



Ю.Г. Юровский

ЭТЮДЫ О ВОДЕ

Симферополь
ИТ «АРИАЛ»
2014

**Экспедиционный центр
Русского Географического общества
по Крымскому федеральному округу**

Ю.Г. Юровский

ЭТЮДЫ О ВОДЕ

**Симферополь
ИТ «АРИАЛ»
2014**

УДК 556 + 556.3
ББК 26.22
Ю 78

Юровский Ю.Г.

Ю 78 Этюды о воде / Ю.Г. Юровский. – Симферополь :
ИТ «АРИАЛ», 2014 – 112 с.
ISBN 978-617-648-319-9

Книга представляет популярное изложение отдельных разделов научных исследований. Тема посвящена одному из самых простых химических соединений - воде. Отдельные фрагменты знания об этой на самом деле совсем не простой и всем известной жидкости представлены в виде этюдов.

Книга предназначена для широкого круга читателей. Её можно рекомендовать школьникам старших классов и студентам первых курсов ВУЗов, изучающих науки о Земле.

**УДК 556 + 556.3
ББК 26.22**

ISBN 978-617-648-319-9

© Юровский Ю.Г., 2014
© ИТ «АРИАЛ», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	5
Этюд 1. Распределение воды на планете Земля.....	10
Этюд 2. Удивительные свойства воды	19
Этюд 3. О химическом составе воды.....	29
Этюд 4. Проблемы пресной воды	37
Этюд 5. Вода в недрах земли.....	45
Этюд 6 .Минеральные и термальные воды	52
Этюд. 7. Пресная вода под дном океана.....	63
Этюд 8. Курильщики на дне океана.....	73
Этюд 9. Проблемы определения качества воды	83
Этюд 10. Морские волны.....	95
Послесловие	110

Уважаемый читатель!

Перед вами, на первый взгляд, обычная книга о самом обычном веществе на Земле - воде. Она написана необычным человеком, доктором наук, талантливым гидрогеологом, посвятившим свою профессиональную жизнь изучению такого простого и удивительного вещества.

«Этюды о воде» - серия небольших произведений, написанных специально для юношеской аудитории. Автор хорошо известен в научных кругах как специалист по субмаринной разгрузке подземных вод, гидрогеологии шельфовых областей. Настоящая книга - его первый и весьма удачный опыт популярной литературы для школьников, студентов младших курсов и всех интересующихся естественными науками.

Мы привыкли, что вода является частью нашей жизни, и порой забываем о той роли, которую она играет в существовании не только всего живого на планете, но и самой планеты. В книге ярко и в доступной для широкого читателя форме изложены современные представления о воде, уникальные свойства которой далеко не полностью еще изучены и объяснены.

Издание было задумано в виде 10 самостоятельных небольших статей - этюдов, каждый из которых посвящен определенной важной теме. Книгу можно читать последовательно, «этюд за этюдом», а можно и вразнобой, начиная с наиболее интересных страниц. Вот только на вопрос, какая же тема наиболее интересна, важна и занимательна - ответит сам читатель.

*Ст. преподаватель кафедры гидрогеологии,
Института наук о Земле
Санкт-Петербургского
государственного университета*

Е.П. Каюкова

ОТ АВТОРА

Вода – необходимый компонент существования жизни на Земле. Эту мысль высказывал первый из известных нам древнегреческих философов, Фалес, живший приблизительно в VII веке до н.э. Он считал воду первопричиной всего, говоря: «Все возникает из воды и в нее же возвращается». Вслед за Фалесом первоэлементом называл воду другой великий философ древней Греции - Аристотель (384 - 323 г. до н.э.). Зарождение органической жизни на Земле, большинство современных ученых связывает с океаном, то есть с водой. В. И. Вернадский полагал, что следует «рассматривать жизнь, как особую коллоидальную водную систему..., как особое царство природных вод».

Человек может прожить без воды максимум пять суток. Само тело человека состоит большей частью из воды. По отношению к массе тела месячный эмбрион состоит на 97% из воды. Новорожденный на 75 - 80%, Организм пожилых людей - на 57 и немного менее процентов.

В древности наиболее эффективным способом взять осажденную крепость был не штурм, а лишение осажденных питьевой воды. Самый известный случай такой осады - взятие князем Владимиром греческого города Херсонеса (Корсуня) в 987 году (по другим данным 988 году). Войска князя безуспешно осаждали город полгода. И неизвестно, взяли бы его славяне или нет, если бы не предательство одного из греков-византийцев. Он выдал князю местоположение водовода, питавшего город пресной водой. Разрушив керамические трубы по которым текла вода, князь вынудил город на третий день капитулировать. Безоговорочная сдача киевскому войску Херсонеса имела далеко идущие последствия. Князь сначала сам принял христианство. А затем крестил в водах Днепра все население Киева. Заметьте, опять-таки в воде. Ритуальное омовение также характерно для другой всемирной религии - ислама.

Аналогичный случай сдачи города произошел в 1941 году. Осажденный немецко-румынскими войсками город Одесса героически сражался до тех пор, пока враги не перекрыли единственный водовод, питающий город питьевой водой. После этого на третий день город сдался.

С давних времен все крупные населенные пункты располагались по берегам рек и проточных озер. Это и удобный транспортный путь, и источник водоснабжения и оборонительный рубеж. Крепости и замки опоясывались глубокими рвами, заполненными водой.

Воду тоже удобно было брать из реки. В регионах с достаточно густой речной сетью складывались и традиционные транспортно-торговые пути. Например, водный путь от Балтийского до Черного моря «Из Варяг в Греки». Он существовал многие столетия. Позже, труднопроходимые участки обустроивались, вместо волоков появились судоходные каналы. Так, еще при Петре I значительно улучшили водный путь из Архангельска в Санкт-Петербург. С 1810 начала действовать Мариинская система каналов, соединяющая бассейн Каспийского моря с Балтийским. Потом появились Беломорско-Балтийский, Волго-Донской и другие каналы. Сложная сеть водных коммуникаций в восточной Европе постоянно совершенствовалась. Память об этом сохранилась даже в названии городов: поселение Вышний Волочек (с 1770 года город) упоминается в летописях еще в XV веке. Крупные водные артерии контролировали специально построенные крепости: Измаил - Дунай, Очаков - Днепр, Азов - Дон, Петропавловская - Нева.

Аналогично сеть каналов построена и в Западной Европе. Например, канал Рейн-Майн-Дунай (Людвигов канал), созданный в первой половине XIX века. Самая густая сеть построена в Голландии. Много каналов во Франции, Германии, Венгрии. Наконец знаменитые каналы Венеции, которые заменяют в этом городе обычные улицы.

В Сибири, Якутии и других регионах с многолетней вечной мерзлотой населенные пункты располагались исключи-

тельно по берегам рек. Получение питьевой воды в этих краях возможно только из рек. Все другие способы, в том числе колодцы, скважины для водоснабжения там бесполезны. Летом воду из реки доставляют в дома бочками. Зимой - в виде напиленного брусками льда. Поэтому, в каждом доме, в отапливаемом помещении, обязательно стоит емкость для воды. Ранее это были деревянные бочки, сейчас - металлические. Водопровод до сих пор для многих поселков крайнего севера непозволительная роскошь.

Развитие Европейской цивилизации следует изучать, начиная с древней Эллады. Не упуская и бытовых мелочей. Между тем, много неясного в вопросах водоснабжения остается до сих пор при изучении древнегреческих городов-полисов северного Причерноморья. Их основали греческие переселенцы - колонисты. К ним относятся античные города, расположенные на Керченском полуострове и Тамани. Только на Керченском полуострове таких городов было около десяти: Пантикапей, Нимфей, Киммерик, Мирмикея и другие. На Тамани - Фанагория, Гермонесса и другие. Среди основных причин массового переселения греков с островов Эгейского моря и отчасти материковой Греции называют недостаток сельскохозяйственных земель и перенаселенность. Выбор колонистами степных районов диктовался вполне объективными причинами. Горную часть Крыма и его южный берег населяли дикие и воинственные тавры. Степную - кочевники скифы, которые тоже земледелием не занимались, но с ними греки наладили взаимовыгодную торговлю. Судя по огромному количеству греческих изделий (керамики, ювелирных украшений, монет и др.), найденных в скифских курганах, торговля велась с большим размахом. Надо полагать, что сравнительно небольшие участки земли, занимаемые греческими полисами, скифов особенно не волновали. Они владели бескрайними просторами степей, где свободно паслись их табуны. Конечно, не обходилось без периодических набегов и грабежей. Колонистам приходилось либо отбиваться от кочевников, либо откупаться.

Сейчас на месте, где стояли многие греческие города, простирается безводная степь. Но, начиная приблизительно с VII - V века до н.э. здесь жили люди. Они выращивали виноград, овощи, держали скот. Археологи полагают, что климат в те далекие времена в этих краях был более влажным. Население получало воду из родников, собирало дождевую воду в специальные цистерны. Количество жителей жестко регламентировалось имеющимися водными ресурсами.

Зная суточный объем воды из родников, можно приблизительно подсчитать население, жившее в античном городе. Археологи попытались сделать это при раскопках Ольвии. Остатки этого города находятся недалеко от современного Очакова. В связи с подъемом уровня Черного моря часть Ольвии оказалась затопленной. Родники, снабжавшие город пресной водой, теперь изливаются на дне моря. Их обнаружили аквалангисты, но, к сожалению, определить их расход так и не сумели.

В пустынях Северной Африки, от Атлантического океана и до Аравийского полуострова включительно, постоянные поселения и города возникали в оазисах, где были родники. Кочевые племена вели нескончаемые, кровавые войны за редкие источники пресной воды. Победители диктовали свою волю менее удачливым кочевникам. И до сих пор вода в этих краях имеет особую цену. Можно сказать, что вся история Северной Африки, Аравии, Средней Азии в значительной степени связана с борьбой за обладание пресной водой.

До того времени, пока Арабские Эмираты, в недрах которых имелись месторождения нефти, не обзавелись опреснительными установками, пресная вода у них стоила гораздо дороже бензина. Её доставляли туда танкерами. Разрабатывались даже фантастические проекты буксировки в Персидский залив айсбергов из Антарктиды. Некоторые политологи усматривают причину арабо-израильского конфликта именно в проблеме водоснабжения. Израиль полностью контролирует водные ресурсы региона и потому положение его стратегически более прочное, чем у палестинских арабов.

Историю развития Европейской цивилизации невозможно рассматривать без эпохи Великих географических открытий. Организация первых морских экспедиций Васко де Гамы, Колумба, Магеллана, безусловно, диктовалась чисто коммерческими причинами. Но они обогатили науку новыми знаниями о водной оболочке Земли. Положили начало систематическому изучению Мирового океана: морских течений, волн, ветров. Спектр научных задач постоянно расширялся: химия морских вод, физические свойства воды, биоресурсы. Последнее время пристальное внимание уделяется исследованиям морского дна. И чем больше мы узнаем об океане, тем больше возникает новых вопросов. Приходит понимание, что вода и водная оболочка планеты, в смысле познания, представляют собой второй космос.

Этюд 1.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ НА ПЛАНЕТЕ ЗЕМЛЯ

Разве вода - это только та бесцветная жидкость, что налита в стакан? Океан, покрывающий почти всю нашу планету, всю нашу чудесную Землю, в котором миллионы лет назад зародилась жизнь, - это вода. Тучи, облака, туманы, несущие влагу всему живому на земной поверхности, - это ведь тоже вода. Бескрайние ледяные пустыни полярных областей, снеговые покровы, застилающие почти половину планеты, - и это вода».

Академик И.В. Петрянов.

О распределении воды на нашей планете, люди узнали сравнительно недавно, в результате Великих географических открытий. К наиболее выдающимся из них можно отнести первое кругосветное плавание Магеллана. Тогда же европейцы впервые узнали о существовании самого большого океана Земли. Это случилось 28 ноября 1520 года, когда в неизвестный ранее европейцам океан вышел Фернан Магеллан. Он пересёк его от Огненной Земли до Филиппинских островов за 3 месяца и 20 дней. Всё это время стояла спокойная погода, и Магеллан назвал его *Тихим океаном*. За свое открытие Магеллан и большинство его спутников заплатили жизнью. Потребовалось еще более двух столетий, чтобы на географические карты были нанесены более или менее точные очертания материков. Они тоже были оплачены человеческими жизнями. Так, в экспедиции в 1741 году погиб командор Витус Беринг. В 1788 в Тихом океане бесследно пропало судно французского мореплавателя Жана Лаперуза. Были и многие другие случаи гибели исследователей. Человечеству дорого обошлось изучение Северного Ледовитого океана. Только в XX веке пропали без вести: экспедиция Э. Толя (1902), Г. Брусилова (1914), Г. Седова (1914). Спасая команду разбившегося дирижабля У. Нобиле, погиб знаменитый полярник Руал

Амундсен (1928). Вопрос о том, сколько суши на планете и сколько воды решался тяжело и, порой, трагически.

Если посмотреть на глобус, то первое на что обращается внимание - доминирование на поверхности планеты воды. В самом деле, океаны покрывают 71% поверхности земли или 361 млн. км². Но ведь это не вся водная поверхность Земли. Если добавить к ней все остальные водоемы (озера, водохранилища, реки), то общая водная поверхность составит 75% поверхности или 383 млн. км². То есть три четверти площади. Некоторые исследователи идут еще дальше. Если учесть зимний снежный покров (443 млн. км²), то вода будет покрывать уже 83% поверхности. Закономерен вопрос, а правильно ли мы назвали свою планету Земля? Может быть, правильнее было бы Вода?

Распределение воды на планете крайне неравномерно. Большая часть ее находится в океанах. Суммарный объем вод океана составляет 1338000 тысяч кубических километров, что составляет 96,5% всего объема гидросферы Земли. На втором месте по объему занимают воды, содержащиеся в ледниках - 1,74%. Далее, 1.7% объема гидросферы составляют глубоко залегающие подземные воды на суше. Все остальные: атмосферные, речные, озерные, многолетней мерзлоты, почвенные и биологические составляют десятые, сотые и тысячные доли процента. Из всего объема гидросферы Земли, пресные воды составляют всего 149,8 млн. км³ или 2,53%. Причем, большая их часть заключена во льдах Антарктиды и Арктики, а именно 68,7%.

Итак, большая часть жидкой воды находится в океанах. Большая часть твердой воды (лед) находится в полярных областях Земли. Причем наибольшее ее количество сосредоточено в Антарктиде. Затем следует ледяной покров острова Гренландия, ледники на островах Северного Ледовитого океана и меньшая их часть - в горных сооружениях Земли (Гималаи, Памир, Анды, Кордильеры и другие). Основная масса парообразной воды содержится в атмосфере.

