

Еще до наплыва в страну сирийских беженцев прогнозировался рост численности населения Иордании с 6 до 9 млн к 2025 году, что обуславливало дефицит питьевой воды на душу населения до 91 м³ в год. В аварийном состоянии пребывает система коммунального водоснабжения страны, полностью изношены сети. В целом по стране 40–50 % воды, добытой из водоносного горизонта, теряется из-за протечек в трубопроводах. А в северных районах Иордании этот показатель достигает 70 %. По некоторым оценкам, количество ежегодно теряемой воды могло бы удовлетворить основные потребности не менее 2,6 млн человек.

Иордания получает от Израиля воду из озера Кинерет, что во многом позволяет ей выживать.

Наиболее кардинальные шаги по преодолению водного дефицита были осуществлены в **Ливии**. К 1984 г. было сооружено шесть дамб для создания водохранилищ вместимо-

стью 387 млн м³ и пробурено 2,9 тыс. артезианских скважин. Наряду с этим было сооружено 30 станций, ежедневно опресняющих 150 тыс. м³ воды. В 1983 г. была выдвинута идея строительства Великой искусственной реки для переброски на Север пресной воды из подземных озер, расположенных в Сахаре и содержащих 35 тыс. км³ воды. В результате сооружения такой реки появилась бы возможность переброски к побережью 2 км³ воды в год. Но последующие известные события свели на нет все эти начинания.

Генеральный секретарь Лиги арабских государств (ЛАГ) Ахмед Абуль Гейт на 8-й сессии министров водных ресурсов, прошедшей еще в октябре 2016 года в Каире, предупредил об опасностях, связанных с дефицитом воды и его воздействием на политические, экономические и социальные проблемы. Как подчеркнул генсек ЛАГ, в большинстве арабских стран население растет, а вода уменьшается по объему и ухудшается по качеству.

В результате этой всё более усугубляющейся катастрофы десятки миллионов крестьян Ирана, Сирии, Иордании, Ирака и Ливии вместе с их семьями будут вынуждены бросить свои земли и переместиться сначала в мегаполисы своих стран, где они никому не нужны, затем в соседние страны и, наконец, с мощным валом мигрантов – в Европу [16].

Это неизбежно для жителей обезвоженных регионов. И

речь не только о сельском хозяйстве, а обо всём, что связано с исчезающими реками и озерами: рыбной ловлей, животными, растениями, пляжами и туризмом. Очень многие кормились по берегам рек. Все они останутся без средств к существованию, неизбежно присоединяясь к волнам беженцев.

Следует отметить, что, как правило, жители регионов, попавших в вододефицитные, уходя, оставляют за собой невероятно загрязненные пресные водоемы.

Такое чудовищное захламление рек происходит не в один день и связано с поразительной халатностью местных властей.

Далее мы увидим, что проблема отсутствия питьевой воды всегда(!) связана с экологической катастрофой, гибелью водных экосистем. Даже беглый взгляд на карту вододефицитных регионов мира и карту загрязненных (человеком) пресных водоисточников показывает несомненное совпадение (см. рис. 1.1 и 1.2).

И как результат, за последние 50 лет отмечены 507 «водных» конфликтов, а 21 раз дело доходило до военных столкновений.

География «обезвоживания», к несчастью, расширяется.

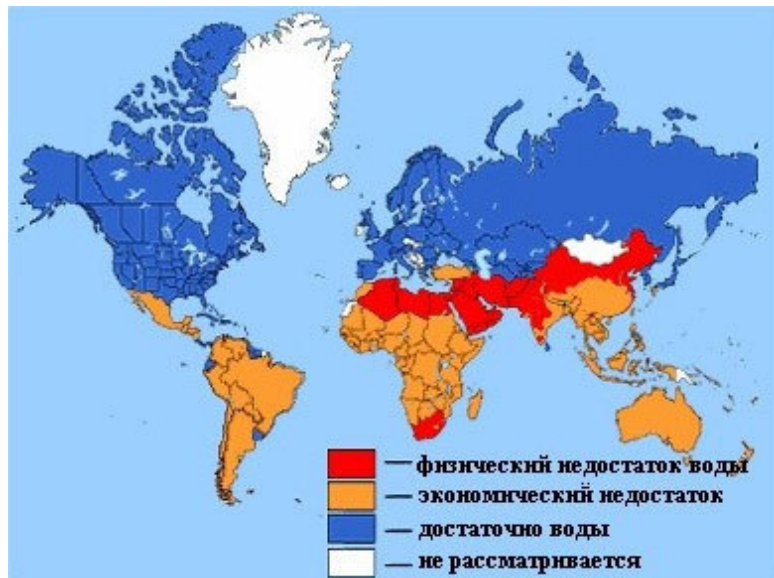


Рис. 1.1. Карта доступной пресной воды в мире

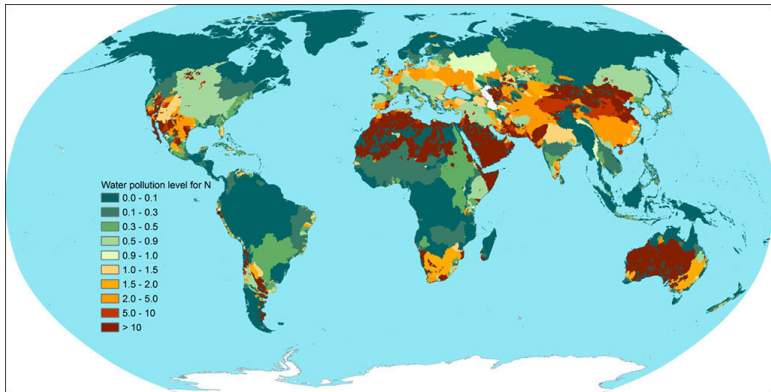


Рис. 1.2. Карта загрязненных источников пресной воды

И речь идет отнюдь не только о «бедных» странах.

Например, водный кризис не обошел и 4-миллионный **Кейптаун**, где проживают 8,2 тыс. миллионеров, 440 мультимиллионеров и два миллиардера. По данным отчета Africa Wealth Report 2017 от AfrAsia Bank, Кейптаун является третьим богатейшим городом Африки после южноафриканского Йоханнесбурга и Каира.

И тем не менее, по сообщению агентства Bloomberg (от 24.01.2018), *«Ощущение катастрофы, нависшей над Кейптауном, – это то, что все мы должны испытывать перед лицом неизбежных потрясений, связанных с изменением климата».*

К водному коллапсу мегаполис привел, как водится, пе-

перасход водных ресурсов в аграрном секторе в сочетании с ростом населения города на 55 % и засухой. Как обычно, инвестиции отстали от кризиса, и шесть крупных плотин, которые питают водопровод, хранили воду, не пригодную для использования, поскольку многие из них годами не очищались.

Все надежды на пополнение водохранилища и спасение Кейптауна власти конструктивно возложили на сезон дождей. Хотя климатологи и предупреждают: осадки на засушливом юге ЮАР далеко не всегда обильны.

Далее – как под копирку: начались беспрецедентные меры водной экономии, жители Кейптауна ограничили потребление воды до 50 л в сутки и раскупили в магазинах всевозможные емкости, где можно хранить воду, а также собиратели влаги.

Воду после купания люди собирают в душевых и умывальниках и заливают в стиральную машину, а затем пускают на слив в туалете, где бачки отключены от водопровода. Дождевую воду набирают в специальные резервуары, чтобы использовать для мытья посуды, стирки и очистки до качества питьевой.

По причине водного кризиса благоденствуют компании, которые занимаются бурением скважин. Они загружены заказами на год вперед. Предприниматели, которые завозят в Кейптаун техническую воду из других регионов в цистернах – продают её по \$1 за 9,5 л.

Ну а если после отключения воды в городе начнутся беспорядки, вмешается армия. По мнению силовиков, самыми горячими точками станут как раз пункты раздачи воды: если каждая семья отправит в ближайший пункт одного человека, там образуется очередь из 5 тыс. человек [17].

Да и не только Кейптаун. Поведенческие особенности у феллахов Ближнего Востока и жителей самых развитых стран в ситуации водного стресса оказались весьма близкими. Вот нетривиальная иллюстрация.

США, штат Калифорния. Засуха в штате началась в ноябре 2011 года и продолжалась 376 недель, то есть примерно семь лет. Ее окончание связывают не столько с мудростью хозяйственного управления, сколько с аномально дождливой зимой в штате в 2019 году.

И вот в одной из самых богатых, благополучных и неуязвимых стран мира природа не справилась с человеческим фактором: людей в Калифорнии становилось всё больше, а экономить воду они не собирались.

«The New York Times» опубликовала карты о том, кто в регионе больше всего потребляет воды. Оказалось, что это совсем не фермеры и даже не компании Силиконовой долины. Винят в засухе образ жизни жителей Калифорнии. В штат приехало слишком много людей. Многие из них не желают думать о проблемах климата. Им нравится их образ жизни с зелеными лужайками для гольфа и бадминтона. Но как раз этого и не выдержала хрупкая природа Калифорнии.

Случилась нехватка – *водный стресс*.

И губернатор штата понизил норму на воду на 25 %.

Цены на воду немедленно подскочили, следом тотчас появились «водные воры» и спекулянты водой. В ответ было создано специальное подразделение полиции по борьбе с водным бандитизмом.

Люди стали бояться уезжать из дома – воруют из танкеров, подводят трубы к частным колодцам, копают под улицами. Штраф за воровство воды установлен до 10 тысяч долларов, но это не слишком срабатывает.

И вот, по счастью, дождливая зима...

Ну а в тревожном ожидании предполагаемой засухи 2050 года израильская фирма IDE Technologies строит в штате опреснительные заводы.

Однако Ближневосточным регионом проблема отнюдь не исчерпывается. Половина людей, испытывающих дефицит питьевой/пресной воды, проживает в **Индии, Китае, Бангладеш, Пакистане** и даже в **Австралии**. А это гораздо более серьезная угроза. Так, Пакистан, по мнению экспертов, может превратиться в умирающую от жажды страну уже к 2022 году. А это – ядерное государство...

ООН обращает внимание на бассейны, которые могут стать объектами конфликтов в ближайшие годы. Наряду с привычными «яблоками раздора» (озером Чад и реками Брахмапутра, Ганг, Замбези, Лимпопо, Меконг, Сенегал) в

докладе ООН о мировых водных конфликтах упоминаются Аракс, Иртыш, Кура, Обь, что вызывает особую тревогу. Ниже, говоря о трансграничных водотоках России, мы коснемся этой проблемы.

Однако в том же ближневосточном регионе есть и примеры активно развивающейся водной инфраструктуры при точно таком же отсутствии собственных ресурсов.

Если такие государства, как Ирак, Сирия и Ливан, где на каждого жителя ежегодно приходится, соответственно, 2,7 тыс., 1,4 тыс. и 1,1 тыс. м³ воды, относятся к категории стран с низким и очень низким водообеспечением, что же тогда говорить о **Катаре, Объединенных Арабских Эмиратах и Кувейте**, где водоснабжение за счет естественных источников воды составляет на душу населения всего 56, 37 и 7 м³ воды в год, соответственно?