Все эти виды воды составляют водную оболочку Земли - гидросферу. Еще в начале XX века, великий ученый и философ Владимир Иванович Вернадский высказал мысль о том, что все природные воды Земли суть едины. Этот тезис в настоящее время никем не оспаривается. Причем, все эти разновидности находятся в постоянном движении, переходят из одной фазы в другую. Быстрее всего перемещается водяной пар в атмосфере, медленно двигаются и тают ледники. Все виды движения воды образуют так называемый «Круговорот воды в природе», о котором мы знаем еще со школьного курса физической географии. Знаем в самом общем виде, хотя процесс этот достаточно сложный и многие детали круговорота до сих пор мало изучены. По современным представлениям в большом климатическом Круговороте выделяются три цикла водообмена между океаном и сушей.

1. Атмосферный цикл. Основные элементы этого цикла протекают по схеме: Испарение с поверхности океана → атмосфера → суша → атмосфера → океан. Полный круговорот водяного пара происходит за 0,027 года (или около 10 суток). Однако, перенос водяного пара, его конденсация и выпадение осадков на суше подчиняется глобальным закономерностям циркуляции атмосферы. А они таковы, что большинство воды в виде осадков выпадает в экваториальном поясе. Как в Северном, так и в Южном полушарии, в поясе широт приблизительно 20° - 40° наблюдается минимум атмосферных осадков. В промежутке этих широт Землю опоясывают пустыни и полупустыни.

В Северном полушарии практически вся северная Африка представляет собой пустыню. Самая крупная из них Сахара. Кроме неё существует Ливийская, Нубийская и другие. Источников пресной воды лишен и весь Аравийский полуостров. Севернее располагаются пустыни Йемена, Ирака, Израиля (Негев). Далее, пояс продолжают Среднеазиатские пустыни: Каракум, Кызылкум, В центре Азии Уйгурская, Такла-Макан. К ним можно добавить пустыни Индии, Ирана, Афга-

нистана. И, на самом востоке, простирается огромная пустыня Гоби.

Приблизительно на этих же широтах в Южном полушарии тоже располагается пояс пустынь. В Африке это Калахари, Чиуауа и другие. В Южной Америке, с севера на юг: Наска, Атакама, Патагонская и другие. Несмотря на то, что Австралийский континент омывают два океана, большую часть его площади занимают пустыни: Большая Австралийская, Виктория, Симпсона, Гиббсона и другие.

Направление движения воздушных потоков несущих влагу довольно постоянно. В экваториальной зоне сезон дождей обеспечивают муссоны (сезонные ветры). Для центральной и северной Европы «кухней погоды» является Северная Атлантика, с пересекающим её теплым течением Гольфстрим. Зарождающиеся там циклоны следуют по определенным траекториям, неся обильные фронтальные осадки (т.е. осадки сопровождающие прохождение атмосферных фронтов). Дорогу циклонам на юг Европы преграждает очень устойчивый Азорский антициклон. По стабильности его можно сравнить только с Якутским. В Якутии этот антициклон обеспечивает ясную, безоблачную погоду, а зимой способствует образованию полюсов холода в Оймяконе и Верхоянске.

Над Средиземным морем зарождаются собственные циклоны,двигающиеся преимущественно в восточном направлении. Азорский антициклон и особенности циркуляции воздушных масс над Средиземным морем обуславливают крайне засушливый климат на большей части Пиренейского полуострова (Испания) и южной части Апеннинского полуострова (Италия). Мало осадков выпадает также на юге Франции и Греции.

2. Цикл поверхностного стока. Основную схему этого цикла можно представить в виде: океан → атмосфера → суша → поверхностный (речной) сток → океан. Среднегодовой речной сток в оценках разных авторов колеблется от 34,7 тыс. км³, до 41,0 тыс. км³. Продолжительность полного цикла в

среднем по Земному шару приблизительно составляет 0,033 года (или 12 суток).

Наиболее полноводными являются реки тропического пояса. Среди них абсолютный чемпион - река Амазонка. Среднегодовой расход воды в нижнем её течении составляет 220 тыс. м³/с. В пределах года расход существенно изменяется: от 70 тыс. м³/с (в сухой сезон), до 300 тыс. м³/с (в сезон дождей). Длина реки около 7 тысяч километров, Она течет от Анд до Атлантического океана и создает самую большую в Мире дельту, площадью свыше 100 тыс. км². Ширина реки в среднем течении составляет 11 км, а в паводок достигает 40 км. В Амазонку впадает множество притоков, собирающих воду с огромной площади в 7,2 млн. км². Площадь водосборного бассейна вполне сопоставима с площадью целого материка - Австралии (7,692 млн. км²). Протекая в субширотном направлении, близ экватора Амазонка образует не только уникальную речную, но и свою биологическую систему. Учитывая все эти особенности, по результатам Всемирного конкурса в 2011 году, Амазонка признана одним из семи природных чудес света.

3. Цикл подземного стока. Схему этого цикла можно представить так: океан → атмосфера → суша → просачивание (инфильтрация) воды в горные породы → подземный сток в естественные дрены (русла рек) и совместный сток с речными водами в океан или непосредственный сток подземных вод в океан.

Количественная оценка подземного стока для всего Земного шара достоверно до сих пор не определена. Главной причиной является отсутствие достоверных гидрологических и гидрогеологических данных. Тем не менее, приблизительные оценки были выполнены рядом ученых. Так, сток подземных вод через речную сеть оценивается величиной в 12 тыс. км³/год. Непосредственный сток подземных вод в Мировой океан в среднем составляет от 800 до 2500 км³/год.

Оценить продолжительность цикла подземного стока тоже весьма проблематично. Она сильно зависит от физико-

географических и геологических условий. Ясно одно, что цикл этот очень длительный и может измеряться десятками и сотнями лет.

Не смотря на относительно небольшие объемы подземного стока, в моря и океаны, минуя речную сеть, исследование этого процесса представляет достаточно большой научный и экономический интерес. В первую очередь, это касается пресных вод, ибо на многих морских побережья ощущается острый недостаток питьевой воды. С целью отработки методики изучения субмаринного (подводного) стока, ряд международных научных организаций провели в 2000 - 2005 годах специальные исследования.

Очень интересные данные о подземном стоке были полученные департаментом геофизики Бразильской Национальной Обсерватории в 2011 году. Оказалось, что параллельно Амазонке под землей на глубине порядка 4 км течет еще одна подземная «река». Поток подземных вод с высокими скоростями фильтрации имеет ширину от 200 до 400 км, а расход его оценивается в 3000 м³/с. Вновь открытый подземный поток назвали рекой Хамза (Hamza).

Подведем итоги. Распределение воды на земном шаре крайне неравномерно. И в северном полушарии ее меньше. Так, площадь суши в северном полушарии составляет 39%. В южном полушарии ее площадь всего 19%. Наибольшее количество пресной твердой воды сосредоточено в Антарктиде. Наибольшее количество жидкой пресной воды находится в озере Байкал и составляет 19% мировых запасов пресной озерных вод.

В геологическом времени, современное расположение на карте материков и океанов, представляет собой, как бы мгновенный кадр из истории Земли. Земная кора является лишь тонким слоем (максимальная толщина до 80 км), а вся литосфера (толщина менее 300 км) располагается на поверхности вязкопластичного вещества астеносферы (от греческого «астенос» - слабый, мягкий). Согласно современным представлениям, твердая оболочка Земли (литосфера) разбита на 7 больших плит: Евразийская, Африканская, Северо-Американская, Южно-

Американская, Тихоокеанская, Индийская и Антактическая. На 6 средних по величине плит: Наска, Аравийская, Сомалийская, Карибская, Филиппинская и Кокос. Между ними находятся микроплиты и террейны (террейн - обособленный фрагмент микрорплиты или островной дуги). Часть плит своими очертаниями практически совпадают с континентами, Часть, представляют чисто океанические или смешанные плиты. Все они постоянно движутся, сталкиваются, расходятся, вращаются. В древние геологические периоды материки тоже сходились и расходились. Так, на протяжении палеозойской эры существовал южный материк Гондвана. Он включал в себя все южные материки: Южную Америку, Африку, Австралию, п-ов Индостан, Антарктиду. Северные материки в девоне соединились в суперматерик - Лавразию. В конце палеозоя (от греч. πᾶλαιός - древний, греч. ζωή - жизнь), около 240 млн. лет назад, оба материка сблизились и образовали суперконтинент - Пангею. Это был огромный континент, а всю остальную поверхность земли покрывал океан. Пангея (др.-греч. Πανγᾱία - «вся земля»). Название предложил Альфред Вегенер (нем. Alfred Lothar Wegener). Существует множество вариантов реконструкций процесса образования Пангеи. На рисунке 1 показан один из них.

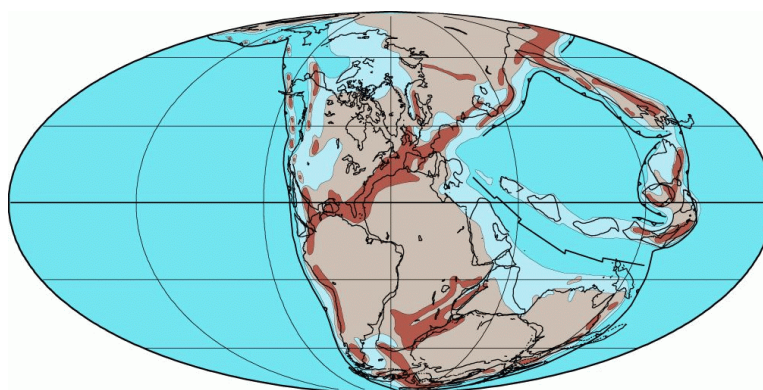


Рис.1. Пангея.

Ранние представления людей, о том, что Земля есть большой остров в безбрежном океане, очень напоминают Пангею.

Ну, а то, что она не стояла на трех слонах, а те на китах, можно списать на богатое воображение людей, лишенных объективной информации.

При распаде Пангеи образовались новые океанические пространства, например огромный океан Тетис. Они какое-то время существовали, потом исчезали. Можно сказать, океаны рождались и умирали. Соответственно менялся климат Земли, возникали и исчезали региональные круговороты воды. Изменялся и уровень Мирового океана. Он, кстати, с момента его образования никогда не был постоянным. В зависимости от разных природных факторов, главным образом климатических, он или повышался или понижался. В разные геологические эпохи уровень отличался от современного на сотни метров. Так, в позднем мелу (около 70 млн. лет назад) уровень океана был выше современного на 350 метров. А в нижнем олигоцене (около 40 млн. лет назад) - ниже на 250 метров. При этом огромные территории суши то затоплялись, то осушались. В цифрах это от 30 до 40 млн. км².

Очень интересны катастрофические изменения уровня внутренних морей. Самым ярким событиям такого рода можно считать совершенно недавние по геологическим меркам события, произошедшие в Черном море примерно 18 тысяч лет назад. Тогда Черное море не соединялось со Средиземным и представляло собой пресноводный водоем с отметкой уровня - 60 м. Азовского моря вообще не существовало, ибо его максимальная глубина сейчас составляет всего 14,4 метра. В связи с окончанием ледникового периода, начался подъем уровня Мирового океана, и воды Средиземного моря прорвались через Босфор. Уровень в Черном море сразу повысился на 90 - 100 м. Соответственно вся система водообмена суша - море в этом регионе резко изменилась. Затопленные русла рек превратились в палеорусла. Часть из них до сих пор насыщена пресной водой, питаемой подрусловым стоком.

За последнее 100 лет ученые фиксируют медленное, но устойчивое повышение уровня Мирового океана. По оценкам разных источников оно составляет от одного до 1,7 мм/год.

Происходит медленное затопление низменных берегов, сокращение площади суши и увеличение площади Мирового океана. Одновременно меняются условия дренирования подземного стока морскими впадинами. Постепенно меняются и все балансовые составляющие круговорота воды на Земле. Отсюда следует простой вывод, что все цифры характеризующие распределение воды на нашей планете достаточно условны. Как говорит пословица: все течет, все меняется. К этому можно добавить: изменялось, изменяется, и будет изменяться.

Этюд 2.

УДИВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ

«Понять воду - значит понять Вселенную, все чудеса природы и саму Жизнь».

Масару Эмото

С первых школьных уроков химии и до конца своей жизни многие люди представляют воду, как простое соединение кислорода с водородом. Между тем, это открытие сделано сравнительно недавно: в конце XVIII - начале XIX века. Благодаря опытам Г. Кавендиша, А. Лавуазье, А. Гумбольдта, Ж. Гей-Люссака стало известно, что вода состоит из двух объемов водорода и одного объема кислорода. Соответственно, её химическая формула записана как H_2O , а молекулярная масса равна 18. Датой рождения этой формулы считается 1805 год (В. Тихомиров). Последующие исследования постепенно выявляли другие удивительные, можно сказать уникальные качества воды. Далее, я позволю себе процитировать некоторые положения учебника «Общая гидрогеология» авторов В.А.Кирюхина, А.И. Короткова, А.Н. Павлова, издания 1988 года, ибо, это единственный известный мне учебник гидрогеологии, в котором понятно и доходчиво описываются свойства воды. Из-за малого тиража он уже стал библиографической редкостью. Поэтому цитирование необходимо.

«Температура кипения и плавления воды при атмосферном давлении составляют соответственно 100 и 0°C. На них основываются принятые системы отсчета температур. Другие водородные соединения, входящие в группу кислорода H_2S , H_2Se , H_2Te , кипят при отрицательных температурах (-61, -42 и -4°C). А плавятся, при температурах (-82, -64 и -51°C). Причем, эти температуры ложатся на плавные линии (в зависимости от молекулярной массы вещества), экстраполяция (*обоснованное продолжение математической зависимости*) кото-

рых дает теоретические температуры кипения и плавления порядка -70 и -100°C . Согласно общим закономерностям, определяемым периодическим законом Д.И. Менделеева, вода при стандартных условиях ($t = 25^{\circ}\text{C}$ и $P = 0.1$ МПа) должна была бы быть дурно пахнущим газом. Впрочем, если бы вода утратила аномальность, температуры плавления и кипения, сами «стандартные условия» стали бы другими (поскольку вода регулирует температурный и газовый режим нашей планеты)».

Возможно, профессиональному химику эти рассуждения не интересны. Но для школьников и студентов младших курсов они будут внове. Теперь мы остановимся на некоторых физических константах, подчеркивающих удивительные свойства воды.