Саудовская Аравия – это страна, вокруг которой есть только пустыня и нет открытых водоемов. Отсюда скудные запасы воды и очень высокая цена на нее. Спрос на воду в Саудовской Аравии растет, но количество водных ресурсов в стране не увеличивается. Для Саудовской Аравии вопрос обеспечения водой собственного населения является вопросом существования.

В странах Персидского залива благодаря нефтяному буму стали сооружаться заводы по опреснению воды.

Саудовская Аравия и **Объединенные Арабские Эми-**

раты (ОАЭ) отличаются самыми солидными объемами опреснения воды в мире. По данным Arab News, Саудовская Аравия ежедневно использует 1,5 млн баррелей нефти на своих опреснительных установках, которые обеспечивают 50–70 % пресной воды в стране.

Недостаточное внимание к вопросам канализации на начальном этапе опреснительных работ, естественно, привело к повышению солености морской воды и, соответственно, создало угрозу для морской флоры и фауны. В этой связи все страны Залива теперь имеют развитые системы канализации для очистки и повторного использования сточных вод. Так, в частности, **Бахрейн** и **Оман** все 100 % собранных сточных вод используют повторно, а **ОАЭ** – 89 %. Завидные цифры.

В ближайшие пять лет страны Персидского залива планируют инвестировать в дальнейшее питьевое обеспечение населения около 100 млрд долларов.

Катар выделил 900 млн долларов на строительство резервуаров для хранения семидневного запаса воды. Кроме того, страны Персидского залива договорились о строительстве трубопровода стоимостью 10,5 млрд долларов и протяженностью почти 2000 км, соединяющего эти страны. В проект также включено строительство в Омане двух опреснительных заводов по производству 500 млн м³ воды.

Крупнейший в мире искусственный резервуар, наполненный опресненной водой, создан под пустыней Лива в Абу-Даби. Резервуар расположен на глубине до 80 метров. Сам

проект представляет собой сеть из 315 скважин, по которым поступает вода со станции опреснения в Шувейхате в объеме 32 тыс. тонн. Заполнение резервуара велось в течение 27 месяцев.

Таким образом, ОАЭ создали необходимый запас пресной воды в объеме 26 млн м³. Стоимость проекта оценивается в 435 млн долларов. Вся вода проходит строгий санитарный контроль.

Наряду с этим в ОАЭ разрабатываются и, похоже, близки к осуществлению проекты по буксировке айсбергов. Использование в качестве источника пресной воды айсбергов – это вдвое менее энергоемкий процесс, чем опреснение морской воды.

С учетом маршрута, была разработана программа работ, включающая позиции:

- a) старт айсберга – остров Херд, около 1000 км от Антарктиды;
- b) финиш айсберга – эмират Фуджейра, 8800 км от старта;
- c) размер айсберга – около 2 км в длину и 500 м в ширину;
- d) запасы воды в айсберге – более 75 млрд литров пресной воды;
- e) ориентировочное время доставки – около 10 месяцев;
- f) затраты на буксировку – \$100–150 млн.

Рассматривались и варианты буксировки айсбергов в Эмираты непосредственно из самой Антарктиды через Ин-

дийский океан, что составит примерно 9,2 тыс. км.

За время буксировки айсберг потеряет ~30 % массы и ~20 % массы при переработке льда в воду. Полученная питьевая вода будет храниться в больших резервуарах для обработки. При среднем размере айсберга до 1 млн тонн пресной воды он сможет обеспечить 1 млн человек на период примерно 5 лет.

В Израиле проблема питьевой воды стоит столь же остро. Здесь все источники водоснабжения объединены в единую систему – Всеизраильский водопровод. Водопровод состоит из водонесущих трубопроводных систем, насосных станций, резервуаров, открытых каналов и туннелей. Станция перекачивает воду с 213 метров ниже уровня моря – на 257 метров вверх, до высоты 44 метра выше уровня моря. Таким образом, осуществляется транспортировка воды с севера страны, из озера Кинерет, в сильно заселенный центр и на засушливый юг страны, в том числе в северную часть пустыни Негев, где после его постройки стало возможным занятие интенсивным земледелием.

Пропускная способность водопровода составляет 72 тыс. м³ в час, что соответствует примерно 1,7 млн м³ в сутки. Строительство водопровода представляло собой сложную техническую задачу, но повысило эффективность водопользования.

Потребность Израиля в воде составляет около 2 млн м³ в год, что же касается воды питьевой, то на сегодняшний день

израильтяне потребляют почти 1,2 млн м³, а к 2030 году эта цифра, по прогнозам специалистов, вырастет до 1,95 млн м³. Очевидно, что для удовлетворения потребности в пресной воде традиционных источников будет недостаточно.

Сегодня лишь половина всей потребляемой израильтянами воды приходит из природных источников. Вторая половина добывается искусственно – путем вторичного использования и опреснения. Израиль не только опресняет морскую воду, но и перерабатывает 86 % своих сточных вод для повторного использования в сельском хозяйстве. Сочетание инновационных сельскохозяйственных технологий и высоких природоохранных технологий дает впечатляющие результаты. Более 50 % воды, используемой сейчас в стране для домашних, сельскохозяйственных и промышленных нужд, производится искусственно.

Как писал проф. Пайпс, *«Израиль может опреснять 17 л воды за 1 американский цент и перерабатывает в 5 раз больше воды, чем идущая на втором месте Испания»*. Много стартапов в стране связано с водой.

Кроме себя Израиль снабжает водой Палестинскую автономию и Иорданию.

Как мы видим, усилия, направляемые на борьбу с водной проблемой у стран с сильным дефицитом пресной воды, могут быть вполне результативны. А значит, предотвратить гигантские перемещения народов принципиально возможно.

II. О природных пресных водах – источниках питьевого водоснабжения

«Вода – это H_2O , то есть два атома водорода, один кислорода; но есть еще третья, превращающее эти атомы в воду, и никто не знает, что это».
Дэвид Герберт Лоренс

Наверное, академик В. И. Вернадский более остальных приблизился к разгадке секрета, приведенного в эпиграфе. Его понимание воды и ее места в мироздании – ключ к решению многих проблем, связанных с водным фактором.

«Жизнь – это особая коллоидальная водная система... особое царство природных вод».

И еще.

«Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое ее бы не заключало. Всё земное вещество ею проникнуто и охвачено».

(«История минералов земной коры»)

Рассматривая воду как минерал, В. И. Вернадский развивал учение о единстве вод и других минералов Земли, полагая воду единственной природной жидкостью, существующей на поверхности нашей планеты – *«самым распространенным на Земле минералом, присутствующим везде и служащим мостом, связывающим биополя отдельных живых существ, как между собой, так и с неживой природой»*.

В. И. Вернадский полагал, что никакой другой природной жидкости, кроме воды, нет, а все остальные жидкости – это *«базирующиеся на воде либо продукты жизнедеятельности растений, животных и человека, либо искусственные химические соединения, полученные человеком»*.

Именно в уникальном сочетании естественных природных ресурсов воды, солнечной энергии, земельных и минеральных ресурсов возможно развитие растительного и животного мира и самого человека.

Уникальность воды обусловлена особенностями структуры ее молекулы.

Молекулы воды могут быть тяжелыми – с тяжелыми изотопами водорода (дейтерий и тритий), а также тяжелого кислорода (с атомной массой 17 и 18). Даже незначительное количество более тяжелых молекул в природной воде обеспечивает ее чрезвычайное разнообразие: из возможных сорока двух сочетаний двух атомов водорода и одного атома кислорода только девять являются устойчивыми. Таким образом,

вода представляет собой своего рода купаж молекул вод с различными свойствами.

Атомы кислорода в молекуле воды (не участвующие в образовании ковалентных связей) способны образовывать прочные водородные связи с соседними молекулами воды. При комнатной температуре каждая молекула воды создает временные связи с тремя-четырьмя соседними молекулами. Образуется своеобразная кристаллическая решетка, в которой существующие водородные связи постоянно разрушаются и одновременно возникают новые.

Формируются ассоциаты молекул (кластеры) воды, находящиеся в динамическом равновесии. Такая структура воды обуславливает целый ряд свойств, имеющих физиологическое значение, – бóльшую теплоемкость, бóльшую теплоту испарения, бóльшую теплоту плавления.

Вода способна разрывать практически все виды молекулярных и межмолекулярных связей с образованием растворов (гидратация), что делает ее универсальным растворителем. Способная к диссоциации, вода усиливает и диссоциацию растворенных в ней веществ. Это объясняет как огромное разнообразие состава природных вод, так и способность природных вод к самоочищению.

Из-за асимметрии расположения атомов молекула воды является диполем, что определяет ее особое поведение в электромагнитных полях.

С физико-химической точки зрения природная вода

представляет собой сложную дисперсную систему, в которой в качестве дисперсной среды выступает вода, а в качестве дисперсной фазы – газы, минеральные и органические вещества, живые организмы.

Эти уникальные свойства позволяет воде обеспечивать:

- жизнедеятельность клеточных структур;
- терморегуляцию организма;
- усвоение и переваривание продуктов питания;
- транспортную функцию (как для доставки кислорода и питательных веществ, так и для вывода шлаков и токсинов);
- работу суставов, опорно-двигательного аппарата;
- метаболизм в целом.

Аномальными свойствами воды обусловлена и ее роль в возникновении и поддержании жизни. Это необходимо учитывать при выборе методов питьевой водоподготовки для того, чтобы не исказить уникальную структуру и химические свойства воды.

Итак, питьевая вода:

- самый важный продукт потребления, а точнее – жизнеобеспечения,
- среда обитания человека,
- основа всех отраслей промышленности и сельского хозяйства.

Питьевая вода вездесуща: это и все продукты питания, и чай, и вино, и молоко, и... даже грудное молоко.

В таблице 1 представлен водный состав/баланс в организме человека (по данным НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина).

Таблица 1

Объем воды в организме человека за сутки, л

| <i>Поступает в организм человека, л</i> | <i>Выводится, л</i> |
|---|-----------------------------|
| <i>С твердой пищей – 1,0</i> | <i>Через почки – 1,4</i> |
| <i>С жидкой пищей – 1,2</i> | <i>Через легкие – 0,3</i> |
| <i>Дополнительно образуется в организме – 0,3</i> | <i>Через кожу – 0,6</i> |
| | <i>Через кишечник – 0,2</i> |
| <i>Итого: 2,5 л</i> | <i>Итого: 2,5 л</i> |

Вода входит в состав всех биологических тканей и составляет 60–70 % массы тела. Вода служит составной частью крови, секретов и экскретов.

Вода содержится и в плотных тканях:

- в зубной эмали – 0,2 %,
- в костях – 22 %,
- в жировой ткани – 30 %,
- в печени – 70 %,
- в скелетных мышцах – 76 %,
- в сером веществе головного мозга – 86 %.

Физиологическая потребность человека в питьевой воде

составляет 2,5–3,0 л в сутки, из которых в обычных условиях поступает ~1,0–1,5 л в сутки плюс 1,0–1,2 л в сутки дополнительно с продуктами питания.

В жарком климате и/или при тяжелой физической нагрузке потребность в воде может возрасти до 10–12 л в сутки.

Лишение воды человек переносит труднее, чем лишение пищи.

Потеря 10 % воды приводит к нарушению обмена веществ.

Потеря 20–22 % воды ведет к смерти.

Без воды человек может прожить не более 8–10 дней.

Данные интересные, но особенно обращают на себя внимание две позиции.

Первое. Вода входит в состав всех биологических тканей в количестве 60–70 % массы тела. А это означает, что все жидкости организма во многом повторяют состав питьевой воды.

Известные опыты показали тождественность ряда участков хроматограмм компонентов питьевой воды и грудного молока.

Как мы увидим далее, питьевая вода во многом повторяет состав исходных природных вод, а те, в свою очередь, – состав сбрасываемых в них сточных (очищенных сточных) вод. То есть зависимость здоровья человека от состава (свойств) питьевой воды абсолютна.

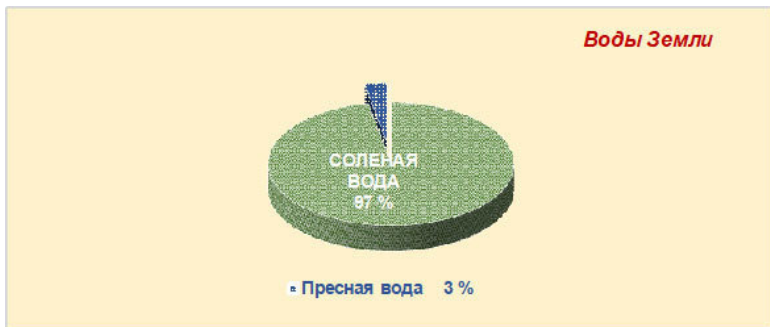
И второе. При физиологической потребности человека в питьевой воде на уровне 2,5–3,0 л в сутки в обычных условиях, в жарком климате потребность в воде может возрасти до 10–12 л в сутки. А особой проблемой (да и местом возникновения) дефицит питьевой воды является именно в жарких странах.

Совершенно очевидно, что при такой водной зависимости человека дефицит питьевой воды или ухудшение ее качества приведут к утрате здоровья населения, снижению продолжительности жизни, преждевременной смертности, особенно детской.

II.1. О распределении планетарных запасов пресной/ питьевой воды

На рис. 2 представлено распределение планетарных вод.

Как видно из диаграммы 2 а, 97 % воды на Земле представлено соленой водой мирового океана и внутренних морей. И лишь около 3 % составляют пресные воды.



2 а



2 б



2 в

Рис. 2. Распределение планетарных вод

При более подробном рассмотрении структуры пресных вод на диаграмме 2 б мы видим, что за вычетом ледников (68,7 %), малодоступных подземных вод (около 30 %) и разного рода «других» водных структур (менее 1 %), относи-

тельно доступные поверхностные пресные воды составляют примерно 0,3 % от первоначального трехпроцентного сектора диаграммы 2 а.

Эти данные уточняет диаграмма 2 в. Здесь за вычетом поверхностных пресных вод озер (87 %) и болот (11 %), непроточных, склонных к эвтрофированию (зарастанию) и, как правило, богатых органическими загрязнениями, остается 2 % речного стока, реально пригодного и доступного для водопользования. Но это 2 % не от мировых запасов воды, а от крошечного сектора (0,3 %) диаграммы 2 б.

Таким образом, становится понятно, что для водной расточительности у человечества никаких оснований нет.

Здесь представляется интересным рассмотреть некоторые абсолютные величины, характеризующие мировые запасы воды – нашу систему жизнеобеспечения.

Объем воды мирового океана с соленостью ~3,5 % и температурой 3,7°C составляет около 1 млрд 375 млн км³.

Поверхность (акватория) мирового океана составляет примерно 361 млн км², что в 2,4 раза больше площади территории суши (149 млн. км²) или в 21,2 больше площади территории России.

Круговорот воды обеспечивается ее испарением в объеме 525 тыс. км³ в год, в том числе:

- 86 % – испарением соленых вод Мирового океана и внутренних морей;

– 7 % – испарением вод суши;

– 7 % – транспирацией влаги растениями.

Этот природный дистиллятор питается энергией Солнца, потребляя порядка 20 % этой энергии.

Что же остается человечеству? Мы можем рассчитывать только на скорость возобновления водных ресурсов.

Например, скорость водообмена во льдах полярных зон и ледников составляет 8000 лет.

Скорость водообмена воды рек составляет примерно 10–12 суток. Это – реальные сроки. Мировой речной сток составляет примерно 37,3 тыс. км³ в год, при используемой части подземных вод около 13 тыс. км³ в год. Подземные воды – не очень надежный и прогнозируемый поставщик.

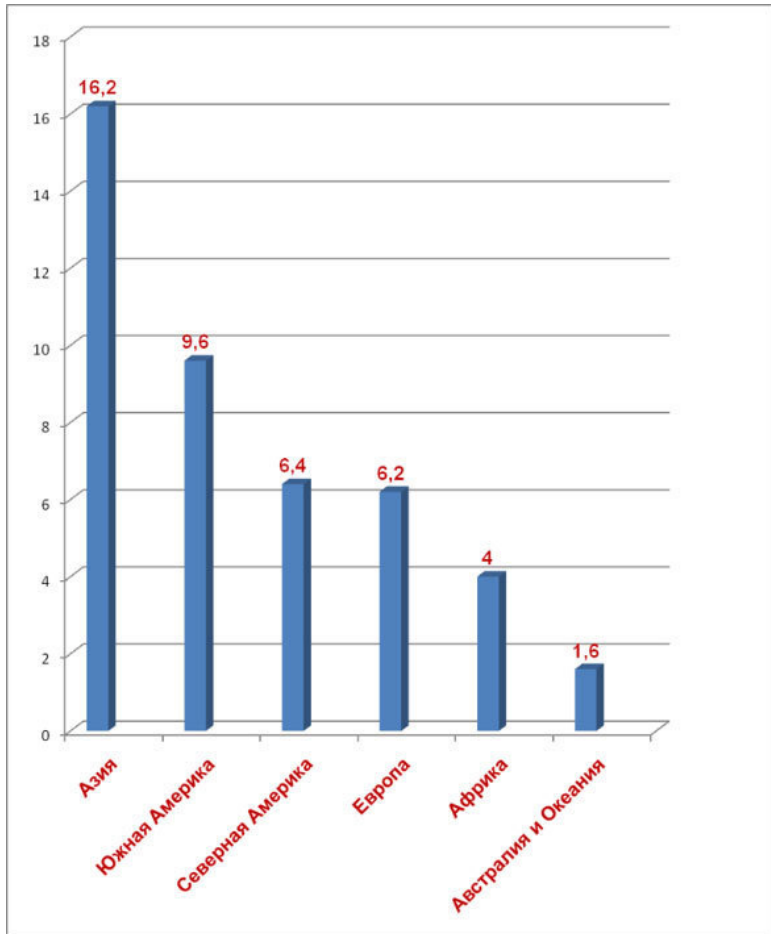


Рис. 3. Распределение пресноводных ресурсов по регионам мира, тыс. км³

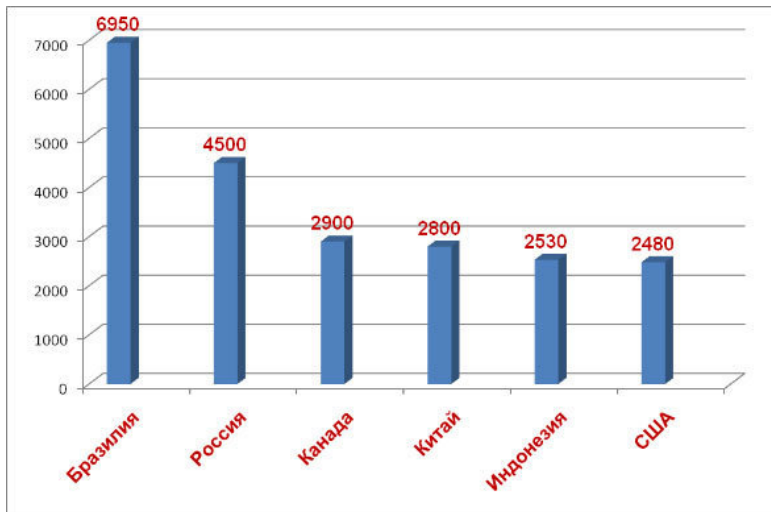


Рис. 4. Страны с крупнейшими запасами пресной воды, тыс. км³

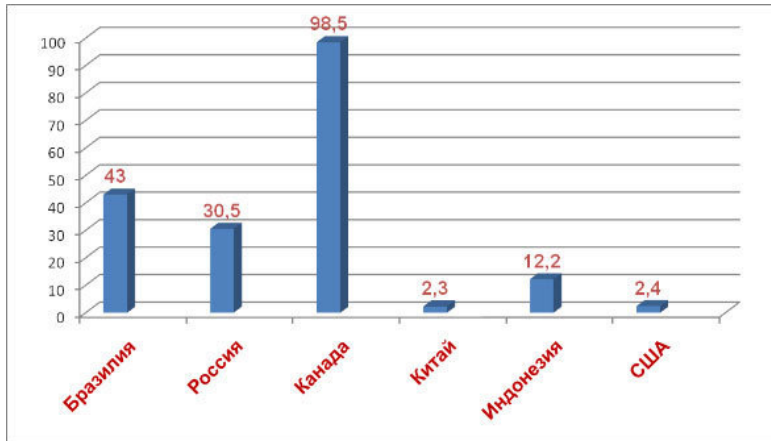


Рис. 5. Запасы пресной воды на душу населения, тыс. м³

В этой связи **37,3 тыс. км³** воды в год – это то, на что может рассчитывать человечество на сегодняшний день.

На рис. 3 показано, как распределены пресноводные ресурсы по регионам мира. Как видно из рисунка, наиболее водообеспеченным континентом является Азия, далее с существенным отрывом идут Южная Америка, Северная Америка, Европа, Африка, Австралия и Океания.

Очевидно, что неравномерное распределение пресной/питьевой воды предполагает и различные экономические условия, различное качество жизни и различную спо-

способность к выживанию.

На рис. 4 представлены страны с крупнейшими запасами пресной воды.

Мы видим, что Россия занимает второе место в мире, уступая только Бразилии: 4500 тыс. км³ против 6950 тыс. км³. При этом Россия по водообеспеченности почти вдвое опережает даже страну озер – Канаду.

Здесь интересно сопоставить данные рисунков 4 и 5. Мы видим, что в пересчете запасов пресной воды на душу населения Россия остается «в клубе» водообеспеченных стран, в то время как запасы воды Китая, Индонезии и США в пересчете на душу населения несопоставимо уменьшились.

В таблице 2 представлены для справки крупнейшие реки мира с указанием среднего водостока в м³ в сутки.

Реки Земли распределены весьма неравномерно. На каждом материке можно наметить главные водоразделы – границы областей стока, поступающего в различные океаны. Главный водораздел Земли делит поверхность материков на два основных бассейна: атлантико-арктический (сток с площади которого поступает в Атлантический и Северный Ледовитый океаны) и тихоокеанский (сток поступает в Тихий и Индийский океаны). Объем стока с площади первого из этих бассейнов значительно больше, чем с площади второго.