«Теплоемкость воды – самая высокая из всех жидкостей и составляет $4,19$ Дж/ $^{\circ}\text{C}$. На ней также основана система отсчета значений теплоемкости. Для сравнения, теплоемкость этилового спирта $0,53$, бензола $0,39$. Это означает, что вода медленно нагревается и медленно остывает. В результате она становится главным регулятором климата на Земле. Влияние Мирового океана сказывается практически в любых точках Земли, даже в районах наиболее удаленных от морских берегов и характеризующихся так называемым континентальным климатом. Подсчитано, что если бы вся Земля была покрыта океаном, амплитуда колебаний температуры воздуха изменялась бы от 0° на экваторе, до $5 - 6^{\circ}\text{C}$ на полюсах.

С высокой теплоемкостью воды связаны и такие показатели как *скрытая теплота плавления*, составляющая $337,7 \times 10^3$ Дж/кг и *скрытая теплота парообразования*, составляющая 2258×10^3 Дж/кг. То есть, для превращения 1 кг льда в жидкость и 1 кг воды в пар нужны огромные затраты энергии (для бензола например эти показатели энергии соответствуют $126,9 \times 10^3$ и $394,8 \times 10^3$ Дж/кг). Перечисленные показатели характеризуют высокую энергоемкость воды, предопределяющие её исключительную роль, как аккумулятора энергии при протекании природных процессов.

Вода обладает самой высокой из жидкостей диэлектрической постоянной (80,1 при $t = 20^{\circ}\text{C}$). Это означает, что при растворении в воде солей, сила электрического взаимодействия между разноименно заряженными частицами уменьшается в 80 раз. В результате чего соли диссоциируют на ионы. Явление электролитической диссоциации имеет исключительную важность, предопределяя большинство свойств водных растворов. Например, одно из основных свойств - инертность воды, как растворителя. Разлагая соли на разноименно заряженные ионы, вода в большинстве случаев сама не участвует в химических реакциях с растворенными веществами. И они могут быть вновь получены при выпаривании водного раствора. Эта особенность воды имеет колоссальное геологическое и биологическое значение. Именно она предопределяет водные круговороты самых разных порядков. От измеряемых несколькими часами (в живых организмах), до измеряемых миллионами лет (в геологических). По-видимому, и появление жизни на Земле в значительной степени связано с этим удивительным свойством воды».

Нельзя не отметить еще одно важное физическое свойство воды, присущее только этой жидкости. «В отличие от других жидкостей, вода обладает максимальной плотностью в 1 г/см^3 не при температуре плавления, а при 4°C . Причем, при охлаждении от 4°C до нуля 0°C вода расширяется». Это свойство воды издавна использовали люди, например, для раскалывания каменных блоков, предварительно просверлив в них отверстия. В природных процессах вода разрушает твердые породы, попадая в трещины и потом замерзая. В геологии это явление рассматривается как один из видов проявления экзогенных (вызванных внешним воздействием) процессов - морозное выветривание. Термин «выветривание» никак не связан с ветром, а воздействие ветра на горные породы относится к эоловым процессам (по имени древнегреческого бога ветров Эола).

Отметим еще одно, хорошо всем знакомое явление - превращение воды в лед при замерзании. В отличие от всех дру-

гих жидкостей, чистый пресный лед легче самой жидкости и имеет плотность $0,918 \text{ г/см}^3$. Поэтому, он плавает на поверхности воды, а не опускается на дно. Это удивительное свойство водного льда, не тонуть в собственном расплаве, играет огромную роль в природе. Водоемы замерзают с поверхности, а образовавшийся ледяной покров защищает водные организмы от гибели. Получается, что «вода не только породила, но и защищает жизнь».

Все перечисленные выше свойства воды позволяют считать ее веществом уникальным. Благодаря своим аномальным свойствам она не только сформировала биосферу, но и сам современный лик Земли, и все разнообразие ландшафтов планеты.

Не смотря на то, что вода является совершенно необходимым компонентом, обеспечивающим жизнь человека и важнейшие технологические процессы, она все еще таит в себе много неразгаданных свойств. Коротко остановимся лишь на одном из них.

Структура воды. Открытие удивительных структурных особенностей воды произошло в тридцатые годы XX века. Английские физики Дж. Бернал и Р. Фаулер установили, что каждая молекула воды окружена по тетраэдру четырьмя другими. То есть, молекулы воды определенным образом упорядочены. Как выглядит такой тетраэдр, иллюстрирует схематический рисунок 2.

Это явление получило название структура воды. Результаты исследований были опубликованы в августовском номере 1933 г. международного журнала по химической физике «Journal of Chemical Physics».

Главное, что удалось установить упомянутым английским ученым, это факт существования особого типа связей между отдельными атомами водорода - так называемые водородные связи. Именно эти связи играют фундаментальную роль в возникновении особых, аномальных свойств воды. Направление исследований Бернала и Фаулера активно развивается до сих пор. В последней четверти XX века появились две новые

модели структуры воды: кластерная и клатерная. *Кла́стер* (англ. *cluster* - скопление) - объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определёнными свойствами. Кластерная модель наиболее обоснована.

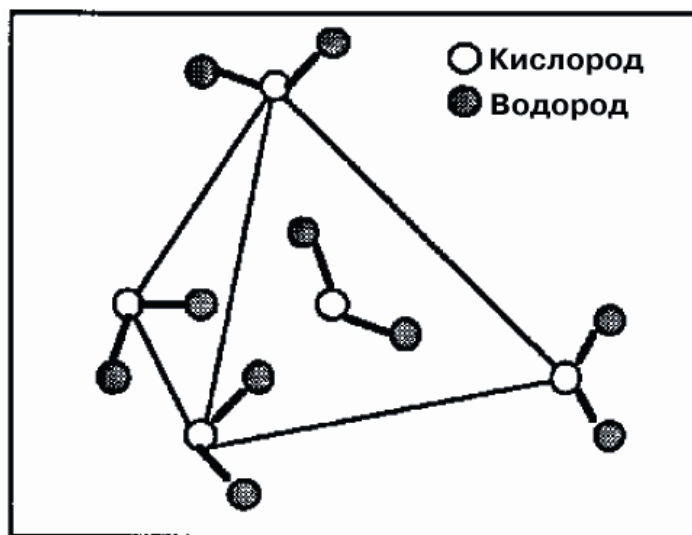


Рис. 2. Схематическое изображение упорядоченных молекул воды.

В 1999 году российский исследователь структуры воды С.В. Зенин защитил докторскую диссертацию, посвященную кластерной модели. Исследования проводились тремя физико-химическими методами: рефрактометрическим, жидкостной хроматографии и протонно-магнитного резонанса. В комментариях к этой работе другой ученый - химик В.В. Мосин писал: «Сейчас считается доказанным, что особенности физических свойств воды и многочисленные короткоживущие водородные связи между соседними атомами водорода и кислорода создают благоприятные возможности для образования особых структур - асоциатов (кластеров) воспринимающих, хранящих и передающих самую различную информацию».

После работы Зенина в научной печати появилось еще множество работ посвященных кластерам. Тем не менее, теорией в полном смысле этого слова «кластерную теорию стро-

ения воды» называть рано. На многие вопросы она просто не дает ответа. Например, не объясняет причину уменьшения плотности воды при плавлении, динамические свойства течучести и ряд других. Здесь ученых ждет огромный фронт работ.

Но вот, что касается «памяти» воды, способности запоминать и передавать информацию - все верно. Причем, целый ряд фактов был подтвержден чисто экспериментальным путем, задолго до появления «теории кластеров». Наиболее успешно использовалась магнитная память. Так, еще в позапрошлом веке было замечено положительное воздействие на человеческий организм воды побывавшей в магнитном поле. А в 1945 году бельгийский инженер Т. Вермайерн получил патент, на способ позволяющий снизить образование накипи в паровых котлах путем предварительной магнитной обработки воды. И этот способ успешно применяется на ряде ТЭЦ и ГРЭС в Российской Федерации. Также было установлено, что при замачивании семян многих культурных растений омагниченной водой резко возрастает их всхожесть.

Кроме магнитного, вода способна запоминать воздействие электрического и даже акустического поля. Так, японский доктор Масару Эмото нашел оригинальный способ «прочтения» памяти воды. Для этого он размещал ёмкости с водой между динамиками, проигрывая произведения различных композиторов. Затем Масару Эмото замораживал воду и фотографировал структуру кристаллов образовавшегося льда. Результаты наглядно показали, что наиболее правильные, красивые и симметричные кристаллы образовывались после исполнения классических произведений. А наиболее грубые, ассиметричные, формы, получались от рок-музыки.

Изучая воду, ученые обнаруживают все новые и новые её удивительные свойства, и даже разновидности воды. Например, геологов давно интересовало состояние воды на больших глубинах в земной коре. С этой целью были проведены специальные эксперименты, в которых имитировались физические условия больших глубин (высокие температуры и дав-

ления). Выяснилось, что после выдерживания воды в автоклавах при температурах 300 - 400°С и давлениях до 100МПа, параметры воды достаточно сильно изменялись: увеличивалась растворяющая способность воды ко многим минералам, понижался показатель рН, возрастала электропроводность. Полученная жидкость была названа **активированной водой**. Аналоги ее обнаружили у ряда источников термальных минеральных вод. По мнению профессора А.Н. Павлова «целительные свойства некоторых типов минеральных вод могут быть связаны не только с их химическим составом, но и с повышением биологической активности воды при её активации».

Открытия в науке не всегда проходят гладко. Вот один из примеров. В 1962 году химик, доцент Костромского текстильного института Н.Н. Федякин объявил об открытии нового вида воды. Вначале её окрестили «аномальной водой», «орто водой», «поли водой». Свойства ее настолько необычны, что Федякину никто не поверил. На провинциального ученого вылили ушат грязи, а печати появилась масса разгромных и язвительных рецензий. Грянул научный скандал. Проверка открытия проводилась большим коллективом ученых во главе с тогда еще член-корреспондентом, а позже академиком АН СССР Б.В. Дерягиным. Суть опытов была довольно простой. Пары воды конденсировались в тонких кварцевых капиллярах диаметром 5-20 мкм. Полученную жидкость называли **Вода II**. Проверка, проведенная Б.В. Дерягиным, подтвердила следующее. Прежде всего, оказалось, что вода II почти в 2 раза плотнее обыкновенной воды I. Плотность Воды II составляет 1,4, а вязкость в 15-20 раз больше. По своей вязкости Вода II напоминает вазелин - обмакни в нее палец и она потянется за ним, как смола. Вода II не замерзает при 0 °С. Только при -100°С. Она, не образуя льда, сразу вся, вследствие еще более резкого увеличения вязкости, переходит в стекловидное состояние. А закипает лишь при 300°С. Когда же при нагревании температура достигает 700 - 800°С, пары ее распадаются, превращаясь в пары обыкновенной воды I. Немного позднее установили еще одно удиви-

тельное свойство присущее этой разновидности воды. Оно состоит в том, что Вода II обладает уникальным инфракрасным спектром поглощения, не свойственным ни одному из известных веществ.

Скептики, однако, подвергли сомнению результаты исследований Дерягина. И только спустя семь лет, критики поутихли, после того как в лаборатории английской фирмы «Юнилевер» результаты опытов Дерягина были подтверждены. После этого десятки исследовательских лабораторий США, Бельгии, Франции и других стран начали изучение воды II, открытой скромным костромским ученым. В России это случается не в первый раз. Например, чем Кострома хуже Калуги, где написал все свои труды простой школьный учитель, ученый-самоучка и, в тоже время, основатель теоретической космонавтики К.Э. Циолковский.

Несмотря на усилия многих научных коллективов, природа Воды II пока остается загадкой. Относительно ее свойств существует несколько противоречивых точек зрения. Одни исследователи считают, что «виною» всему примеси, неизбежно имеющиеся в воде. Другие утверждают, что при конденсации паров на поверхности стекла или кварца имеют место каталитические процессы, способствующие переходу воды в такое состояние, какого не получить на поверхности других веществ. Третьи, и в том числе Б.В. Дерягин, что в созданных условиях происходит полимеризация молекул воды с изменением ее структуры. Сейчас бы это назвали изменением кластеров. Очевидно одно, дальнейшие исследования сулят крупные перспективы в практическом использовании воды II.

Тяжелая вода. К настоящему времени, в природе обнаружено множество как долгоживущих (стабильных), так и короткоживущих изотопов различных химических элементов. *В качестве справки: изотоп (от греческих слов изос - равный, одинаковый, подобный и тоπος - место). В физике изотопами называются атомы одного и того же химического элемента, имеющие различные атомные веса, но почти не от-*

личающиеся друг от друга своими физическими и химическими свойствами. Водород и кислород, составляющие молекулу воды имеет по три стабильных изотопа и целый ряд нестабильных, продолжительность существования, которых, измеряется секундами и долями секунды.

Стабильными природными изотопами водорода являются: ^1H - протий, ^2H - дейтерий и ^3H - тритий. Стабильные изотопы кислорода обозначаются как: ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . Дейтерий был открыт сравнительно недавно физиками Уошберном и Юри. Статья, в которой сообщалось об открытии дейтерия, была напечатана весной 1932, а уже в июле были опубликованы результаты по электролитическому разделению изотопов. В 1934 за открытие тяжелого водорода Юри была присуждена Нобелевская премия по химии. (Уошберн тоже был представлен к премии, но скончался в том же году, а по положению о Нобелевских премиях они вручаются только прижизненно). Как отмечают в научной прессе: «Уже вскоре после открытия дейтерия в природной воде была обнаружена ее тяжелая разновидность.

Обычная вода состоит в основном из молекул $^1\text{H}_2\text{O}$. Но если в природном водороде есть примесь дейтерия, то и в обычной воде должны быть примеси HDO и D_2O ». Так как при электролизе воды H_2 выделяется с большей скоростью, чем HD и D_2 , то со временем в электролизере (устройстве для электролиза) должна накапливаться тяжелая вода. В 1933 Гилберт Льюис и американский физикохимик Роналд Макдональд сообщили, что в результате длительного электролиза обычной воды им удалось получить не виданную никем до этого новую разновидность воды - тяжелую воду.

В природных водах тяжелая вода обычно содержится в виде незначительной примеси, измеряемой сотыми долями процента. В «чистом» виде тяжелая вода обладает свойствами, отличными от обычной воды. Максимальная плотность ее отмечается при $t = 11,2^\circ\text{C}$ и составляет $1,056 \text{ г/см}^3$, вязкость на 20% выше, диэлектрическая постоянная на 0,3 - 0,5% ниже. Температура плавления тяжелой воды $3,8^\circ\text{C}$, температура

кипения при давлении в одну атмосферу $101,4^{\circ}\text{C}$. Тяжелая вода токсична.

Физики - ядерщики практически сразу нашли применение тяжелой воде. Её стали использовать как замедлитель нейтронов в ядерных реакторах, поскольку она практически не поглощает тепловые нейтроны.

С тяжелой водой связана интересная история. Как известно, к концу Второй Мировой войны в третьем рейхе форсировано велись работы по изготовлению атомной бомбы. Исследования сильно тормозила нехватка тяжелой воды. Нацистские физики выяснили, что в некоторых норвежских озерах ее концентрация значительно выше, чем в обычной воде. Гитлер, надеясь на чудо-оружие, постоянно торопил ученых. Тогда нацисты наладили доставку воды из Норвегии транспортными самолетами Люфтваффе. Но все равно получить ее в достаточном количестве не успели. А теперь представим себе вариант, что они успели. Историки считают, что взрыв одного ядерного заряда (а больше немцы вряд ли сумели бы изготовить) все равно не изменил бы ход войны. Конец третьего рейха был предreshен. Но сколько могло быть при таком раскладе лишних жертв, страшно подумать.

Вот так некоторые удивительные свойства воды могли повлиять на судьбу Европы и Мира. Представляется символическим и совпадением дат. Американские ученые впервые сумели получить тяжелую воду в 1933 году. Как раз в том году, когда в Германии пришел к власти Адольф Гитлер.

Этюд 3.

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ВОДЫ

Вода дана волшебная власть - стать соком жизни на Земле.

Леонардо да Винчи

В природных водах всегда содержится то или иное количество растворенных веществ: соли, газы, органические вещества. Изучением химического состава воды занимается специальная область науки - гидрохимия. В энциклопедии (БСЭ) этой науке дается такое определение: *Гидрохимия, наука о химическом составе природных вод и закономерностях его изменения в зависимости от химических, физических и биологических процессов, протекающих в окружающей среде.* Гидрохимия одновременно является составной частью двух наук о Земле: гидрологии и геохимии. Крупнейшим ученым-гидрохимиком XX века, можно сказать отцом отечественной гидрохимии, следует считать Олега Александровича Алекина (1908-1995), член-корреспондента АН СССР (с 1953 года) и РАН (с 1991 года). Его перу принадлежат такие фундаментальные работы, как «Гидрохимия рек СССР», «Химический анализ вод суши», «Химия океана» и первый учебник по этой дисциплине - «Основы гидрохимии».

Как определяется содержание растворенных в воде веществ? Если мы выпарим воду, то на дне сосуда останется сухой остаток - все растворенные в ней вещества (кроме газов). По весу сухого остатка определяют **общую минерализацию** воды в г/л, г/дм³, г/кг. Можно определить количество растворенных веществ, проведя химический анализ воды. Суммируя содержание всех ионов, мы получим **соленость** воды, которую принято выражать в промилле. *Промилле* (лат. per mille - на тысячу) - одна тысячная доля, 1/10 процента;

обозначается ‰. Минерализация является первой и очень важной характеристикой химических свойств природных вод.

Количество растворенных в природных водах веществ колеблется в широких пределах: от первых миллиграмм до сотен грамм на литр (приблизительно до 600). Самая простая классификация по общей минерализации сводится к следующему. Пресными считаются воды с содержанием солей до 1 г/л, солеными - 1-35 г/л, а свыше 35 г/л - рассолы. Отметим, что минерализация 35 г/л выбрана не случайно: она соответствует средней минерализации вод Мирового океана.

Среднее значение общей минерализации океанической воды - величина сугубо условная, хотя и основана на очень большом количестве определений. Относится, к ней следует, как к средней температуре пациентов больницы. Надо помнить, что в океаны впадает множество рек. Крупные реки, типа Амазонки распресняют морскую воду на сотни километров от устья. Поскольку пресная вода имеет меньшую плотность, чем морская, она растекается тонким слоем по поверхности морской воды. Средняя минерализация вод внутренних морей может отличаться от средней океанической в два и более раза. Так, средняя соленость вод Черного составляет 18 ‰, или 18 г/л. Опресняет ее сток крупных рек Дуная, Днестра и других. Соленость Азовского моря в северной части под влиянием стока реки Дон всего 5 - 6 ‰, а на участке у входа в Керченский пролив 14 ‰. Существенная разница в уровнях и солености создают в Черноморских проливах мощные разнонаправленные течения. В Керченском проливе менее плотные азовские воды вызывают поверхностное течение, направленное в Черное море. А навстречу им около дна движутся более соленые черноморские воды. Аналогичная картина наблюдается и в проливе Босфор, поскольку вода Мраморного и Средиземного морей почти в два раза солоней черноморской воды. Очень низкая соленость наблюдается в Балтийском море: 10 - 12 ‰. В Финском и Рижском заливе она вообще составляет 4 - 6 ‰. Зато в Красном море, высокое испарение и отсутствие впадающих рек, обуславливают соленость в 42 ‰.

Значительные колебания солености имеют серьезные биологические следствия. Низкая соленость Черного и Балтийского морей резко ограничивает видовой состав их обитателей. По сути, они представляют собой своеобразные пустыни. Даже в холодных арктических и антарктических морях видовой состав обитателей намного богаче. Дело в том, что океанические организмы в большинстве своем стеногалинны, то есть, могут жить и размножаться только при определенном диапазоне солености, близким к средней солености Мирового океана. Нижняя граница диапазона определяется не ниже 25 ‰. Поэтому, в Балтийском (особенно в заливах) и Азовском морях, обитают преимущественно пресноводные организмы.

Черное море обладает еще одной уникальной особенностью - крупнейшей в мире областью сероводородного заражения, верхняя граница которой в среднем по бассейну располагается на глубине около 200 м. Агрессивная сероводородная среда исключает возможность существования в ней нормальных биоценозов. Жизнь в глубоководной зоне представлена, главным образом, сероводородными бактериями. В донных осадках сероводородной зоны содержание сероводорода достигает 100 мг/л, в исключительных случаях до 121,4 мг/л [А. Митропольский и др., 1982].

Указанные выше природные особенности сформировались в течение недавнего времени (не более 18 тыс. лет) в процессе эволюции Азово-Черноморского бассейна. Первую особенность (пониженную соленость) по отношению к Черному морю, с точки зрения экологии, можно рассматривать как «естественное загрязнение», ограничивающее развитие нормальной океанической биоты. Ограничение видового состава водоема, в свою очередь, существенно уменьшает биологическую устойчивость к внешним воздействиям. Вторая особенность (наличие сероводородного заражения) фактически ограничивает проведение экологических исследований на глубинах более 200 м.

Некоторые ученые предлагают Азовское море рассматривать как крупный природный эстуарий (*Эстуарий - воронкообразное расширение устья реки*), со всеми присущими особенностями развития эстуарной биоты, гидрогеохимии речного стока, специфическими особенностями осадконакопления и др. Наиболее полно все эти особенности описаны в книге Г.А. Сафьянова «Эстуарии» [Сафьянов, 1987].

Ученым-гидрохимикам важно знать не только общее количество растворенных в воде солей, но и каких именно. Было установлено, что в химическом составе морской воды доминируют: среди анионов хлор - 90,2%, а среди катионов натрий - 77,32%. Вместе они образуют всем известное вещество NaCl - поваренную соль. Вторыми по удельному весу являются анион SO₄ (9,28%) и катион Mg (17,62%). Именно эти составляющие придают морской воде горько-соленый привкус. Содержание всех остальных солей измеряется в десятых и сотых долях грамма. Природные воды (в том числе морская) содержат в растворенном состоянии практически все химические элементы таблицы Д. Менделеева. Даже такие трудно растворимые элементы, как золото. Среднее содержание золота в морской воде составляет $4 \cdot 10^{-6}$ мг/л. Иначе говоря, четыре миллионных долей миллиграмма в литре воды. Поэтому, геологи на вопрос: Почему не разрабатывается то или иное рудопроявление? Отвечают: Это все равно, что добывать золото из морской воды! То есть процесс добычи обойдется гораздо дороже самого полезного ископаемого.

Вот поваренную соль добывать из моря выгодно. В Крыму это делали следующим образом. Морскую воду (из залива Сиваш) в районе Арабатской стрелки заливали в мелководные ячейки, в которых она выпаривалась под жарким южным солнцем. Оставалось только собирать ее в мешки. Потом, эти мешки чумаки развозили на волах по всей территории Украины. Везли даже в Россию. Крымская соль очень ценилась, вплоть до середины XIX века. Один из ее редких сортов розоватого цвета и с запахом малины отправляли только к столу турецкого султана. И до сих пор на Арабатской стрелке су-

ществует поселок с названием Соляное. В настоящее время более рентабельно добывать так называемую каменную соль из поземных месторождений. Однако знатоки считают, что по вкусовым качествам лучше Крымской соли нет нигде в мире.

После воссоединения Крыма с Россией в 2014 году, планируют возобновить добычу весьма редкой розовой соли. Необычный розовый и красный цвет соли придает водоросль *Dunaliella salina*. Она (водоросль) живет в солевых бассейнах и наполняет соль бета-каротином. Этот вид соли содержит массу микроэлементов и обладает лечебными свойствами.

Поваренную соль, иногда с примесью других элементов добывают и на суше из так называемых соляных озер. Самым известным и самым соленым озером в Море считается озеро Баскунчак. Расположено оно в Ахтубинском районе Астраханской области. По геологическим данным на самой вершине подземного соляного купола. Площадь озера 115 км², содержание соли воде 300 г/л. Собственно водой эту жидкость мы назвали условно: правильнее называть ее рапа. Похожий водоем находится в Израиле и называется Мертвое море. Содержание солей в нем несколько меньше, но тоже очень высокое: 270 г/л. Израильтяне научились извлекать немалую выгоду из своего Мертвого моря. Это и массовый туризм с принятием лечебных соляных ванн, и очень дорогостоящая косметика с солями Мертвого моря. Это и производство некоторых медицинских препаратов, сопровождаемое мощной поддержкой рекламы.

Упомянутые озера по-своему уникальны. Но, если речь пошла об озерах, любознательный читатель попутно может поинтересоваться, а сколько их вообще на Земле? Раньше лимнологи (озероведы) могли назвать лишь приближенную цифру. Точный ответ на этот вопрос был получен совсем недавно, в 2014 году. Шведский ученый профессор Ларс Транвик (Lars Tranvik) разработал метод, позволяющий отыскать на спутниковых изображениях все озера площадью минимум 0,2 гектара (примерно четвертая часть площади футбольного поля). Ранее ученые вели счет этим природным объектам,

только обобщая данные, полученные с мест или в отдельных регионах. Подсчет озер Л. Транвиком проводился в рамках проекта «Цвет воды», направленного на изучение органических веществ в водной среде. Оказалось, что всего на планете 117 миллионов озер, и они занимают 4% ее поверхности.

Все о чем мы рассказали, касается соленых вод и рассолов. Пресные воды, как уже отмечалось, должны иметь общую минерализацию до 1 г/л. Для пищевых и технических нужд важно не только знать общую минерализацию, но и такие показатели воды как жесткость, агрессивность, водородный показатель обозначаемый pH.

Жесткость природных вод определяется концентрациями ионов кальция, магния и сульфатов. По степени жесткости все воды подразделяются на пять групп: от очень мягких, до очень жестких. Воды с высокой жесткостью не пригодны для производства бумаги, сахара, выделки кожи и в некоторых других производственных процессах. В паровых котлах они образуют слои накипи, забивают трубки. В быту, жесткость обнаруживается по накипи в чайниках, причем даже чай в такой воде плохо заваривается. В жесткой воде плохо мылится мыло, промываются волосы.

Агрессивность воды проявляется в ее способности разрушать твердые породы, бетон, металлические конструкции. Существует, по крайней мере, пять видов агрессивности воды. Повышенное содержание в воде иона SO_4 (сульфатная агрессия) делает ее непригодной для изготовления бетона. Строители называют этот вид агрессии «бетонной бациллой». Общекислотная и кислородная агрессии разрушают металлические конструкции; в такой воде железо быстро ржавеет. В свою очередь, степень кислотности воды можно характеризовать с помощью водородного показателя pH (безразмерная величина). При $\text{pH} = 7$ вода имеет нейтральную реакцию, выше семи - щелочную, меньше семи - кислотную. В домашних условиях, реакцию воды приближено можно определить с помощью лакмусовой бумаги по изменению цвета. В

лабораторных условиях для этой цели используются специальные приборы рН - метры.

Теперь остановимся на так называемых ультрапресных водах. **Ультрапресными** считаются воды с общей минерализацией менее 0,1 г/л. Обычно, такая вода образуется при таянии чистого, не загрязненного снега. Собственно снег ранее считался эталоном чистоты, но с глобальным загрязнением атмосферы он постепенно утрачивает это качество. О свойствах талой воды положительно влиять на всхожесть семян и развитие растений известно давно. Современные исследования подтверждают ее необычную структуру. Многие люди считают, что талая вода также благотворно действует и на человеческий организм. Однако с этим вопросом не все так просто.

Действительно, ультрапресные воды обладают определенными лечебными свойствами, но пить их постоянно не рекомендуется. В Европе достаточно широко известны бутилированные ультрапресные воды. Германия предлагает «Seltic», Финляндия «Valio», Англия «Cleneagles», Бельгия «Spra». Как утверждают бельгийцы, именно этой водой лечился наш император Петр I после бурных застолий. И хотя достоверность этого утверждения сомнительна, для рекламных целей оно очень подходит.

В России имеется ряд крупных озер с ультрапресной водой. Самой низкой минерализацией славится Онежское озеро, или как его еще называют Онего. Общая минерализация воды в нем составляет всего 34,5 - 35,0 мг/л. Средняя минерализация воды в Ладожском озере равна 50,4 мг/л. К ультрапресным можно отнести и воды самого глубокого в Море озера Байкал. Средняя минерализация его вод около 96,5 мг/л. Известно, что в Байкал впадает более 300 рек и ручьев. Минерализация воды в большинстве из них выше, чем в озере. Но благодаря огромному объему, стабильно низкое содержание солей в его воде не меняется.

Мы затронули только малую часть вопросов, которыми занимается гидрохимия. Можно сказать, только самую вер-

хушку айсберга. Например, совершенно не упомянули о гидрохимии подземных вод. А это самостоятельная дисциплина, имеющая огромное практическое значение. В ней вода рассматривается как ценное полезное ископаемое. Гидрогеологи различают месторождения пресных, питьевых вод, минеральных, термальных, промышленных и других. Например, некоторые химические элементы человек получает, в основном, из подземных вод. Промышленные подземные воды являются ценным сырьем. В России, из подземных вод добывают бром и йод. Кроме того, в подземных водах сосредоточено 55% мировых запасов лития, 40% рубидия, 35% цезия. Самостоятельный раздел представляют гидрогеохимические методы поисков месторождений твердых полезных ископаемых. Без знания гидрохимии невозможно развитие таких дисциплин как гидробиология, гидрофизика, экология и многих других. Эта наука интересна и полезна даже в чисто познавательном виде.