Центральный водораздел Европейской части России, Русской равнины – Валдайская возвышенность. Из местных болот и озер берут начало главные реки Европейской России, относящиеся к бассейнам разных морей: Волга (Каспийское море), Днепр (Черное море), Западная Двина (Балтийское море).

Таблица 2

Крупнейшие реки мира

| | <i>Река</i> | <i>Длина, км</i> | <i>Средний расход воды, м³ в сутки</i> | <i>Бассейн</i> | <i>Страны в водосборном бассейне</i> |
|-----|----------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---|
| 1. | Амазонка | 6992 | 219 000 | Атлантический океан | Бразилия, Перу, Боливия, Колумбия, Эквадор, Венесуэла, Гайана |
| 2. | Нил | 6852' | 5100 | Средиземное море | Бурунди, Египет, Кения, Конго, Руанда, Судан, Южный Судан, Танзания, Уганда, Эритрея, Эфиопия |
| 3. | Миссисипи – Миссури – Джефферсон | 6275 (по другим данным 6420) | 16 200 | Мексиканский залив | США (98,5 %), Канада (1,5 %) |
| 4. | Янцзы | 5800 (по другим данным 6300) | 31 900 | Восточно-Китайское море | КНР |
| 5. | Хуанхэ | 5464 | 2110 | Бохайский залив | КНР |
| 6. | Обь – Иртыш | 5410 | 12 800 | Обская губа | Россия, Казахстан, КНР |
| 7. | Енисей – Ангара Селенга – Идар | 5238 | 18 600 | Карское море | Россия, Монголия |
| 8. | Лена – Витим | 5100 | 17 100 | море Лаптевых | Россия |
| 9. | Амур – Аргунь – Керулен | 5052 | 11 400 | Японское море или Охотское море | Россия, КНР, Монголия |
| ... | | | | | |
| 15. | Волга – Кама | 3731 | 8080 | Каспийское море | Россия (99,8 %), Казахстан (0,2 %) |

Раньше считалось, что Нил протяженнее, но данные экспедиций 2008 года установили местоположение истоков реки Укаяли, что поставило на первое место Амазонку. Думается, что при такой малой разнице в протяженности этих великих рек данные будут корректироваться еще не раз.

II.2. Об источниках питьевого водоснабжения

Источниками водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий являются подземные воды, воды поверхностных водоемов и атмосферные осадки.

Несколько слов об особенностях каждого из этих источников, понятий и терминологии, с ними связанной. Это представляется интересным с точки зрения понимания специфики и уязвимости каждой из этих водных экосистем.

Подземные воды

Подземные воды – это воды, находящиеся в толщах горных пород верхней части земной коры в жидком, твердом и/или парообразном состоянии при температурах от -93 до 1200°C и давлении от нескольких единиц до 3000 МПа [18].

По мнению ученых [19], объем подземных вод составляет 60 млн км^3 , или $3,83\%$ от всего объема гидросферы.

По интенсивности водообмена подземные воды делят на зоны:

- *активного водообмена*: 300 – 500 м от поверхности земли. Время обновления вод составляет от нескольких лет до нескольких десятков лет. Здесь преобладают пресные воды

с содержанием солей до 1 г/л;

- *замедленного водообмена*: 500–2000 м от поверхности земли. Время обновления вод исчисляется десятками и сотнями лет. Это солоноватые воды с содержанием солей от 1 до 35 г/л;

- *пассивного водообмена*: более 2000 м от поверхности. Время обновления вод происходит на протяжении миллионов лет. Представляют собой соленые воды, близкие к морской воде, – с солесодержанием более 35 г/л.

Среди подземных вод различают ненапорные (с верхним водонепроницаемым слоем) и напорные. К ненапорным относятся верховодка и грунтовые воды.

Верховодка, или почвенные воды, обычно залегает на глубине до 5 м, имеет малую мощность водоносного слоя, небольшие запасы и подвержена загрязнению с поверхности земли. Верховодка отличается сезонной нестабильностью состава и резкими изменениями уровня.

Эта вода при небольшой глубине залегания занимает очень большие площади. Она пополняется при инфильтрационном просачивании дождевых вод через грунт, в ходе паводков и таяния снегов, «обогащаясь» при этом многочисленными и разнообразными примесями.

В основном именно верховодка используется для нецентрализованного водоснабжения.

Грунтовые воды, как правило, залегают на глубине 15–20 м. К грунтовым относят воды первого от поверхности

земли водоносного горизонта. Они образуются в основном просачиванием через почву атмосферных осадков, а также воды рек, озер и других водоемов. Было отмечено, что даже вечная мерзлота за полярным кругом не мешает грунтовыми водам подпитывать моря. Грунтовая вода образуется и распространяется обычно в одной области. В течение сезона уровни этих вод сильно различаются в зависимости от атмосферных осадков и температуры грунта.

Для забора грунтовых вод используются шахтные колодцы.

Напорные (или артезианские) и ненапорные межпластовые воды защищены сверху водонепроницаемым слоем и залегают, как правило, на глубине от 50 м и более.

Артезианские воды расположены между нижними и верхними водоупорными слоями. Их основное отличие – это отсутствие источников подпитки. Вода, находящаяся под давлением плотных слоев грунта, достигает поверхности в качестве родников.

Обычно артезианские источники залегают на глубинах от 100 до 1000 м. При этом питающий скважину источник может находиться в нескольких десятках или даже сотнях километров, ограниченный пластами водонепроницаемых слоев.

Напорные артезианские водоносные слои могут находиться под несколькими водоносными слоями. Известны артезианские скважины, подающие на поверхность воду с пятна-

дцатого или даже двадцатого водоносного горизонта.

Артезианские воды являются наиболее устойчивыми (не путать с нормативно чистыми) в части физико-химических свойств. Эти воды характеризуются постоянством температуры, отсутствием мутности и цветности. Химический состав артезианской воды зависит от химического состава окружающего ее геологического слоя. Все артезианские воды имеют в своем составе избыточные количества железа, марганца, фтора, магния, кальция, натрия или калия и могут давать осадок. Это вполне соответствует составу земной коры.

Какая-то особая полезность, приписываемая этой воде, или ее «сбалансированный» минеральный состав не имеют ничего общего с реальностью. Наоборот, ситуация, когда артезианская вода содержит низкие концентрации растворенных в ней загрязнителей, является скорее исключением из правил. Таким образом, обилие химических веществ в растворенном виде, зачастую в концентрациях, значительно превышающих рекомендованные значения для питьевых вод, не позволяет употреблять артезианскую воду сразу после извлечения из скважины.

Артезианская вода, соответствующая по составу растворенных веществ нормативам ВОЗ для питьевых вод, практически не встречается.

Если на состав грунтовых вод оказывают серьезное влияние осадки и паводки, загрязнение, вызванное деятельно-

стью человека (сточные воды промышленных предприятий, смывы сельскохозяйственных удобрений и проч.), то состав глубинных грунтовых вод, разумеется, меньше подвержен изменениям. Кроме того, состав артезианской воды зависит не только от состава геологических пластов земной коры, между которыми находится данный водоносный слой, но и от времени залегания воды в этих слоях, которое может составлять миллионы лет. Но, как было отмечено выше, постоянство состава воды не означает ее доброкачественность.

При использовании артезианского источника воды в первую очередь необходимо проведение развернутого химического анализа ее состава, который не должен ограничиваться исследованием самых распространенных примесей. Только в этом случае можно получить точную картину состава воды и определить методы водоподготовки, которые позволят очистить воду до санитарных норм.

Химический состав артезианской воды не изменяется многие годы, он не зависит от климатических изменений, паводков и осадков, а запасов воды хватает обычно на пятьдесят и более лет. Поэтому подобрать систему водоподготовки при профессиональном проектировании достаточно просто. Очистить артезианскую воду по многим параметрам гораздо легче и проще, чем природную воду из открытых источников или грунтовую воду, имеющие «подвижный» состав. После профессиональной подготовки артезианская вода действительно становится чистой и даже вкусной.

Изредка среди артезианских скважин встречаются и такие, в которых уровень минерализации изначально соответствует гигиеническим требованиям, в этих случаях вода подвергается лишь удалению механических примесей.

С точки зрения природопользования артезианская вода является стратегическим запасом государства.

Преимуществом артезианской воды является практическое отсутствие микроорганизмов. На такой глубине обычно отсутствуют органические примеси – источники питания бактерий, вирусов и простейших. Как следствие отсутствует и опасность бактериального или вирусного заражения.

К поверхностным пресным водоисточникам относятся реки, озера и водохранилища.

Реки

Речные воды стекают по рельефу, подпитываясь водой от таяния снега и льда, водой подземных источников и атмосферными осадками, то есть поверхностным и подземным стоком их бассейна.

Речная вода содержит как растворенные атмосферные газы, так и примеси, обусловленные составом почвы, растительностью, гидробионтами, деятельностью человека, климатом, гидрогеологическими, гидродинамическими условиями и проч. В этой связи речная вода обычно характе-

ризуется высокой цветностью, низкой щелочностью, большим количеством взвешенных веществ, наличием различных ядохимикатов (в результате смыва с сельскохозяйственных полей), а также бактериальной загрязненностью, наличием привкусов и запахов.

Количество растворенных газов (кислород, азот, углекислота), содержащихся в речной воде, относительно постоянно, так как зависит от атмосферного давления. Литр речной воды содержит от 40 до 55 см³ газа. Зимой содержание газов больше, чем летом и осенью.

Количество растворенных солей зависит от свойств и состава пород, размываемых рекой. Преобладают в речной воде углекислые и сернокислые соли кальция, магния, а также хлориды щелочных металлов, кремнезем и органические соли.

Состав взвешенных веществ (речной мути, ила), близок к составу глин: преобладают кремнезем и глинозем, оксиды железа, кальция, магния, соли калия и натрия. Значительная доля приходится на органические вещества – гуминовые и фульвокислоты, лигнины, танины и проч.

Поверхность рельефа, с которой речная система собирает свои воды, называется *водосбором*, или *водосборной площадью*. Водосборная площадь вместе с верхними слоями земной коры, включающая в себя данную речную систему и отделенная от других речных систем водоразделами, называется *речным бассейном*.

В руслах рек чередуются глубокие *плёсы* и мелководные *перекаты*. Линия наибольших скоростей течения называется *стрешнем*.

Речная система – это совокупность рек, изливающих воды одним общим руслом в другой водоем (озеро, море, океан). *Речная система* состоит из главной реки и включает притоки первого, второго и следующих порядков. Притоками первого порядка называются реки, непосредственно впадающие в главную реку, второго порядка – притоки притоков первого порядка и т. д. Название речной системы дается по названию главной реки.

Бассейн водоема (водосборный бассейн, водосборная площадь или водосбор) – территория, с которой все поверхностные и подземные воды стекаются в данный водоем. Чаще всего речь идет о бассейнах рек. Бассейн водоема включает в себя поверхностный и подземный водосборы. Для простоты за величину речного бассейна принимается только поверхностный водосбор.