Этюд 4.

ПРОБЛЕМЫ ПРЕСНОЙ ВОДЫ

«Капля воды дороже алмаза».

Д. Менделеев.

Книга французского ученого Р. Фюрона «Проблема воды на земном шаре» была опубликована на русском языке в 1966 году. В этой работе автор касается широкого круга вопросов, связанных с водой. В том числе её биологического значения, продуктивности морей, систем водоснабжения крупнейших городов мира, загрязнения вод, и других. Но, главным образом, автор пишет о следующем: «Статистика роста населения земного шара показывает, что к 2000 году перед человечеством встанет проблема питания приблизительно у 6 млрд. человек. При этом возникнет еще более серьезная проблема - снабжение всего этого населения пресной водой. Имеющиеся на поверхности земного шара ресурсы пресных вод могут в настоящее время обеспечить человечество водой в количестве лишь около 20 000 куб. км в год. Этого количества хватит примерно на 20 млрд. человек». Заметим, что по современным данным ряда, население Земли на 1 января 2014 года достигло численности 7,137 миллиарда человек. По прогнозу 2014 года ожидаемая численность населения к 2100 году составит приблизительно 11 млрд. человек.

Спустя 11 лет после выхода книги Р. Фюрона, глобальные масштабы проблемы обеспечения населения пресной водой обсуждались в 1977 году на конференции ООН по водным ресурсам. В ней отмечались негативные тенденции увеличения дефицита воды во многих странах, ухудшения ее качества и связанного с этим роста заболеваемости людей. С тех пор прошло еще, почти 30 лет, однако положение несколько не улучшилось.

Дефицит качественной питьевой воды в мире объясняется двумя главными факторами: природно-климатическими и загрязнением природных вод промышленными и бытовыми отходами. Так, в развивающихся странах только 5% промышленных и хозяйственных отходов в крупных городах подвергается очистке и обработке. Отходы сбрасываются в реки, водоемы и моря. А ведь еще Аристотель в четвертом веке до нашей эры говорил: «Народ, который не умеет отделять чистую воду от загрязненной, не может считаться цивилизованным».

С природно-климатическими факторами все понятно. Климат на планете человек не может регулировать по своему усмотрению. И, слава Богу, что не может. Эксперименты с климатом, наверняка приведут к глобальной катастрофе. Результаты могут оказаться страшнее последствий ядерной войны. В тоже время по данным Всемирной организации здравоохранения (коротко ВОЗ) со штаб-квартирой в Женеве, около 1,2 - 1,4 миллиардов человек страдает от нехватки питьевой воды. На наш взгляд, улучшение положения может произойти только в том случае, если человечество перестанет тратить деньги на вооружение и направит эти средства на благоустройство планеты. Но и у этого плана есть обратная сторона медали. Улучшение условий существования будет сопровождаться ростом населения Земли. По этому поводу в одном из опубликованных рефератов говорится: «В мире, где каждую секунду рождается 21 и умирает 18 человек, население Земли ежедневно увеличивается на двести пятьдесят тысяч человек, и этот прирост практически весь приходится на развивающиеся страны». Темп роста настолько велик, что приближается к девяноста миллионам в год. Его стали рассматривать как демографический взрыв, способный потрясти планету. Именно непрерывное увеличение населения мира требует все возрастающего производства пищи и энергии, потребления минеральных ресурсов (добавим и пресной воды) и приводит к постоянно увеличивающемуся давлению на биосферу планеты. Образ безудержного роста населения, если

его наивно экстраполировать в будущее, приводит к тревожным прогнозам и даже апокалипсическим сценариям для судьбы человечества.

Предположение Р. Фюрона о том, что планета может напоить качественной водой (и, разумеется, прокормить) 20 миллиардов человек, носит чисто теоретический характер. Это нельзя будет назвать жизнью, скорее биологическим выживанием. Уже сегодня в ряде стран люди гибнут от голода, болезней и плохой воды. Неужели, чисто умозрительные идеи английского священника и ученого-демографа Томаса Мальтуса (1766 - 1834) оказались верны? Даже в конце XVIII века в мире государственных людей *теория народонаселения* Т. Мальтуса произвела впечатление динамитного взрыва, а для всего общества явилась откровением по вопросу, о котором в совершенно доступной форме еще никто не говорил с непосвященными. Если разобраться, идеи Мальтуса были предельно просты - население Земли растет в геометрической прогрессии, тогда как пища, в лучшем случае, только в арифметической. Отсюда, он заключает, что для благоденствия рода человеческого, для сохранения равновесия между народонаселением и необходимыми средствами пропитания нужно, чтобы естественное размножение людей встречало всегда известные препятствия и задержки. Понятно, почему его критики делают логичный вывод, что для «задержек» вполне подходят войны, эпидемии, неурожаи и т.д. А ведь Мальтус ничего не говорил о воде.

В настоящее время, складывается впечатление, что в угоду развития технологий, человечество, как минимум, нерационально расходует драгоценную влагу. Хорошо известно, что для производства одной тонны сахара расходуется 100 тыс. литров воды, стали - 150 тысяч, капрона - 500 тысяч. Человеку же, на питание и хозяйственные нужды хватает 300-400 л/сут. Для производства бумаги требуется особо чистая вода, не содержащая ионы железа. Причем сами отходы производства крайне ядовиты. На южном берегу Байкала еще при Советской власти «мудрецы» возвели мощный целлю-

лозно-бумажный комбинат. Условия для производства были идеальны. Но очистные сооружения работали плохо. Самый большой в мире природный резервуар кристально чистой воды стал постепенно загрязняться. Весь ученый мир и общественность ополчились против такого кощунства. Комбинат же продолжал работать. Думаете, стране так уж нужна была бумага? Отнюдь, целлюлоза ведь необходимый компонент для производства взрывчатки.

Самое эффективное средство борьбы с промышленными сбросами - перевод всех производств на замкнутый цикл оборота воды. Но, это не просто дорого, а чрезвычайно дорого. Бесконтрольный сброс промышленных стоков (помните лозунг: экономика должна быть экономной) привел к катастрофическому загрязнению подземных и поверхностных вод бассейна крупнейшей водной системы - реки Волги. После чего правительство России вынуждено было принять специальную федеральную программу «Возрождение Волги».

Впрочем, в этом мы не одиноки. Лет тридцать назад такая же участь постигла Великие Американские озера (Эри, Гурон, Мичиган, Онтарио). Федеральные власти США приняли закон, по которому все промышленные предприятия на берегах озер обложили такими штрафами, что часть из них была вынуждена прекратить производство, а часть - раскошелиться на замкнутые циклы водооборота. Заметьте, федеральные власти, а не власти штата. Благодаря процессам самоочищения, лет через пять - семь воды озер начали обретать прежнюю чистоту. В некоторых появилась форель. Это самый точный показатель чистоты воды. В грязной воде форель просто не выживает. Среди наших экологов бытует версия, что шведы на выходе воды из очистных сооружений запускают форель. Если рыба начинает волноваться, очистные сооружения немедленно прекращают работу. И только потом начинают выяснять, где нарушена технология очистки. Доживем ли мы до введения в России такого строгого контроля?

Тотальное загрязнение поверхностных водотоков и водоемов привело к тому, что многие страны и города мира цели-

ком переходят на водоснабжение за счет подземных вод. В Евросоюзе уже 70% всей воды, используемой потребителями, берется из подземных водоносных слоев. В Дании, Литве и Австрии грунтовые воды - единственный источник пресной воды для народного потребления. Рассматриваются даже проекты покупки питьевой воды. При этом крупные мегалополисы (18 из 21 города с населением не мене 10 миллионов человек) получают воду от источников, расположенных на большом удалении от городской черты.

Ничего нового в этом нет. Еще в античном Риме использовалась эта схема. В столицу империи вода подводилась по 11 акведукам, на возведение которых в общей сложности ушло 500 лет. Общая длина этих водоводов составляет 350 километров. Однако самый длинный акведук в Римской империи был сооружен во втором веке н.э. для подачи воды в Карфаген (территория современного Туниса) и имел протяженность 141 км. Любопытная деталь: по свидетельству историков подрядчики, строившие акведуки нередко использовали казенных рабов для строительства своих вилл. То есть, воровство и казнокрадство процветали и в античные времена. Выходит наши генералы, использующие бесплатный труд солдат при строительстве своих дач, ничего нового в воровском деле не изобрели.

Многолетняя добыча подземных вод в черте города чревата негативными явлениями. Так в Мехико, городе, число жителей которого превышает 23 миллиона человек, в результате откачки подземных вод за последние 70 лет, произошло оседание поверхности земли на 10,7 м!

Запасы пресных подземных вод на Земном шаре невелики и составляют приблизительно 11,5 млн. км³. Кроме того, грунтовые воды, как и поверхностные, интенсивно загрязняются. Автору запомнился такой случай. Окраина города Горловка (Донбасс). Лето 1990 года. Жара. У ограды небольшого частного домика замечаем колодец. Набираем воды в ведро. Но тут из домика выбегает хозяйка:

- Ребята! Не пейте эту воду!

- Да почему? Так хочется холодной колодезной водички.

- Вот и дочь у меня захотела, выпила всего пол-ковшика. Теперь уже два дня в реанимации, скорая ее увезла. В гости она издалека приехала, а местные уже давно не пьют колодезную воду.

За полгода до этого разговора в городе произошла трагедия. Из дырявой цистерны на крупном химическом предприятии вытекло очень ядовитая жидкость (хлорбензол). Она просочилась в забой одной из угольных шахт на глубину 400 метров. Погибли четыре шахтера. Ну и грунтовые воды в округе, естественно, оказались отравленными. Правильно говорила сестрица Аленушка: «Не пей, Ванечка, воду из копытца - козленочком станешь». В нашем случае вполне можно было стать покойником.

По мнению экспертов ООН, **в XXI веке вода станет более важным стратегическим ресурсом, чем нефть и газ**, поскольку тонна чистой воды в аридном (сухом) климате уже сейчас дороже нефти (пустыня Сахара и Северная Африка, центр Австралии, ЮАР, Аравийский п-ов, Центральная Азия). Существует немало стран, у которых собственных ресурсов питьевой воды нет совсем. В Европе это Мальта, питьевую воду в которую доставляют из Сицилии. Лишены своей питьевой природной воды Кувейт, Арабские эмираты, Саудовская Аравия. Гонконг получает пресную воду по специальным трубопроводам из Китая. В засушливые годы вода привозится танкерами. На Мангышлак (Казахстан) вода попадает по каналу из Астрахани (Россия). Еще примеры: Турция экспортирует пресную воду в Израиль по цене 40 центов за 1 м^3 . Среднеевропейская стоимость кубометра вода при перекачке, на границе государств составляет 30 евроцентов (17 рублей).

Если прогнозы гидрогеологов верны и в Ливии действительно существуют большие запасы пресных седиментационных (*захороненных в более раннее геологическое время*) вод, то становится понятным, зачем был свергнут режим Каддафи, а сам он зверски убит. Под песками ливийской пустыни спря-

таны сотни миллиардов долларов (точнее, по оценкам экспертов ООН - 131 триллион долларов). По данным открытой печати площадь водоносного горизонта, сложенного нубийскими песчаниками, составляет 2 миллиона км² (захватывая часть Египта и Судана) и имеют мощность обводненных толщ 140 - 230 м. Открыты водоносные слои были еще в 1953 году, но данные об открытии замалчивались. «Революция» в Ливии началась только тогда, когда полковник Муаммар Каддафи предпринял реальные шаги к освоению этого месторождения - построил специальный завод GMR в Южной Корее для производства труб, начал рыть туннели и т.д. Притворив в жизнь даже часть проекта, полковник смог бы диктовать свою волю всей Северной Африке. Ну, как можно было позволить какому-то бедуину (к тому же воинственному, не сговорчивому, ненавидящему и презирающему Запад) заполучить такую власть? Эти водные запасы теперь приберут к рукам либо США, либо международные финансовые корпорации.

По существу, аналогичная история произошла в годы первой Мировой войны на ближнем востоке в Ираке и на Аравийском полуострове. Только тогда речь шла не о воде, а о нефти. Проводя свою колониальную политику, Англия срабатывала между собой арабские племена. Если одно племя начинало побеждать в военном противостоянии, то другому сразу же начинали поставлять оружие и снабжать деньгами. Немалую роль в этих делишках сыграл Британский разведчик, подполковник Томас Эдвард Лоуренс, (Lawrence, Thomas Edward 1888-1935), более известный в истории, как Лоуренс Аравийский. В результате почти все перспективные нефтяные структуры оказались на территории подконтрольной Англии.

Но кто сказал, что колониальная политика кончилась? Она успешно продолжается, с применением новейших политтехнологий. Это «цветные революции», бунты, локальные войны, насильственное насаждение «демократии» с клеймом made in USA и др. В результате богатые природными ресур-

сами страны попадают в такую экономическую зависимость, которая хуже прямого колониального захвата. После второй Мировой войны к дележке пирога активно подключились США, потеснившие ослабевшую Британию. Так как нефтяные доходы давно поделены, настало время делить водные ресурсы. Вот Ливия и попала в ситуацию, что, как государство фактически не существует. Разрозненные воюющие между собой племена, рано или поздно, сами отдадут свои природные ресурсы Дяде Сэму, как это было с нефтью в начале XX века на Ближнем Востоке.

Россия обладает богатейшими ресурсами и запасами пресных питьевых вод, как поверхностных, так и подземных. Правда, распределены они по ее территории неравномерно. Мало воды в Калмыкии, Прикаспии, на всем протяжении Российско - Казахской границы. Огромные площади на севере Европейской части и Сибири заняты вечной мерзлотой. Добыча так называемых «межмерзлотных» вод там минимальна. Для водоснабжения населения используются главным образом поверхностные воды. Поэтому, на водоразделах речных бассейнов населенных пунктов практически нет. Достаточно посмотреть на карту, что бы в этом убедиться.

Теперь, со своими водными проблемами прибавился Крым. Однако, вопреки мрачным прогнозам, положение в Крыму с водой напряженное, но не катастрофическое. Здесь имеются достаточно большие запасы пресных подземных вод. Проблемы существуют лишь с поливными землями. Специалисты утверждают, этот вопрос решаемый, хотя от производства водолюбивого риса видимо придется отказаться.