Бассейны рек делятся на *сточные* и *бессточные*. *Бессточными* называются области внутриматерикового стока, лишенного связи через речные бассейны с океаном.

В основу классификации рек положен *режим стока*, или *годовой водный режим*. В соответствии с этой классификацией реки делятся на три группы: с весенним половодьем, с летним половодьем и реки с паводочным режимом.

Паводок, в отличие от половодья, возникает нерегулярно

и характеризуется быстрым, непродолжительным подъемом уровня в каком-либо створе реки и почти столь же быстрым спадом. Причиной паводка обычно бывают обильные дожди или интенсивное кратковременное снеготаяние в период зимних оттепелей. Подъем уровней и увеличение расходов воды при паводках иногда могут превышать уровень и наибольший расход в половодье.

Меженью называют периоды, характеризующиеся низкой водностью вследствие снижения поступления воды с *водосборной площади*. Межень обычно отвечает одним и тем же срокам годового цикла. В зависимости от времени наступления различают летнюю и зимнюю межень.

К другим важнейшим характеристикам реки относятся ее длина и площадь водосбора, то есть площадь, с которой атмосферные осадки стекают в данную реку. При этом выделяют большие, средние и малые реки.

Большие реки протекают через несколько географических зон. Сюда условно относят равнинные реки с площадью водосбора больше 50 тыс. км².

Средние реки протекают в пределах одной географической зоны; это равнинные реки с площадью водосбора в пределах от 2 до 50 тыс. км².

Малые реки – это те реки, которые не пересыхают в течение года или пересыхают на короткое время, протекают в равнинной местности и имеют площадь водосбора менее

2 тыс. км²

Мировой речной сток выносит ежегодно в океаны и моря более 3 млрд тонн растворенных минеральных веществ, он еще называется *сток солей* или *ионный сток*. Речные воды имеют небольшую минерализацию и относятся к пресным водам. Выделяют реки с малой (до 200 мг/л), средней (200–500 мг/л), повышенной (500–1000 мг/л) и высокой (>1000 мг/л) минерализацией. Большинство рек России относятся к первым двум категориям. В половодье и паводки, когда преобладает снеговое или дождевое питание рек, минерализация речных вод уменьшается, а в межень, когда возрастает вклад в питание рек более минерализованных подземных вод, увеличивается.

Речные воды России по химическому составу, как правило, относятся к *гидрокарбонатному классу*. Обычно это воды малой минерализации севера европейской и большей части азиатской территории страны.

Значительно меньшую площадь занимают воды средней минерализации, которые распространены в зонах лесов и лесостепей в средней полосе европейской части России.

Еще меньшая площадь занята бассейнами рек с водами повышенной минерализации. Они распространены преимущественно на юге европейской части России в зонах лесостепей и степей.

Гидрокарбонатные воды с минерализацией свыше 1000 мг/л в природе встречаются крайне редко.

Реки с водой, относящейся к *сульфатному классу*, сравнительно малочисленны, но превосходят воды гидрокарбонатного класса по величине минерализации. В них, как правило, преобладает кальций.

Реки, воды которых относятся к *хлоридному классу*, встречаются почти так же редко, как и реки, в воде которых преобладают сульфаты. Они расположены на территории преимущественно степных районов и полупустынь. Преобладающими катионами природных вод хлоридного класса являются ионы натрия. Воды хлоридного класса отличаются высокой минерализацией – свыше 1000 мг/л, реже от 500 до 1000 мг/л.

Природная зональность ионного состава речной воды связана не только с действием климатических условий настоящего времени, но и в значительной степени подготовлена климатом прошлого.

Карта *среднего годового речного стока органических веществ* дает представление о закономерностях миграции органических веществ в различных ландшафтах и позволяет установить ее связи с другими геохимическими факторами. Так, наибольшее количество органических веществ выносится реками в северные и восточные моря из таежно-лесных и горно-таежных регионов. Наличие на севере страны почвенных зон тундры, лесотундры и тайги, а также грунтовых вод с существенной концентрацией органических веществ обуславливает формирование маломинерализован-

ных, в основном гидрокарбонатных, высокоцветных вод. Особенности их очистки и обеззараживания будут рассмотрены ниже.

Озера

Воды, заполняющие естественные впадины на поверхности Земли, образуют озера. Это водоемы с замедленным водообменом.

Озера питаются водами поверхностного, подземного стока и атмосферными осадками. Расход воды происходит путем поверхностного испарения и подземного стока.

Почти все запасы озерных вод находятся в 16 наиболее крупных озерах. Так, объем озера Байкал составляет 23 тыс. км³.

Запасы пресных озерных вод Земли оценивают в 120 тыс. км³ [20].

Водный баланс озер определяют климатическая зональность и особенности геологического и тектонического строения региона.

Химический состав озерных вод зависит от состава пород водосбора и ложа озера и определяется также составом воды питающих притоков и подземных вод. Обычно доминирующими являются ионы HCO^- , соли жесткости с Ca^{2+} и Mg^{2+} . Ионы O^- , Cl^- , Na^+ и K^+ присутствуют обычно в малых коли-

чествах. Имеется и биогенный азот.

Количество растворенных примесей зависит от наличия или отсутствия стока из озера. В проточных озерах накопление солей незначительно. В сточных озерах возможно некоторое накопление солей, особенно под влиянием биохимических процессов. Самое же значительное накопление происходит в бессточных озерах, аккумулирующих принесенные в них соли. По степени солености воды озера делятся на следующие типы:

- 1) пресные – до 12 промилле;
- 2) солоноватые – 12–24,7 промилле;
- 3) соленые – 24,7–47 промилле;
- 4) минеральные, или соляные, – выше 47 промилле.

Соленость воды озер изменяется по их площади, глубине и во времени.

Озера по минерализации воды, как и реки, подразделяются на карбонатные (содовые), сульфатные (горько-соленые) и хлоридные (соленые). Уровень концентрации солей в таких озерах близок к насыщению, и дальнейшее повышение ее приводит к осаждению и кристаллизации солей. Минеральное озеро, в котором происходит садка соли, называется самосадочным, а его вода, представляющая насыщенный раствор, – *рассолом* или *рапой*.

Озерные воды характеризуются очень большими колебаниями рН: от 1,7 в некоторых вулканических озерах до 12,0 в ряде закрытых озер – например, в содовых озерах Восточ-

ной Африки и Южной Америки.

Почти все озера, воды которых имеют рН меньше 4, располагаются в вулканических областях, куда поступают сильные неорганические кислоты. Низкие значения рН также обнаруживаются в природных водах, обогащенных растворенными органическими веществами, например в заболоченных озерах. Обычные величины рН для открытых озер колеблются в пределах от 6 до 9.

Причиной мутности озерных вод могут быть компоненты состава почв и горных пород, вымываемые реками из своего русла, а также талые воды и ливневый сток, то есть твердые осадки, смываемые дождями с почвы лесов, полей, лугов и улиц населенных мест.

Одним из самых главных параметров озерной воды является содержание в ней кислорода, так как кислород играет весьма существенную роль в метаболизме водных аэробных организмов. Поступление растворимого в воде кислорода из атмосферы и образование его путем фотосинтеза сбалансированы его расходом на дыхание аэробных организмов.

Воды озер весьма разнообразны по своему химическому составу. При этом содержание водного гумуса может колебаться от 1 до 150 мг/л. Содержание гуминовых и фульвокислот в озерных водах оценивают по показателю цветности. Следует отметить биологическое загрязнение озер и весьма частую их эвтрофикацию. Растворенное и взвешенное органическое вещество природных вод является основным регу-

лятором метаболизма водных экосистем. При исследовании состава микрофлоры озер обнаружены представители всех основных групп микроорганизмов, обеспечивающих круговорот азота, углерода, фосфора и других элементов.

По водному балансу озера подразделяются на *бессточные*, *сточные* и *с перемежающимся стоком*:

– *бессточные* озера не имеют ни поверхностного, ни подземного стока, и потеря воды происходит только при испарении;

– *сточные* озера теряют воду за счет поверхностного и подземного стока. Среди сточных озер выделяются проточные, сток у которых составляет значительную долю объема водной массы. В них наблюдаются течения, связанные с режимом впадающих и вытекающих рек;

– озера *с перемежающимся стоком* занимают промежуточное положение между обеими группами. Сток воды из этих озер происходит только в период высоких вод, в межень вытекающие из них водотоки пересыхают.

Особенностью озерной воды является частое развитие микроскопических одноклеточных водорослей – так называемое цветение, способное в значительной мере ухудшить органолептические свойства воды и придать ей аллергенные свойства.

Питьевая водоподготовка озерных вод с учетом их специфики требует применения более сложных технологий.

Водохранилища

Водохранилище – искусственный водоем, созданный для накопления и последующего использования воды, в том числе для орошения земель, водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий, улучшения судоходных условий и проч.

Система водохранилищ на реке называется *каскадом*. С помощью водохранилищ регулируют речной водный сток для гидроэнергетики с целью предотвращения наводнений. Водохранилища используют также для организации рыбного хозяйства, водного транспорта, рекреации (отдыха людей), водного спорта.

Водохранилище состоит из трех основных частей: *озерной*, *озерно-речной* и *речной*.

- *Озерная* часть – это зона водохранилища, примыкающая к плотине и простирающаяся вверх по течению на значительное расстояние (70–150 км) от *створа*. Она наиболее глубоководна при любых уровнях воды, скорость течения незначительна, волнение наибольшее по сравнению с другими частями водохранилища.

- *Озерно-речная* часть – средняя зона водохранилища. При сработке ниже нормального уровня она характеризуется незначительными глубинами на *пойме*. Судоходство осуществляется только по судоходным трассам. Наблюдается

сильное волнение, а также течение воды по направлению главного русла реки.

- *Речная* часть даже при высоких уровнях представляет собой мелкий водоем. Волнение слабое, скорость течения значительна. При низких уровнях вода входит в *меженное* русло реки.

Типы водохранилищ различают по способу заполнения водой:

- *запрудные* – их заполняет вода водотока, на котором они расположены;

- *наливные* – заполняются водой рядом расположенного водотока или водоема. К наливным водохранилищам относятся, например, водохранилища гидроаккумулирующих электростанций.

Форма водохранилища определяется характером заполненного водой понижения земной поверхности. Котловинные водохранилища обычно имеют озеровидную форму, долинные – вытянутую.

По степени регулирования речного стока водохранилища бывают:

- *многолетнего регулирования;*
- *сезонного регулирования;*
- *суточного регулирования.*

К основным характеристикам водохранилища относятся площадь его поверхности (*зеркало*), объем воды и амплитуда колебания уровней воды в условиях его эксплуатации.

Гидрогеологический режим водохранилищ регулируется исходя из хозяйственных потребностей. По степени регулирования речного стока водохранилища могут быть многолетнего, сезонного, недельного и суточного регулирования. Характер регулирования стока определяется назначением водохранилища и соотношением полезного объема водохранилища и величины стока воды реки.