Этюд 5.

ВОДА В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

« Вода! У тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха. Тебя невозможно описать, тобой наслаждаются, не ведая, что ты такое! Нельзя сказать, что ты необходима для жизни: ты - сама жизнь. Ты наполняешь нас радостью, которую не объяснишь нашими чувствами... Ты самое большое богатство на свете...»

Антуан де Сент-Экзюпери

Изучением подземных вод занимается отдельная научная дисциплина - гидрогеология. В геологическом словаре гидрогеология - учение о подземных водах, их происхождении, условиях залегания, законах движения, физических и химических свойствах, взаимной связи с поверхностными и атмосферными водами.

Однако, еще задолго до того как эта область знания оформилась в настоящую науку, человек научился использовать подземные воды. Доподлинно неизвестно, кто первый обустроил родничок, обложив его камнями, кто вырыл первый колодец, кто пробурил первую скважину. Как говорится, история об этом умалчивает. Ясно одно, люди начали пользоваться такими источниками питьевых вод на самой ранней стадии своего существования. В настоящее время, все виды устройств для водопользования специалисты называют каптажем (от французского слова *captage* - захватывать). Еще в средние века у многих народов (арабы, греки, армяне, крымские татары и другие) появился обычай устраивать выходы подземных вод на поверхность, сопровождая необходимую работу красивым оформлением. Так, чтобы путнику было удобно напиться из каменной чаши или керамического желоба, напоить коня. Работа выполнялась, как правило, на оживленных караванных путях, на горных тропах ведущих к перевалу. Действовали ли они по религиозному обету или повелению души, но всегда бескорыстно.

Приведем один пример. В Симферополе до сих пор сохранился один такой источник - по традиции называемый фонтан. История его такова. По преданию, в Симферополе жил слепой грек Апостол Савопуло, который однажды, 1 мая 1857 г., получил исцеление от своей болезни благодаря промыванию глаз водой из этого родника. В тот же год, в честь своего чудесного выздоровления, Савопуло соорудил на месте родника красивый фонтан, в виде фигурной известняковой плиты, венчающейся резным карнизом. Выход источника он оформил как человеческое лицо, изо рта которого вытекала вода, собиравшаяся в небольшую чашу. А посередине плиты, в неглубокой полусферической нише, высек надпись: «Сей фонтан был сооружен греком Апостолом Савопуло в 1857г.». Обустроенные подобным образом источники, встречаются и в горной части Крымского полуострова.

В засушливых и полупустынных областях люди научились рыть колодцы, глубина которых редко превышала 50 метров. Очень давно человек научился бурить скважины. Приблизительно 3000 лет до н.э. египтяне применяли колонковое бурение в каменоломнях. Однако для добычи воды оно не использовалось.

Вероятно, так же давно в Китае был изобретен способ и создан станок ударно-канатного бурения. В принципе, он не отличается от некоторых современных станков, только деревянные детали заменили металлическими. Медленно и упорно (порой десятилетиями) китайцы углубляли эти скважины, достигая глубин 1200 и 1500 метров. В Европе такие глубины были достигнуты только в XIX веке после изобретения машинного бурения.

Эффективный способ добычи воды для полива придумали в Иране (тогда еще Персии). Способ заключался в постройке подземных водосборных галерей (кяризов), длиной в несколько километров. Первые галереи были сооружены еще две с половиной тысячи лет назад. Затем их стали строить в Египте и Афганистане. Подобные сооружения успешно действуют в Иране и Афганистане до сих пор. Афганцы даже используют их при военных действиях (в том числе против Со-

ветских войск и до настоящего времени) для скрытого передвижения, поскольку ни на одной карте они не обозначены.

В западной Европе ударно-канатное бурение было изобретено самостоятельно. Толчком к развитию массового бурения на воду послужило открытие самоизлива поземных вод во Фландрии около 1100 года. В 1126 году монахами картезианцами из монастыря, расположенного в северной французской провинции Артуа, скважинами были вскрыты самоизливающиеся воды очень хорошего качества. Слава об этом «божьем даре» быстро распространилась повсюду. А затем, все самоизливающиеся скважины стали называть артезианскими (от латинского названия провинции *Artesium*).

Удивительным можно считать тот факт, что широко используя подземные воды, ни в Китае, ни на Востоке, ни в Европе ученые не могли грамотно объяснить их происхождение. Европейцам в этом сильно мешали заблуждения античных греков. И в средние века и в эпоху Ренессанса трудно было поверить, что эллины, подарившие миру великолепных философов и математиков, не смогли найти теоретически правильное решение этой задачи. Происхождение рек они наивно объясняли тем, что их образуют большие источники. Источники, в свою очередь, пополняются подземными реками, вытекающими из моря. Вопрос о том, каким образом, морские воды превращаются в пресные и как они поднимаются к родникам, расположенным высоко в горах, оставался без ответа. В трудах Платона и его ученика Аристотеля подземные воды образуются в огромной подземной пещере. Как это происходит, Платон не объяснял вообще, а Аристотель считал, что вода образуется из водяного пара. О спорах греческих и римских ученых по поводу происхождения подземных вод написаны целые тома. Сейчас это увлекательная область исследований для историков науки. На беду европейцев, католическая церковь объявила правильными только взгляды Аристотеля. Все его заблуждения стойко держались в науке вплоть до середины XVII века. Даже такие выдающиеся ученые своего времени как астроном, математик, оптик Иоганн Кеплер (1571 - 1630) и естествоиспытатель, матема-

тик Анастасиус Кирхер (1601 - 1680), придерживались идей Сенеки и Аристотеля. Например, Кеплер, первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы, утверждал, что Земля подобна большому животному, переваривающему морскую воду, а пресная вода родников - продукт обмена веществ, происходящего в недрах земли.

Поиски месторождений подземных вод в средние века чаще всего проводили при помощи свежесрезанной раздвоенной в виде рогатки древесной ветки. На Руси таких умельцев называли лозоходцами. В западноевропейских странах - даусерами. В настоящее время используются провололочные рамки или просто куски изогнутой проволоки. У некоторых людей эти предметы при прохождении места пригодного для рытья колодца или бурения скважины начинают самопроизвольно поворачиваться. Почему это происходит - неизвестно. Полагают, что «медиумами» могут быть не более 3% людей. Наука до сих пор не может подтвердить или опровергнуть эффект лозоходства. Дело в том, что ни на одном полигоне, где лозоходцами были указаны или не указаны места скопления воды, проверки бурением не проводилось, а отрицательный результат лозоходства объяснялся отсутствием ее вообще. Но есть и более объективный природный метод поиска: по наиболее пышной растительности, которая корнями указывает на наличие воды на глубине.

У истоков научной гидрогеологии стоят французские ученые Пьер Перро (1608 - 1680) и Эдм Мариотт (1620 - 1684). Они первыми установили, что атмосферные осадки - источник речной воды. Определили, что часть осадков просачивается в грунт, и измерили высоту капиллярного поднятия. Опытные работы проводились Мариоттом в бассейне реки Сены с измерением количества годовых осадков и стока реки. Труд Мариотта «Трактат о движении вод» был опубликован в 1687 году, уже после его смерти.

Следующее открытие сделал инженер Анри Дарси (1803 - 1858). Его пригласили организовать водоснабжение города Дижона. В 1856 году помимо официального отчета о коммунальном водоснабжении города, Дарси представил приложе-

ние, в котором впервые сформулировал закон фильтрации подземных вод и привел математическую формулу. Собственно это был не столько отчет о проделанной работе, сколько полноценная монография. Этот труд - яркое подтверждение добросовестности инженера и ученого.

Стоит пожелать: все бы инженеры и ученые писали подобные отчеты. Математически закон Дарси можно выразить простой формулой:

$V = K_{\phi} I$, где V - скорость фильтрационного потока через сечение F , I - уклон подземного грунтового потока, или градиент напора, K_{ϕ} - коэффициент фильтрации, зависящий как от свойств породы, так и от свойств фильтрующейся жидкости.

При уклоне равном единице, скорость фильтрационного потока численно равна коэффициенту фильтрации с размерностью м/сут. Но это скорость условная. Вводя понятие коэффициента фильтрации, месье Дарси отнес его ко всей площади поперечного сечения потока F . Но ведь в этом сечении часть пространства занимают минеральные зерна. Поэтому, для получения величины действительной скорости движения подземных вод, коэффициент фильтрации надо разделить на площадь пор, или умножить на коэффициент пористости (измеряемый в долях единицы). По сравнению со скоростью фильтрации по Дарси, действительная скорость всегда в 3 - 4 раза выше.

Линейный закон Дарси справедлив для всех фильтрационных потоков с ламинарным (*однородным, без завихрений*) движением жидкости. Позже, при рассмотрении процессов фильтрации жидкостей с разными свойствами (разной вязкостью), гидрогеологи ввели понятие коэффициента проницаемости. За единицу проницаемости приняли понятие одного Дарси (1Д) в честь Анри Дарси. Еще позже появилась целая научная дисциплина, названная «Динамика подземных вод». Ознакомить с ней можно лишь читателя, хорошо знающего высшую математику (дифференциальное и интегральное исчисление).

Так каково же происхождение подземных вод? В настоящее время установлено, что в формировании подземной части гидросферы принимают участие:

1. Инфильтрационные воды, то есть воды, просачивающиеся с поверхности земли вниз. (От английского in - в) - главным образом атмосферные осадки.

2. Инфлюационные (втекающие) в карстовые воронки, трещины горных пород, каверны.

3. Конденсационные, образующиеся за счет конденсации водяного пара на минеральных частицах и в подземных полостях.

4. Седиментационные - воды древних бассейнов, захороненные в осадочных породах.

5. Ювенильные (первичные), образующиеся из расплавленной магмы. (Термин ввел известный австрийский геолог Эдуард Зюсс).

6. Возрожденные, образовавшиеся за счет дегидратации минералов, содержащих в своей химической формуле молекулы воды.

В горных породах вода содержится в следующем виде.

1. Физически связанная. Вода, адсорбированная на поверхности минеральных зерен слоем, толщиной в доли микрона.

2. Рыхлосвязанная (другое название - пленочная вода) в виде тонких пленок, способных перемещаться от более влажных участков к менее влажным.

3. Свободные воды. В том числе:

- вода вакуолей, заключенная в пузырьки в некоторых минералах;

- капиллярная, заключенная в капилляры;

- гравитационная, подчиняющаяся в движении силе тяжести.

4. Твердого тела - льда.

5. Химически связанная, в том числе кристаллизационная и цеолитовая, содержащаяся в составе минералов в виде молекул. И конституционная, участвующая в молекулярном строении некоторых минералов в виде гидроксильной группы OH^- .

6. Надкритического состояния при температурах $374-450^\circ\text{C}$ и давлении более 21,8 мегапаскалей. В этих физических условиях различия между жидкостью и газом отсутствуют, и моле-

кулы вода распадаются на Н и ОН. Обычно такие условия образуются в земной коре на глубинах свыше 10 км и вблизи очагов магматических расплавов.

По отношению к воде все горные породы условно делятся на две группы: водонепроницаемые (водоупоры) и водопроницаемые (коллекторы). О том, как залегают подземные воды написано даже в прекрасном школьном учебнике для учеников 6-го класса «География. Природа и люди» - издание Москва «Просвещение», 2010 г.

По условиям залегания гравитационные воды делятся на:

1. Верховодку (небольшие линзы ограниченной площади),
2. Грунтовые воды (первый от поверхности земли водоносный горизонт, имеющий свободную поверхность). В русскоязычной литературе, свободную поверхность называют зеркалом грунтовых вод. В англоязычной - water table.
3. Межпластовые воды (напорные и безнапорные).

Все остальные сведения из области гидрогеологии носят специальный характер. Ведь гидрогеология, как многие другие науки, теперь включает в себя много самостоятельных дисциплин: общую гидрогеологию, региональную гидрогеологию, гидрохимию, гидрогеотермию, палеогидрогеологию, динамику подземных вод и другие.

В последнее время стали уделять больше внимания вопросам защиты и охраны подземных вод от загрязнения и истощения. Seriously рассматриваются экологические проблемы. Многие ученые и даже международные организации, такие как МАГАТЭ и ЮНЕСКО стали проявлять интерес к морской гидрогеологии. То есть, человечество стремится узнать, какие воды залегают под дном морей и океанов? Как их можно использовать? Как происходит водообмен между подземной гидросферой и океаном? Многие вопросы так пока и остаются без ответа. А ведь морская гидрогеология только формируется как самостоятельная дисциплина.

Этюд 6.

МИНЕРАЛЬНЫЕ И ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ

“Врачую тело свое водами, а подданных примерами”

Петр I лейб-медику Р.К. Арескину

Минеральными считаются только те воды, которые имеют лечебный (терапевтический, бальнеологический) эффект. О лечебных свойствах некоторых типов подземных вод было известно еще в глубокой древности. Вероятно, самым ранним свидетельством о существовании и организации лечения минеральными водами служит древнегреческий город Эпидавр, расположенный на северо-востоке полуострова Пелопоннес. Сам город по легенде был основан Асклепием (Эскулапом). Археологи считают, что он существовал еще в минойскую эпоху. В связи с развитием культа Асклепия в VI – V веке до н.э. в городе был построен великолепный храм Асклепия и создан удивительный курорт.

Археологи открыли в Эпидавре ряд уникальных сооружений. Одно из них представляло собой круглую двойную колоннаду, в центре которой был колодец - источник с железистой водой. Вода из источника самотеком поступала в окружающие бассейн коридоры, а оттуда в облицованный и закрытый мраморными плитами круглый бассейн из которого брать воду могли только врачи и жрецы Асклепия. Далее она переливалась в кольцевой бассейн, где пользоваться водой могли все желающие. Античные рекреанты могли прогуливаться по дорожкам между колоннами и, вероятно, по саду, без которого трудно представить курорт. Кроме водного лечения больным делали и операции, поскольку при раскопках обнаружилось масса хирургических инструментов.

Древние греки считали, что одновременно с телом надо было лечить и душу. Для этой цели был построен театр, рас-

считанный примерно на 14 тысяч зрителей. Даже в современное время он поражает специалистов великолепной акустикой: шепотом сказанное на сцене слово отлично слышно в самых верхних рядах. Театральные представления должны были вызывать у зрителей максимум положительных эмоций. Эмоции - приводить к катарсису (слово катарсис с древнегреческого переводится как возвышение, очищение, оздоровление). То есть греки придавали большое значение и психотерапии. Этот прием комплексного лечения используется на всех современных курортах.

Заметим, что все эти открытия были сделаны чисто эмпирически. Собственно, на эмпирике базировалась вся так называемая «народная» медицина», накапливающая свои знания тысячелетиями. К сожалению, современная научная медицина почти полностью отказалась от её огромного опыта. Например, сейчас редко используются траволечение, а вся современная фармакология базируется на производстве синтетических препаратов, имеющих массу побочных эффектов. Иными словами один орган лечат, а другой калечат. Но вот водолечение за прошедшие века мало изменилось, хотя его перевели на научные рельсы.

Большое разнообразие химического состава побудило гидрохимиков создать десятки классификаций минеральных вод. Разобраться в их особенностях могут только специалисты. Самые общие принципы выглядят следующим образом. Минеральные воды различают по признакам: общей минерализации, ионному и газовому составу, наличие в воде фармакологических (терапевтически) активных веществ - микроэлементов, радиоактивности (концентрации радона), реакции воды pH, температуры. Все минеральные воды проходят строгие клинические испытания. Только на их основании можно сказать, какие воды являются лечебными, а какие столовыми, пригодными для всеобщего использования. К последним относятся широко известные воды: Нарзан, Боржоми, Дарасун, Крымская минеральная и другие.

Каждое месторождение лечебных минеральных вод можно назвать щедрым даром природы человеку. Искусственно воспроизвести лечебную минеральную воду со всеми ее микрокомпонентами и, главное, присущей ей структурой, невозможно. А, больные, между тем, излечиваются натуральной водой от самых разнообразных болезней, без всяких таблеток и порошков. Поэтому ряд месторождений приобрел всемирную известность. На базе таких месторождений созданы курорты, приносящие огромные доходы. Возникли, подобно древнегреческому Эпидавру, целые курортные города, целиком зависящие от продажи воды. Ведь она в буквальном смысле кормит врачей, гостиничный и ресторанный бизнес, транспорт, торговлю сувенирами и т. д. Но далеко не все государства могут похвастать таким богатством. Скажем в Западной Европе не так много месторождений лечебных вод. Назовем самые известные из них, имеющие историю в сотни и тысячи лет.

Бáден-Бáден (нем. Baden-Baden,) - город в Германии, в земле Баден-Вюртемберг. Расположен по берегам реки Ос на западных склонах Шварцвальда. Население составляет около 54 тыс. человек. Знаменитое курортное место, до 1931 года называлось городом Баден. Но люди часто говорили: «Баден в Бадене» (регион Баден), и так возникло нынешнее двойное название Баден-Баден. Курорт Баден-Баден известен своими горячими источниками, которые использовались ещё древними римлянами. В Баден-Бадене сохранились развалины римских бань. Расцвет курорта произошел в XVIII веке и связан он с Россией. Оздоровительному и культурному паломничеству русской аристократии на немецкий бальнеокурорт положил начало брак, заключенный в XVIII веке между наследником российской короны Александром Павловичем (Александр I) и баденской принцессой Луизой (будущей императрицей Елизаветой Алексеевной). Именно с этого времени, представители русских аристократических фамилий: Гагарины, Волконские, Вяземские, Меншиковы и Трубецкие посещали его в курортные сезоны. В XIX веке местным во-

дам и климату суждено было сыграть особую роль в русской литературе: Николай Гоголь, Лев Толстой, Фёдор Достоевский и Иван Тургенев нередко приезжали сюда в период создания своих лучших произведений. В 1852 г. в Баден-Бадене умер (и был временно похоронен) Василий Андреевич Жуковский, в 1878-м - князь Петр Андреевич Вяземский.

В Баден-Бадене построены прекрасные театры, музеи (в том числе ювелира Карла Фаберже), более десятка храмов (в том числе русский православный). Город славится великолепными, ухоженными парками. Сохранились замки Баденских маркграфов XV - XVI века.

Спа. Известность источников Спа в VII веке подтверждена сказочными легендами, которые подчеркивали их чудодейственную силу и волшебные свойства. В далекие Средние века эту воду принимали за чудесный напиток и воспринимали как дар божий. Только в 1583 году в местечке Льеж, что в предгорьях Арденн, воду Спа начинают разливать в бутылки. Известные на весь мир люди, приезжающие на источник. К примеру, Мишель Монтень, который прославился своими знаменитыми «Опытами», посещал этот курорт в 1580 году и король Франции Генрих III - в 1583. Шведский король Густав III побывал на источниках в 1780 г.; российский император Петр Великий, в 1717 году. Помнят здесь и Декарта, знаменитого французского философа и математика приезжавшего в 1645 году, короля Франции Луи - Филиппа в 1787 году и многих других известных людей. Например, русского царя Николая I, писателей Виктора Гюго, Александра Дюма, композитора Жака Оффенбаха и других знаменитостей.

Городок Спа насчитывает около 11 тысяч человек, проживающих на площади в 40 квадратных километров. Находится он в Арденнах. Геотермальный курорт Спа подойдет людям, страдающим нарушениями сердечно-сосудистой системы, заболеваниями опорно-двигательного аппарата и гинекологическими заболеваниями. Для лечения всех вышеперечисленных недугов на курорте Спа имеется 7 основных термальных источников, вода в которых насыщена железом и

углекислотой. Кстати, курорт не стоит на месте, постоянно строятся новые оздоровительные комплексы и базы. А знаменитая минеральная вода Спа является одним из предметов бельгийского экспорта. В городке имеется ряд архитектурных памятников, музеев, первоклассных гостиниц. Рядом находится знаменитая трасса для гонок Формулы-1.

Виши́ (фр. Vichy) - французский город, расположенный в департаменте Алье региона Овернь, к юго-востоку от Парижа. Наличие брода через реку Flumen Elaver (река Алье) и открытие термальных источников побудили римлян основать небольшое поселение. Место для него выбрали рядом с мостом, по которому должен был проходить Юлий Цезарь в 52 году до н. э., отступая от Герговии. На протяжении двух первых столетий нашей эры это поселение процветало, благодаря своим термальным источникам.

Начиная с конца XVI века в Виши стали приезжать курортники и его минеральные воды вскоре приобрели широкую известность. В период Первой империи по указу Императора от 1812 года в Виши был заложен Парк источников, существующий и в наше время. В 1903 году были торжественно открыты Оперный театр, Павильон источников и Большой термальный комплекс в восточном стиле, холл которого был декорирован художником Альфонсом Осбером в 1902-1904 годах. В 1900 году Виши принял 40000 курортников, а накануне Первой мировой войны его посетили уже около 100000 человек. Пик популярности бальнеологического курорта пришёлся на 1930-е годы. Успех бальнеологических процедур заставил Концессионное общество, управляющее курортом, снова наращивать его мощность, построив термальные центры Bains Callou и Bains Lardy. Оперный театр, в стиле модерн открытый в 1903 году, принимал на своей сцене самые знаменитые мировые таланты той эпохи. Виши стал летней музыкальной столицей Франции. Благодаря мэру Пьеру Кулону (1950-1967) было создано озеро Алье (наполнение водой состоялось 10 июня 1963 года) и построен Парк, охватывающий все виды спорта (1963-1968). В результате город получил облик, существующий в наше время. Начиная с 1989г. здесь была проведена программа реконструк-

ции и модернизации: реорганизован центр города с устройством пешеходных зон, модернизирован и приведён в порядок гостиничный сектор, реконструированы и отремонтированы водолечебницы, возведён центр бальнеотерапии, выполнена инвентаризация архитектурного наследия и так далее. Местные столовые минеральные воды получили мировую известность (источники Vichy Célestins, Vichy Saint-Yorre), но не менее известны пастилки Виши, которые изготавливаются методом выпаривания солей из родниковых вод Виши.

Как показывают эти примеры, бальнеологические курорты с термальными и минеральными водами процветали как в античные времена, так и в наше время. Ну, а как обстоят дела с минеральными водами в России? Официальная история российских курортов началась почти три столетия назад, тогда Петр I дал наказ Сенату: «...Искать в нашем государстве ключевые воды». Далее выдержки из википедии:

«Если датой рождения курортного дела в России можно считать 24 июля 1717 года, когда император подписал Указ (№ 3092) о приискании в России минеральных вод, то курортология, как наука берет свое начало с 1719 года. После того как, выполняя указ Царя, доктор Шоберт нашел Марциальные воды в Карелии, были разработаны «дохтурские правила» - первые правила пользования минеральными водами, которые предписывали перед поездкой на воды посоветоваться с докторами, а при лечении оными выполнять напечатанные правила. Свое истинное развитие курортология получила в 1863 году: в городе Пятигорске было создано Русское бальнеологическое общество, деятельность которого была направлена на изучение гидроминеральных ресурсов страны и разработку методов бальнеолечения».

Много целебной воды утекло с тех пор. Курортология перестала быть эмпирической и сегодня, отправляя пациента на курорт, врач точно знает не только «что», но и «почему» минеральные воды помогут восстановить здоровье.

На территории России по состоянию на 1.01.2008 г. в государственном балансе были учтены запасы 845 месторождений минеральных вод в количестве 343,4 тыс. м³/сут. В санаториях

России для питья и бальнеопроцедур, при лечении и профилактики широкого спектра болезней используют 42 типа природных минеральных вод. Минеральные воды разведаны в 73 из 89 субъектов Российской Федерации, при этом число месторождений изменяется от одного на Чукотке до 250 минеральных источников на территории Иркутской области. На данный момент, в России используются более 400 месторождений лечебных подземных вод.

Самый известный курортный регион России - Кавказские Минеральные Воды. В небольшом по площади курортном регионе более 300 минеральных источников 24 различных типов. Один из городов-курортов региона, Пятигорск, называют «музеем минеральных вод», равного которого нет на планете. Особенно известны и ценны кисловодский «Нарзан», воды ессентукских источников № 4 и № 17, пятигорские углекислые, углекисло-сероводородные и радоновые воды, железноводские термы «Славяновская» и «Смировская».

Приведем только один из самых эмоциональных отзывов о действии минеральных вод. *«Серные воды во многих случаях делают просто чудеса, особенно в отношении ревматизмов. Я сам видел безногих, которые начинали ходить. Разбитых параличом, которые теперь танцуют, покрытых золотушной корью и шапкою на голове, которые облупились теперь как яичко, и стали почти красавцами»*. Так писал из Серноводска (Сергиевские Минеральные Воды) летом 1848 г. известный славянофил, критик, поэт и публицист И.С. Аксаков. Сегодня самым известным курортом с месторождением сероводородных вод считается Мацеста (район Большого Сочи).

Несколько сведений о городе - курорте Пятигорск. Древнейшие археологические артефакты, найденные в Пятигорье, датируются третьим тысячелетием до н. э., а документированная история города уходит корнями в 12-13 века. Одно из первых упоминаний о местности Пять Гор с источником горячей воды было сделано арабским путешественником Ибн Батутой в 1334 году. В 1780 г. по указанию Екатерины II началось строительство Константиногорской крепости - одного из укреплений Азово-Моздокской оборонительной линии, на территории ны-

нешнего района Новопятигорск. Этот год считается официальным годом основания Пятигорска.

В 1820 году город впервые посетил А. С. Пушкин. А спустя 21 год под Пятигорском произошла трагедия. 15 июля 1841 года у подножия горы Машук, состоялась дуэль между М. Ю. Лермонтовым и Н. С. Мартыновым. По существу это было убийство. Что касается минеральных вод, то в «Герое нашего времени» Лермонтов описал нравы курорта и даже сделал источник местом встречи Григория Печорина и Грушницкого. Лев Толстой написал здесь свою повесть «Казачьи дети». Пятигорск упоминается и в романе Ильфа и Петрова «Двенадцать стульев».

В разные годы Пятигорск посетили многие русские писатели, поэты, композиторы, художники и ученые: А.С. Грибоедов, А.С. Герцен, М.И. А.Н Глинка А.Н. Островский, А.П. Чехов, И. Е. Репин, Н.И. Пирогов, П.С. Паллас, А.А. Огильви и другие. Только упоминание всех знаменитых людей, побывавших здесь, заняло бы целую страницу. Таким образом, не только заграничные, но и российские курорты тесно связаны с историей и культурой.

Термальные воды и энергетика. Такие природные явления, как нагретые до температуры кипения подземные воды, мощные горячие и паровые гейзеры, просто напрашивались на промышленное использование. Как выяснилось, располагаются они вблизи активных границ литосферных плит и горячих точек. Часто соседствуют с проявлениями современного и древнего вулканизма. На практике оказалось, что изучать их далеко не просто. Даже в таком, казалось бы, простом вопросе, как классификация подземных вод возникают определенные трудности.

Как свидетельствует Справочник гидрогеолога: «Опыт классификации подземных вод по температуре, имеет более чем столетнюю историю. Созданы десятки классификаций. И, несмотря на это, к настоящему времени на равных правах претендовать на универсальность не может ни одна. Все воды обладают той или иной температурой, а между тем критерии

для отнесения вод - к термальным или не термальным различны и достаточно условны».

Не смотря на это, природные термальные воды используются не только как лечебные, но и для получения тепловой энергии. В зависимости от температуры их используют или непосредственно (отопление жилых помещений, теплиц, купален, бассейнов и т.д.), или для получения электрической энергии. Идея практического использования пара кипящей воды пришла в голову человека еще в античное время. Считается, что первое устройство, приводимое в движение паром, описано Героном Александрийским в первом столетии н.э. Первой практически работающей паровой машиной можно назвать устройство русского изобретателя И.И. Ползунова. В 1763 году он запроектировал, а 1764 году создал на уральских заводах исправно работающую паровую машину. И только спустя семь лет английский изобретатель Джеймс Уатт запатентовал свой вариант парового двигателя. Век пара продолжался почти двести лет, пока паровую машину потеснил двигатель внутреннего сгорания. Для его работы требовался бензин, и вскоре мир охватила нефтяная лихорадка. Продолжается она, и по сей день.

Масштабы потребления нефти и ее компонентов в качестве топлива достигли чудовищных масштабов и продолжают расти. А ведь нефтяные месторождения не возобновляемый ресурс. Для его даже частичного восстановления необходимы сотни лет. Эксперты предупреждают, что всех существующих запасов хватит только на 50 лет. Использовать нефтепродукты в качестве топлива крайне неэкономично. Как образно сказал великий химик Д.Менделеев: «Сжигать нефть, это все равно, что топить ассигнациями». Кроме того, сжигая нефть, мы еще и загрязняем окружающую среду и в первую очередь атмосферу. Смог в крупных городах становится серьезной угрозой здоровью населения.