Любое водохранилище рассчитывается на накопление некоторого объема воды в период наполнения и на сброс этого же объема в период его сработки. Накопление нужного объема воды сопровождается повышением уровня до некоторой оптимальной величины. Такой уровень обычно достигается к концу периода наполнения, может поддерживаться плотиной в течение длительного времени. Предельно возможным снижением уровня воды в водохранилище является достижение уровня мертвого объема, сработка объема воды ниже которого технически невозможна.

Сооружение водохранилищ привело к увеличению объема вод суши приблизительно на $6,6$ тыс. км³ и к замедлению водообмена приблизительно в $4-5$ раз. Наиболее сильно замедлился водообмен в речных системах Азии (в 14 раз) и Европы (в 7 раз). После сооружения каскада водохранилищ водообмен в бассейнах рек Волги и Днепра замедлился в $7-11$ раз.

Давая несомненный положительный экономический эффект, водохранилища нередко вызывают и весьма неодно-

значные экологические последствия.

Расход стока воды водохранилищ на хозяйственные нужды и потери на испарение с его поверхности ведут к увеличению концентрации органических примесей в водоеме. В то же время водохранилища служат мощными поглотителями биогенных и загрязняющих веществ благодаря процессам их разложения и осаждения. Однако это положительное воздействие водохранилищ на качество воды возможно лишь при правильном режиме их эксплуатации, при условии ограничения антропогенной нагрузки на качество воды и проведения природоохранных мероприятий. В некоторых случаях требуется и реконструкция самого водохранилища.

Водоохранилища изменяют микроклиматические условия, почвенно-растительный покров на подтопленных землях и на сопредельной территории. Нередко ухудшается качество воды вследствие возникновения в некоторые периоды года дефицита кислорода в придонных слоях, накопления солей и биогенных веществ, цветения воды.

Вода водохранилищ обычно характеризуется малой мутностью, высокой цветностью и окисляемостью, наличием планктона в теплое время года, низкой минерализацией и малой жесткостью. Эти особенности затрудняют ее очистку для питьевых нужд.

В период таяния снега вода в реках, озерах и водохранилищах имеет более низкую минерализацию, чем в период, когда большая часть питания осуществляется за счет грун-

товых и подземных вод. Это обстоятельство используют при регулировании наполнения водохранилищ и сброса из них воды. Как правило, водохранилища наполняют в период весеннего половодья, когда приточная вода имеет меньшую минерализацию.

То есть при эксплуатации водохранилищ необходимо проведение экологического прогноза.

Приблизительно 95 % объема всех водохранилищ мира сосредоточено в крупных искусственных водоемах с полным объемом более $0,1 \text{ км}^3$. В настоящее время таких водохранилищ более 3 тыс. Большинство из них расположены в Азии и Северной Америке, а также в Европе.

В России насчитывается более 100 крупных водохранилищ с объемом более $0,1 \text{ км}^3$ каждое. Их суммарный полезный объем и площадь равны, соответственно, около 350 км^3 и более 100 тыс. км^2 . Всего же в России более 2 тыс. водохранилищ.

Самые большие по площади водохранилища в мире (без учета подпруженных озер) – это Вольта в Гане на реке Вольте, Куйбышевское в России на реке Волге, Братское в России на реке Ангаре, Насер (Садд-эль-Аали) в Египте на реке Нил. Самый большой полезный объем (без учета подпруженных озер) имеют водохранилища Вольта, Насер, Братское, Кариба (на реке Замбези в Замбии и Зимбабве).

Общая площадь всех водохранилищ мира – более

400 тыс. км², а с учетом подпруженных озер – 600 тыс. км². Суммарный полный объем водохранилищ достиг почти 6,6 тыс. км³. Многие реки земного шара – Волга, Миссури, Колорадо, и другие – превращены в каскады водохранилищ. Через 30–50 лет водохранилищами будет зарегулировано 2/3 речных систем земного шара [21].

Дождевая вода

Дождевая вода также является источником питьевого водоснабжения.

По сравнению с другими частями гидросферы содержащаяся в воздухе вода составляет очень небольшую долю – всего 0,001 %. Но значение этой части велико. Водяной пар участвует в образовании парникового эффекта, в поглощении и дифракции солнечного излучения. Путешествуя с воздушными потоками, вода переносится во все уголки Земли.

Вода быстрее переходит в газообразное состояние с поверхности пресных водоемов, чем с поверхности соленых. Рыхлая почва, лишенная капилляров, испаряет меньше влаги, чем плотная; больше всего воды атмосфера получает с глинистой почвы.

Нагретый, обогащенный водяным паром приземный воздух поднимается с поверхности земли. В верхних слоях тропосферы температура его понижается, и содержание водяно-

го пара становится предельно возможным (воздух достигает точки росы). Тогда происходит конденсация и образование облаков.

В районах, где отсутствуют поверхностные или подземные воды, в периоды дождей собирают дождевую воду.

Относительно ее питьевых качеств мнения разнятся, однако большинство исследователей не рекомендуют использовать дождевую воду для питья или приготовления еды.

Испарение влаги происходит с земной поверхности, которая в наше время обильно загрязнена стоками и вредными выбросами промышленных предприятий. Загрязнена и водная среда, и атмосфера, в которой формируются дождевые облака. В воздух выбрасываются многотонные массы токсичных веществ различными объектами промышленности, воздушным и автомобильным транспортом. По этой причине вода, испаряясь, не очищается, а наоборот, обогащается вредными для человека химическими соединениями, в том числе сероуглеродом, аммиаком и проч. А заодно и ядохимикатами, и пестицидами.

Миллиарды тонн воды в облаках собирают все загрязнения атмосферы, включая выхлопные газы самолетов, и направляют их с осадками на земную поверхность. По современным оценкам, на больших высотах выхлопные газы авиационных двигателей увеличивают естественный фон SO_2 на 20 % и более.

Кроме того, отмечено, что продукты сгорания авиацион-

ного топлива, которые ежедневно выбрасываются в воздух, задерживаются в слоях атмосферы на срок до двух лет. А во время взлета, посадки и прогрева двигателя самолета в атмосферу выбрасывается самое большое количество вредных примесей – углеводородных соединений и оксида углерода. В случае же попадания воздушного судна в чрезвычайную ситуацию самолет должен слить в воздухе оставшееся топливо.

Самым опасным фактором, влияющим на окружающую среду, считается то, что при осуществлении полета в стратосфере (в ее нижних слоях) двигатель самолета выделяет оксиды азота, а это приводит к окислению озоносферы, которая защищает нашу планету от радиации.

Выбросы так называемых ультрадисперсных частиц, которые во много тысяч раз меньше толщины человеческого волоса, способны навредить здоровью. Концентрация этих веществ способствует развитию у людей болезней дыхательной системы, сердца, сосудов и проч.

Дождевые капли по пути собирают всевозможные химические загрязнения, частички экскрементов животных и птиц и другие загрязнения, которые в виде мельчайших частиц могут находиться в воздухе. И при этом дождевая вода, наоборот, не содержит некоторые нужные для человека микроэлементы, остающиеся на земле в процессе ее испарения. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в 2011 году отметила, что отсутствие кальция и магния в дистиллиро-

ванной воде может негативно сказаться на здоровье людей, которые не получают эти минералы из других источников.

Таким образом, считают, что дождевая вода пригодна для принятия душа или полива, но пить ее можно только после тщательной очистки. Более того, отмечают, что даже в экологически чистом районе употребление дождевой воды в качестве питья нежелательно.

Родниковая вода по своим физико-химическим свойствам имеет большие отличия от дождевой, поэтому и дождевая, и опресненная, и дистиллированная вода отличаются худшим вкусом.

Врачи часто ссылаются на великого Авиценну, который еще в средние века рекомендовал дождевую воду доводить до кипения. Древний ученый утверждал, что пользу может приносить только вода, взятая из природных источников, она «*наполнена естественной силой*», и только она может утолять жажду.

II.3. О загрязнении природных пресных водоемов

Даже самая тщательная оценка запасов пресных вод может оказаться недостоверной, если не учитывать характер и степень их загрязнений.

Ежегодно в поверхностные водные объекты России сбрасывается до 52 км³ сточных вод, из которых примерно 63 % составляют сбросы промышленных предприятий и 25 % – сбросы бытовых сточных вод. Общий ущерб от загрязнения природных водных объектов для населения и отраслей экономики оценивается в 70 млрд рублей в год.

Объем водоотведения (канализования) составляет в среднем 65 % от объема забора воды из природных водоемов. Мощность очистных сооружений покрывает потребность в очистке сточных вод, но тем не менее до нормативного уровня очищается только 10 % стоков. Это объясняется тем, что очистка часто осуществляется по традиционным схемам и на устаревшем технологическом оборудовании, методы очистки не соответствуют категории сбрасываемых сточных вод, многие сооружения не имеют узлов доочистки и проч.

Таким образом, при рассмотрении источников загрязнения природных водоемов, к первичным следует отнести *ан-*

тропогенные (греч. *άνθρωπος* – «человек»; лат. *antropos; anthropos*) загрязнения, то есть загрязнения, возникающие в результате биологического существования и/или хозяйственной деятельности человека, в том числе:

✓ сброс неочищенных сточных вод, как бытовых, так и производственных;

✓ смыв с почв (в случае смыва с почв сельхозугодий в природные водоемы могут поступать химические удобрения, ядохимикаты и проч.);

✓ проникновение загрязняющих веществ из подземных вод (нефтепродукты, ионы металлов, радионуклиды и т. д.);

✓ попадание из атмосферы. С атмосферными осадками в природные водоемы часто поступают оксиды серы и азота, присутствующие в заводских выбросах и вызывающие закисление почвы. При этом восстановленный азот усиливает эвтрофикацию водоемов.

В результате могут резко изменяться:

• **физические свойства воды:**

– температура, прозрачность, окраска;

– появляются привкусы и запахи;

– на поверхности водоемов возникают плавающие субстанции;

– на дне водоемов образуется осадок;

• **химический состав воды:**

– увеличивается содержание органических и неорганических примесей, в том числе появляются (образуются) ток-

сичные вещества;

- уменьшается содержание кислорода;
- изменяется рН среды и проч.;

• **качественный и количественный бактериальный**

состав:

- появляются болезнетворные микроорганизмы.

Кроме того, в настоящее время часто имеет место:

• **радиоактивное загрязнение воды**, источниками которого можно считать:

– испытания ядерного оружия;

- сбросы радиоактивных отходов;

- крупные аварии (судов с атомными реакторами, ЧАЭС);

- захоронения на дне океанов и морей радиоактивных отходов.

Так, в частности, французские и английские атомные заводы заразили значительную часть Северной Атлантики, а три отечественных атомных подземных реактора, а также производство Красноярск-26, засорили реку Енисей, откуда *R*-загрязнения транспортируются прямо в океан.

Идет загрязнение мировых вод радионуклидами. В особенности сильным загрязнением подвергаются акватории арктических морей, в том числе самыми опасными радионуклидами: цезий-137, церий-144, стронций-90, ниобий-95, иттрий-91. Все они обладают высокой биоаккумулирующей способностью, переходят по пищевым цепочкам и концентрируются в морских организмах.

Сбросы в океан превращают его в мертвый. Необходимы экстраординарные и неотложные меры по его спасению. Следует помнить, что океан – это главное богатство человечества, его биологические и минеральные ресурсы.

Кроме перечисленного можно еще выделить такой значимый загрязнитель, как электроэнергетика – крупнейший потребитель пресной и морской воды.

В частности, водохранилища, возникшие в результате сооружения плотин ГЭС, обуславливают:

- затопление земель и населенных пунктов;
- засоление или заболачивание почв;
- развитие новых видов водной флоры и фауны и проч.

Таким образом, под воздействием указанных факторов природные воды нередко становятся непригодными для питьевого, а иногда для рекреационного или даже технического водопользования, теряют рыбохозяйственное значение.

Загрязняющие вещества природных вод создают весьма устойчивые структуры, сильно осложняя очистку воды, периодически делая ее невозможной (по крайней мере, за приемлемые средства).

Что касается химических загрязняющих веществ, то ошибочно рассматривать эти примеси в воде как механические включения. Например, как гречку, попавшую в манку, легко разделяемые на ситах. В одной телевизионной рекламе раз-

ноцветные кубики, шарики и пирамидки, символизирующие загрязнения воды, стремительно проносились через условный фильтр, полностью задерживаясь на нем. Очень наглядно, но не очень верно.

Как мы обсуждали, вода, даже в чистом виде, представляет собой ассоциаты (кластеры, агрегаты) молекул, увязанные в полужесткую структуру, которая удерживается различными, в основном водородными связями.

Химические загрязняющие вещества не пребывают в воде «в свободном полете», а вступают с ассоциатами воды в сложные взаимодействия с образованием всевозможных гидратов и аквакомплексов. И свойства этих аквакомплексов уже достаточно далеки от первоначальных свойств исходных примесей, взятых в чистом виде.

В свою очередь, примеси воды многосложно взаимодействуют друг с другом, а с учетом высокой реакционной и каталитической активности воды, мы в конечном счете имеем дело с различными продуктами трансформации и превращения первоначальных загрязняющих веществ.

Воду, таким образом, следует рассматривать как весьма сложную и стабильную систему.

Дополнительную устойчивость этой системе придает наличие в природной воде различных буферных систем – карбонатной, фосфатной, гуматной и проч.

Известный опыт наглядно иллюстрирует, что такое устойчивая система.

Был взят 1 л мочи человека. В результате ее испарения остался сухой остаток. Предполагалось, что так же, в обратном порядке, растворив этот сухой остаток в одном литре воды, можно перевести его назад в истинный раствор. В результате для полного растворения этого осадка потребовалось целых 15(!) литров воды.

Не менее устойчивой внутренней структурой обладает и природная вода.

Санитарно-гигиенические риски присутствия в воде различных загрязняющих веществ приведены в таблице 3 (составлена кафедрой экологии человека и гигиены окружающей среды, Первый МГМУ им. И. М. Сеченова).

Таковы последствия присутствия в природной/питьевой воде тех или иных загрязняющих веществ для здоровья человека.

А принимая во внимание, что, например, Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.-03 *«Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования»* содержат 1345 загрязняющих веществ, а СанПиН 2.1.4.1074–01 *«Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения...»* включает также порядка полутора тысяч таких показателей качества, то приведенная таблица отнюдь не исчерпывает гигиенической оценки степени риска опас-

ности потребления той или иной воды.

Действующие сегодня в РФ перечни химических веществ, нормируемых в воде, не включают многие современные загрязнители. Кроме того, эти перечни далеко не всегда учитывают, присутствует ли токсичные элементы в воде в ионном виде или в составе молекулы органического вещества. Часто не учитывают и валентность нормируемых элементов.

Хотя известно, например, что смертельно опасная сулема ($HgCl_2$) и относительно безопасная, даже лечебная каломель (Hg_2Cl_2) отличаются только валентностью ртути.

Но речь об этом пойдет позже, когда мы будем обсуждать нормативную базу питьевого водоснабжения РФ.

Таблица 3

Санитарно-токсикологическая характеристика химических загрязнений питьевой воды

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

| № | Наименование показателя | Источники поступления | Санитарно-токсикологическая характеристика |
|--|----------------------------|---|---|
| 1 | Взвешенные вещества | | Глинистые частицы сорбируют вирусы, имеющие размер порядка 10 мк, и ионы растворенных веществ. Таким образом, литьевая вода, не удовлетворяющая гигиеническому нормативу по показателю мутности, не может считаться эпидемиологически безопасной и химически безвредной. |
| Токсичные элементы и соединения | | | |
| 2 | Алюминий | Реагенты, подземные воды. | Нейротоксикант, накапливается в нервной ткани, в областях головного мозга, приводя к тяжелым расстройствам функции центральной нервной системы. |
| 3 | Барий | Геотермальные соленые воды. Сточные воды металлургической, машиностроительной, фармацевтической промышленности, производства бумаги, пластических материалов. | Высокотоксичное вещество, накапливается в костной ткани. Обладает гонадотоксическим, эмбриотоксическим и мутагенным эффектами в низких дозах. Вызывает артериальную гипертензию. |
| 4 | Бериллий | Подземные воды горно-складчатых областей (Урал), сточные воды современных отраслей промышленности – космической, авиационной, ядерной энергетики, производства люминесцентных ламп, кинескопов. | Высокотоксичный и кумулятивный клеточный яд. Обладает цитотоксическим, сенсибилизирующим, эмбриотоксическим и канцерогенным эффектами. |
| 5 | Бор | Минерализованные подземные воды, попадание морской воды в подземные воды. Поверхностные воды степных районов (Омской, Новосибирской областей, Алтайского края). Биогеохимические провинции, для которых характерны повышенные уровни бора в почве, растениях и воде. | Серьезные расстройства функций половой сферы у представителей обоих полов. Выраженный эмбриотоксический эффект. |
| 6 | Молибден | Поверхностные воды, подземные воды. Геохимические провинции – например, Томская область. Сточные воды в районах с промышленной добычей молибдена. | Полиартралгии и артрозы (молибденовая подагра). |
| 7 | Мышьяк | Загрязнения грунтовых и межпластовых вод отходами гидрохимических процессов цветной металлургии, золот ТЭЦ, работающих на угле. Воды из законсервированных шахт по добыче мышьяковистой руды. Биогеохимические провинции, сточные воды, связанные с залеганием полиметаллических руд. | Различные формы поражения кровеносных сосудов. Спухольевые заболевания человека. Рак кожи. |
| 8 | Нитраты и нитриты | Минеральные азотные удобрения. Жидкие отходы промышленных животноводческих комплексов. | Нитраты воды в 1,5 раза токсичнее нитратов, содержащихся в овощах. Накопление в крови метгемоглобина – дефицита гемоглобина, неспособного к переносу кислорода из крови в ткани. Образования канцерогенных <i>N</i> -нитрозосоединений из нитрата натрия и вторичных легко нитрозируемых аминов в желудочном соке человека. |
| 9 | Свинец | Сточные воды. Районы залежей полиметаллических руд, особенно в мягких водах и водах с низким значением pH. | Детским организмом свинец усваивается в 3-4 раза интенсивнее, чем взрослым. Крайне высокая способность к кумуляции в костях. Нарушения процесса образования эритроцитов, эритропоэза. Поражение нервной системы, почек, ранний атеросклероз. |
| 10 | Селен | Подземные воды. Геохимические провинции (Тува, Южный Урал). | Нарушение формирования эмали зубов, нарушение кальциевого обмена, дисфункция печени. |

| | | | |
|----|-----------------|---|---|
| 11 | Стронций | Воды глубоких подземных горизонтов, обогащенные стронцием, распространены на территории ряда областей Европейской части России, в Прикаспии, в Якутии. Особенно высокие концентрации, выше 7 мг/л, обнаружены в подземных водах Смоленской, Тверской областей, Среднего Поволжья, Астраханской и Московской областей. | Нарушения развития костной ткани у детей, проявляющиеся в задержке развития зубов, позднем зарастании родничка, снижении процента детей с гармоничным физическим развитием. Отмеченная патология является отражением известного из биохимии факта конкурентных отношений стронция и кальция при распределении в организме. <u>При избытке фтора</u> (возрастании концентрации до 1,5-2,0 мг/л) – развитие флюороза, одним из признаков которого является пятнистость эмали зубов. Нарушение окостенения скелета у детей, изменения в мышце сердца и в деятельности нервной системы. У людей, потребляющих воду с концентрацией фтора более 3-6 мг/л, отмечается не только поражение зубов, но и деформирующие формы флюороза скелета. <u>При недостатке фтора</u> (ниже 0,5 мг/л) – развитие кариеса зубов. Нарушение регуляции минерального обмена скелета; при этом в раннем возрасте он способствует процессу минерализации костей, а в пожилом возрасте уменьшает степень возрастной деминерализации костной ткани. |
| 12 | Фтор | Сточные воды суперфосфатных и криолитовых заводов, горнодобывающей промышленности, производства апломиния. Минеральные удобрения (суперфосфат). Водоросли поверхностные воды. | |

Примеси техногенного происхождения

| | | | |
|----|---------------|---|--|
| 13 | Кадмий | Сточные воды техногенных кадмиевых геохимических провинций (электронная промышленность, производство люминофоров, атомная и ракетная техника, производство щелочных аккумуляторов. Входит в состав полимеров (в качестве стабилизатора), специальных сплавов и антикоррозионных покрытий, используемых в пищевой промышленности и водопроводной практике. В водоемах кадмий сорбируется взвешенными частицами и с ними оседает на дно. При повышении pH воды кадмий снова переходит в воду. | Тяжелые поражения почек и связанная с этим гипертоническая болезнь. Гонадотоксическое действие. |
| 14 | Никель | Поверхностные воды районов месторождения никелевых руд. Сточные воды металлообрабатывающей и химической промышленности. Выбросы в атмосферу, Сточные воды, связанные со сжиганием каменного угля, и оттуда – в поверхностные воды. | В организме поражаются тонкие биохимические процессы на клеточном и субклеточном уровнях. |

| | | | |
|----|----------------|--|--|
| 15 | Ртуть | <p>Распространение во всех элементах окружающей среды в силу высокой летучести паров ртути, которая из атмосферного воздуха попадает в водные объекты в результате седиментации и с осадками.</p> <p>Сточные воды ТЭЦ, заводов цветной металлургии, целлюлозно-бумажных, цементных.</p> <p>Применение ртутьсодержащих сельскохозяйственных фунгицидов.</p> | <p>Высокотоксична и кумулятивна</p> <p>В основе патогенеза хронической ртутной интоксикации малыми дозами лежит высокое средство ртути с сульфидрильными группами многих ферментов, а также нарушения клеточных мембран. Эти нарушения универсальных биохимических механизмов и структур находят свое выражение в тех или иных синдромах, зависящих от индивидуальных особенностей организма.</p> <p>Для неорганических соединений ртути характерны поражения почек и печени, органические соединения характеризуются нейротоксичностью, эмбриотоксичностью.</p> <p>Вода, содержащая неорганическую ртуть на уровне гигиенического норматива, будет безопасна и в отношении анирртути.</p> |
| 16 | Хром | <p>Сточные воды и твердые отходы гальванического и кожевенного производства, текстильной промышленности и производства специальных сплавов.</p> <p>В природных соединениях хром, как правило, представлен трехвалентной формой, отходы промышленности содержит шестивалентный хром.</p> | <p>Токсические свойства присущи шестивалентному хрому. Поражения почек и печени. Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки.</p> <p>Аллергизирующий эффект, связанный с высокой способностью его к комплексообразованию (хромовый дерматит).</p> <p>Доказаны канцерогенный и мутагенный эффекты.</p> |
| 17 | Цианиды | <p>Сточные воды производства полимеров, кокса, процессов извлечения благородных металлов, гальванопластики, ряда технологий органического синтеза.</p> | <p>Из стандарта США 1977 г. норматив цианидов исключен как практически нецелесообразный из-за их низкого содержания в используемой питьевой воде.</p> |

Вещества, неблагоприятно влияющие на органолептические свойства воды источника водоснабжения и питьевой воды

| | | | |
|----|-----------------|--|--|
| 18 | Железо | <p>В водной среде присутствует чаще всего в форме гидрокарбоната или сульфида железа (II). В силу гидрохимических закономерностей в подземных водах железо часто встречается совместно с марганцем в различных соотношениях.</p> <p>Использование железосодержащих коагулянтов, а также в результате коррозии труб системы распределения воды.</p> | <p>Неприятный вкус, бурый цвет, образует конкреции в трубах, затрудняющие ток воды и повреждающие водопроводную арматуру.</p> <p>Эти образования вторично ухудшают органолептические свойства воды за счет слизиобразования, присутствующего железобактериям.</p> <p>Последнее обстоятельство создает условия для реактивации болезнетворных бактерий, которые подавляют обеззараживанием воды.</p> |
| 19 | Марганец | <p>Сточные воды</p> | <p>Металлический привкус. Окрашивание ткани при стирке.</p> <p>Относится к эссенциальным микроэлементам, входит в состав многих ферментов, гормонов и витаминов, влияющих на процессы роста, размножения, кроветворения и иммунитета.</p> <p>Всасывание марганца, поступающего в организм с питьевой водой, незначительно вследствие гидролиза катионов марганца и образования малорастворимых солей.</p> <p>По данным ВОЗ, содержание марганца в питьевой воде до 0,5 мг/л не приводит к нарушению здоровья человека.</p> |

| | | | |
|----|-------------|---|--|
| 20 | Медь | Вымывается из материалов труб и арматуры. Химические свойства меди в воде зависят от значения pH воды, концентрации в ней карбонатов, хлоридов и сульфатов. | Придает воде неприятный вяжущий привкус в низких концентрациях. Является необходимым элементом в метаболизме человека, играя роль в образовании эритроцитов, высвобождении тканевого железа, в развитии скелета, центральной нервной системы и соединительной ткани. Проявления хронического токсического действия соединений меди, поступающих с питьевой водой, маловероятны из-за наличия гомеостатического механизма ее регулирования, а также рвотного действия при высоких концентрациях. |
| 21 | Цинк | Вымывается из материалов труб и арматуры. | Накопления содержания цинка в организме в обычных условиях не наблюдается. Вода с содержанием цинка свыше 5 мг/л обладает вяжущим привкусом. |

ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

В поверхностных водах обнаружены десятки тысяч органических загрязняющих веществ самых разных химических классов. Органические соединения природного происхождения – гуминовые, дубильные вещества, танины и др. – способны изменять органолептические свойства воды, однако не проявляют токсические свойства в питьевой воде и успешно удаляются в процессе водоподготовки.

Органические вещества техногенного происхождения при поступлении их в организм с питьевой водой могут оказывать крайне опасное действие на здоровье. Рутинный аналитический контроль за их содержанием в питьевой воде затруднен слабым оснащением производственных лабораторий.

Легче определены в воде органические вещества, обладающие выраженными органолептическими свойствами (*СТАВЫ* – пенообразование, фенолы – специфический запах и др.).

В настоящее время содержание органических веществ ограничивается через соблюдение нормативов в воде источника водоснабжения по показателям БПК и ХПК.

Квалифицированное применение современной техники аналитического контроля позволяет получить своевременную информацию об органических загрязнениях питьевых, природных и сточных вод, не обладающих выраженными органолептическими свойствами, но представляющих высокую опасность для здоровья в силу выраженной токсичности, кумулятивности или способности вызывать отдаленные эффекты, неблагоприятные для здоровья индивидуума или последующих поколений (мутатогенные – изменяющие наследственные структуры, канцерогенные, эмбриотоксические, гонадотоксические).

Среди таких соединений большое гигиеническое значение имеют следующие группы: **сельскохозяйственные пестициды, ароматические полициклические углеводороды, галогенсодержащие соединения, диоксины, дибензофураны и бифенилы** – техногенные высокостабильные продукты, получившие широкое распространение в окружающей среде.

Пестициды

Соединения высокой биологической активности, весьма разнообразные по химической природе. Наиболее часто применяются хлорорганические и фосфорорганические соединения, карбаматы.

Хлорорганические пестициды отличаются крайне высокой стабильностью и способностью к биоаккумуляции.

Менее стабильны в водной среде **фосфорорганические пестициды**, но в связи с высокими дозами их применения, а также с широким ассортиментом соединений возможность загрязнения ими источников водоснабжения весьма высока.

Получение с питьевой водой малых доз пестицидов вызывает нарушение ферментных систем с дальнейшим развитием болезни обмена веществ, расстройства функций иммунной системы. Особенно опасен длительный контакт с пестицидами женщин в период беременности и детей.

Среди населения, подвергавшегося воздействию пестицидов через питьевую воду, было больше случаев вирусного гепатита, чем среди населения, пользовавшегося водой из благополучного по химическому составу источника. Высокие концентрации пестицидов в воде источника водоснабжения способны влиять на микрофлору воды, изменять устойчивое соотношение между количеством патогенных и санитарно-показательных видов микрофлоры.

Отмечается способность многих пестицидов (**амины, амиды**) к нитрозированию. В связи с высокими дозами азотных удобрений при интенсивных агротехнологиях возникает реальная опасность загрязнения источников водоснабжения канцерогенными **нитрозосоединениями**.

| | |
|---|--|
| Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) | <p>Поступают в окружающую среду как продукты неполного сгорания органического топлива, лобочные и промежуточные продукты органического синтеза.</p> <p>ПАУ малорастворимы в воде, но обладают высокой способностью к сорбции на глинах и других донных осадках, что ведет к появлению в водной среде более высоких концентраций.</p> <p>Они могут вызывать различные поражения кожи и ее салных желез, поражения костного мозга, лимфатической системы.</p> <p>Среди ПАУ встречаются соединения, обладающие канцерогенными свойствами; потенциально опасными для человека в этом отношении признаны 14 ПАУ. Наиболее сильным канцерогеном, кроме того, обладающим наибольшей относительной стабильностью по сравнению с другими канцерогенными ПАУ, является бенз(а)пирен.</p> |
| Полихлорированные бифенилы (ПХБ) | <p>Поступают в поверхностные воды со сточными водами производств хлорфенолов и их производных. Бифенилы используются как добавки к трансформаторным маслам для снижения пожароопасности, применяются и в других отраслях: как растворители для красок и чернил, в производстве пластмасс. Возможно поступление полихлорированных ПАУ в подземные воды в результате миграции в грунтах на территории полигонов захоронения промышленных отходов.</p> <p>Часто обнаруживаются в донных отложениях различных водных объектов.</p> <p>Обладают высокой стабильностью в природной среде и чрезвычайно высокой токсичностью. Расчетные среднесмертельные дозы диоксинов для человека измеряются сотыми долями миллиграмма на килограмм массы. При длительном воздействии крайне низкие дозы они способны вызывать канцерогенный, тератогенный, гонадотоксический и иммуносупрессивный эффекты.</p> <p>Возможно появление дибензо-п-диоксинов (ПХДД), дибензофуранов (ПХДФ) и бифенилов (ПХБФ) в воде источников водоснабжения в биологически значимых концентрациях.</p> |

| | |
|--|---|
| Галогенсодержащие соединения | <p>Сточные воды некоторых производств.</p> <p>Однако основной источник поступления в питьевые воды – процесс обеззараживания воды хлором. В процессе хлорирования воды образуются сотни галогенсодержащих соединений, качественный и количественный состав которых зависит от исходного содержания в воде предшественников – гуминовых и фульвокислот, хинонов, фенолов и др.</p> <p>Обладают бластоогенной и мутагенной активностью, высокой биологической активностью; их воздействие проявляется в отдаленных последствиях – развитии злокачественных опухолей, генетических болезней и т. п.</p> <p>К высокоприоритетным соединениям относят хлороформ, четырёххлористый углерод, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромформ, дихлорметан, 1,1-дихлорэтилен, трихлорэтилен и тетрахлорэтилен.</p> |
| Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) | <p>Поступают со сточными водами. Несмотря на гигиенические и экологические требования при их синтезе об отборе для производства только способных к биоразложению (так называемых «мягких СПАВ»), сточные воды и после очистки содержат значительные количества этих соединений, и поверхностные воды оказались повсеместно ими загрязнены. Главное потребительское свойство этих соединений – поверхностная активность – позволяет им мигрировать через горные породы, являющиеся водоупорами, что приводит к загрязнению СПАВ подземных горизонтов, считающихся надежно защищенными.</p> <p>Будучи сами малотоксичными, СПАВ при поступлении в организм способствуют проникновению через биологические мембраны малорастворимых соединений, либо высокотоксичных (металлоорганические соединения), либо канцерогенных (ПАУ, производные бензола). Однако ведущий признак неблагоприятного действия СПАВ на питьевую воду – это изменение органолептических свойств, в первую очередь пенообразование, придание воде привкуса.</p> <p>Наличие СПАВ в воде водного объекта приводит к интенсивному развитию микрофлоры, что нарушает санитарный режим водного объекта.</p> |

РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

| |
|---|
| <p>Особый вид химического загрязнения природных вод. Имеют место случаи значительного облучения за счет радона (одного из газообразных продуктов распада урана), содержащегося в некоторых месторождениях пресных подземных вод.</p> <p>Около 250 радиоактивных изотопов попадают в окружающую среду в результате работы ядерных установок. Эти радиоактивные частицы вместе с водой, пищей и воздухом попадают в организмы людей, вызывая раковые заболевания, врожденные дефекты развития, снижение функций иммунной системы, и увеличивают общую заболеваемость населения.</p> |
|---|

Наряду с этими соединениями ученые-гигиенисты отмечают наличие загрязняющих веществ в водных объектах, которые оказывают на организм специфическое «отложенное» воздействие. А именно: токсические эффекты проявля-

ются не сразу, а в отдаленные от экспозиции периоды жизни. Причем часто речь идет о годах и даже десятилетиях. Еще серьезнее для общества проявление неблагоприятных эффектов в последующих поколениях.

По данным разных авторов, ниже представлен [22] перечень групп веществ, обладающих отдаленными эффектами токсического действия:

– **эмбриотоксическим** (*способность отрицательно воздействовать на развивающиеся эмбрионы*)

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.