Поэтому, во всем мире все больше уделяют внимание использованию экологически чистых, возобновляемых источников энергии. К ним относится солнечная энергия, энергия ветра, морских волн и тепловая энергия земных недр. Прямое

использование термальных вод связано со строительством ГеоТЭС. На них тепловую энергию преобразуют в электрическую. В целом, в упрощенной трактовке, схема работы геотермальной электростанции выглядит следующим образом: сильно разогретые подземные воды или горячий пар от них подаются в специальное устройство, в котором при помощи теплообменника создается пар, который приводит в движение турбину, вырабатывающую электричество. После отдачи тепловой энергии отработанная вода закачивается обратно в скважину, а полученное тепло направляется в магистральную тепловую сеть, выработанное электричество же - в региональную электросеть.

Первая ГеоТЭС была построена в 1904 году в Италии (в небольшом городке Ландорелло), но промышленный ток она дала только в 1911 году. Мощность ГеоТЭС постоянно росла за счет введения в строй новых агрегатов и сегодня составляет 360 тыс кВт. В настоящее время такие станции построены и работают в 25 странах. Больше всего их в США (77). Сейчас их суммарный вклад составляет всего 0.3% от общей выработки в стране электроэнергии и продолжает увеличиваться.

Зато в Исландии этот вклад самый высокий в мире. Из статьи И. Подгорного: «Интересно, что Исландия очень быстро перестроила свою энергетику: стране понадобилось всего 30 лет на то, чтобы перейти от угольной энергетики (а доля этого сектора когда-то доходила до 75%, причем уголь страна импортировала) к возобновляемой (геотермальной и гидро). Сейчас доля ВИЭ - возобновляемых источников энергии в Исландии превышает 80%. Эта страна планирует стать полностью независимой от углеводородной энергетики уже к 2050 году». Кроме того, за счет термальных вод Исландия (в дословном переводе "страна льда") полностью обеспечивает себя помидорами, яблоками и даже бананами! Практически не импортирует фрукты и овощи.

В СССР первая геотермальная электростанция была построена в 1966 году на Камчатке, в долине реки Паужетка. Её мощность - 12 МВт. Уже в РФ, на Мутновском месторожде-

нии термальных вод, 29 декабря 1999 года запущена в эксплуатацию Верхне-Мутновская ГеоЭС, установленной мощностью 12 МВт (данные 2004 года). Затем, 10 апреля 2003 года дала промышленный ток первая очередь Мутновской ГеоЭС, с установленной мощностью на 2007 год - 50 МВт. Планируемая мощность станции составляет 80 МВт. Выработка в 2007 году составила 360,687 млн. кВт·ч. Станция полностью автоматизирована. В 2002 году начал работать первый пусковой комплекс Менделеевской ГеоТЭС мощностью 3,6 МВт в составе энергоблока «Туман-2А» и стационарной инфраструктуры. 2007 год - ввод в эксплуатацию Океанской ГеоТЭС, расположенной у подножия вулкана Баранского на острове Итуруп в Сахалинской области, мощностью 2,5 МВт. Название этой электростанции связано с непосредственной близостью к Тихому океану. Готовится к пуску Менделеевская на острове Кунашир.

Если говорить о перспективах РФ, опять процитируем И. Подгорного: «Потенциал использования геотермальной энергии в некоторых регионах России (например, на Камчатке) - огромен и способен полностью решить проблемы местной энергетики. Технические ресурсы геотермальной энергии России оцениваются в 11870 млн. т. условного топлива, что примерно в 10 раз превышает разведанные энергетические запасы органического топлива. По оценкам специалистов только за счет геотермальных ресурсов и новых технологий, можно в ближайшие 10 - 15 лет сократить на 20 - 30% потребление органического топлива в стране».

У развития геотермальной энергетики есть свои сложности. Как правило, для постройки электростанций требуются весьма большие капиталовложения, которые медленно окупаются. Термальные воды большинства месторождений имеют высокую минерализацию, содержат токсичные химические соединения, что исключает сброс отработанных вод в открытые водоемы.

Этюд. 7.

ПРЕСНАЯ ВОДА ПОД ДНОМ ОКЕАНА

Опыт делает человека не мудрым, но сведущим.

Альбер Камю

Сам факт существования пресноводных источников на дне моря у многих людей вызывает удивление. Статьи об этом природном феномене в научно-популярных изданиях носили интригующие названия: «Пресная вода на дне моря», «Двойное дно океана», «Сумма неизвестных» и другие, не менее загадочные. Между тем, крупные субмаринные источники, расположенные на небольшой глубине издавна были известны приморским жителям, рыбакам и мореплавателям. Мощные струи обычно образуют на поверхности моря овальное гладкое пятно, часто отличающееся по цвету от морской воды. На поверхности пятна иногда наблюдается явление, похожее на вскипание воды. У источников с очень сильным напором на поверхности моря даже возникает куполообразное возвышение. Естественно, что такие проявления привлекали к себе внимание людей. Первые упоминания о субмаринных источниках можно найти в трудах античных ученых Страбона, Лукреция, Плиния. В условиях засушливого климата эти подводные родники становились важным, а иногда и единственным источником водоснабжения.

Так, относительно города Арвада (Сирия) греческий ученый Страбон (63 г до н.э. - 21 г н.э.) писал следующее; «Это скала со всех сторон омываемая морем, застроенная домами. В военные годы жители получают воду из канала, расположенного недалеко от города. Этот канал питается многоводными источниками. В канал опущено нагнетательное устройство с перевернутой широкой воронкой, сделанной из свинца. Верхняя часть этой воронки сужается в относительно узкую

трубку, вокруг прикреплены кожаные меха. В эти меха через всю систему подается вода из источников. Сначала идет морская вода, но затем пресная» (цитируется по Ф.А. Кохоуту).

Из других рукописей известно, что в Персидском заливе арабские моряки и торговцы получали пресную воду, вставляя в грифон (*углубление на поверхности дна*) источника тростниковую трубку, из которой пресная вода била ключом на высоту десятка сантиметров. В другой части света (залив Карпентария, Австралия) пресная вода добывалась аналогичным образом с помощью бамбуковых трубок.

Как ни странно, но в художественной литературе, огромная часть которой посвящена морской тематике, субмаринные источники не упоминаются. Лишь в одном рассказе Джека Лондона («Дьяволы на Фуатино») в описании драматических событий на одном из вулканических островов Тихого Океана, скупо упоминается, как аборигены добывали пресную воду, ныряя на большую глубину с выдолбленными тыквенными бутылками.

С середины XX века интерес к субмаринным источникам заметно возрос. Многие страны начинают проводить целенаправленные исследования по обнаружению и исследованию концентрированных выходов пресной воды с целью обустройства водозаборных сооружений (каптажа) и подачи пресной воды на берег. В 1963 г, по проекту Комитета по грунтовым водам при ООН, компания Ральф и Парсонс провела исследования у берегов Ливана. В 1966 г по программе национального исследовательского центра Италии выполнены целевые исследования на северо-западном берегу о. Сицилия. В 1964-1968 годах специальная научно-исследовательская организация, созданная по инициативе Бюро геологии и горных наук совместно с Водным обществом Марселя (Франция), проводила крупномасштабные изыскания между городами Марселем и Кассис. В результате обнаружены крупные карстовые источники в районе портов Мийо и Бестиан (Miou and Bestian). В дальнейшем эти субмаринные выходы подземных вод были каптированы путем пе-

рекрытия карстовой галереи бетонной плотиной. Аналогичный способ каптажа позднее был применен в Греции. Имеются отрывочные сведения об изучении субмаринных источников на побережье Адриатического и Японского морей, Тихоокеанском и Атлантическом побережье США, и др.

Совместными усилиями специалистов многих стран география пресноводных субмаринных источников была существенно уточнена. Только в Адриатическом море на карты их было нанесено около 700. Обнаружено, что субмаринные источники широко распространены на подводных склонах островных систем с крутым горным рельефом (Гавайские, Филиппинские острова, Большие Антильские острова и Большие и Малые Зондские острова). Существуют они и в прибрежных водах берегов с низким рельефом, например полуострова Юкатан (Мексика). Настоящей сенсацией было открытие источника Крейсен Бич, который расположен у берегов острова Ямайка на расстоянии 1600 метров от берега, на глубине 256 м. Расход его оценивается $43 \text{ м}^3/\text{с}$ - то есть это весьма большая пресноводная река на дне моря.

Пристальное внимание к пресноводным субмаринным источникам не случайно. Ученые давно говорят о надвигающемся «водном кризисе». Что нам известно о пресноводных субмаринных источниках Черного моря? На этом я расскажу более подробно.

В 1969 году, находясь в командировке на кавказском побережье, мы с коллегой решили посмотреть на установку подводной лаборатории «Садко-3». Поехали на электричке. Железная дорога в абхазском поселке Гантиади прижимается прямо к пляжу. Из окна идущего поезда мы увидели метрах в 50 от берега три удивительно гладких пятна на поверхности моря. Решили, что это могут быть субмаринные источники. Мой коллега тут же об этом забыл, а у меня интерес остался. Настолько, что, вернувшись в Ленинград, я месяц потратил на изучение этого вопроса. Просмотрел в Публичной библиотеке массу научных публикаций. И что оказалось? Есть довольно много иностранных работ в ос-

новном по Средиземному морю. О черноморских источниках обнаружилась всего одна небольшая статья грузинских авторов: И.М. Буачидзе и А.М. Мелива «К вопросу о разгрузке подземных вод в районе Гагра», Тбилиси, 1967. – С. 17 -24. В ней о субмаринных источниках только упоминалось. Не приводилось никаких параметров (температуры, дебита, химического состава воды). Об источниках в Гантиади вообще ни слова. Выходило, что это не только гладкие пятна на воде, но и белое пятно в советской гидрогеологии. Через год встретился с ректором Тбилисского политехнического института И.М. Буачидзе и он подтвердил, что субмаринные источники на территории Абхазии вообще не изучались. Летом 1971 года я с аквалангом обследовал выходы подземных вод в Гантиади. Впечатления оказались сильными. Мощные струи образовали на мелкогалечном дне овальные углубления - грифоны глубиной до полуметра. Они выносили с собой пузырьки воздуха, обломки веток и листья, попавшие в подземный поток в области питания. Там где обнажения меловых известняков не были засыпаны галькой, пресная вода лилась из открытых трещин и каверн. Струи пресной воды хорошо отмечались визуально, за счет цветового оттенка и коэффициента преломления света. Так было положено начало детального изучения Черноморских субмаринных источников.

С одной стороны - прекрасно, когда начинаешь изучать какой-то вопрос, которым еще никто не удосужился заняться. Все что ты сделал - все впервые. Хотя, на защите кандидатской диссертации мне это аукнулось. Кто-то из ученого совета задал вопрос:

- С чем можно сравнить результаты ваших исследований? - Пришлось ответить:

- Аналоги мне неизвестны.

- Так не бывает - заговорили ученые мужи. - Кто-нибудь, да пытался их изучать. И Вам надо было сравнить результаты.

В конце концов, спор решила Высшая Аттестационная комиссия. Аналогов не нашлось и мне присудили искомую ученую степень.

Субмаринные источники теперь относительно подробно изучены на Кавказском побережье в Абхазии и в Крыму. Подчеркну, что относительно. Единичные измерения расхода (или дебита - *debit*, в гидрогеологии - *расход*), температуры и минерализации воды не дают возможности судить о режиме разгрузки, сезонных, годовых и многолетних изменениях стока, максимальных и минимальных дебитах и др.

В Абхазии существует два крупных очага субмаринной разгрузки пресных подземных вод. Первый находится в крайней западной части Гагринского залива. В очаге функционируют 4 отдельных субмаринных источника с суммарным расходом около 8 м³/с. Второй находится примерно в одном километре от ж/д станции Гантиади и состоит из трех групп источников. Суммарный дебит их в межень оценивается в 1.7 м³/с. В Абхазии, с ее влажным субтропическим климатом, обилием рек и родников, потребности в каптировании этих источников пока нет.

Иное дело Крым с его напряженным водным балансом и дефицитом пресной воды. Достоверно известны здесь два очага разгрузки. Первый в виде сравнительно малodeбитных выходов у южной оконечности горы Аюдаг. Второй - в виде многочисленных выходов пресных вод в затопленных и полузатопленных морем гротах и пещерах, около мыса Айя. Карстовые полости здесь расположены у основания вертикального берегового обрыва (клифа), труднодоступны и поход к ним возможен только со стороны моря. Изучение этих субмаринных источников было проведено автором в 1982-1984 годах. Комплексные подводные и надводные работы выполнялись экспедицией от Института минеральных ресурсов Министерства Геологии УССР. Впервые были определены дебиты пресной воды из двух крупных пещер. Они составили 3,5-4,5 тыс. м³/сут.

Начиная с 90-х годов, изучение субмаринной разгрузки продолжили ученые Морского Гидрофизического института Национальной Академии наук Украины (Севастополь). Было установлено, что в отдельные годы, в межень дебиты пресной воды из пещер достигает $10000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Такой расход уже представляет практический интерес. Тем более что в паводок он должен, по аналогии с наземными источниками, увеличиваться в несколько раз.

При каптировании субмаринных источников мыса Айя можно существенно улучшить водоснабжение города Балаклавы и курортных объектов в бухте Ласпи. Причем водой высокого качества, полностью соответствующей санитарным нормам «вода питьевая». При жестком дефиците воды в Крыму, после воссоединения его с Россией исследование нетрадиционных способов получения питьевой воды стало особенно актуальным. Здесь, мало кто верит, что Украина вновь наполнит Северо-Крымский канал днепровской водой.

Субмаринные источники до сих пор остаются одним из самых малоизученных природных объектов в прибрежной зоне морей. И до сих пор в мире не существует единой методики их изучения. Дебиты источников оцениваются весьма приблизительно, по полуэмпирическим формулам. Не изучен механизм движения разноплотностных потоков (пресной и соленой воды). Большие трудности вызывает определение водосборных площадей. Все это определяет широкое поле деятельности для молодых ученых, любящих море.

Разгрузка подземных вод в морские впадины может осуществляться не только в виде субмаринных источников, но и в виде вертикальной фильтрации через современные донные отложения. В русскоязычной литературе такой вид разгрузки называют либо рассредоточенной (в отличие от субмаринных источников) либо способом «перетекания». Такой очень распространенный тип разгрузки характерный для многих побережий Мирового океана. Он преобладает также в конусах выноса рек. Вопросами изучения разгрузки перетеканием много занимался Институт Водных проблем Российской Ака-

демии Наук (И.С. Зекцер, Р.Г. Джамалов, А.В. Месхетели), что подтверждает ряд монографий и множество журнальных статей. Именно такой вид разгрузки уже в начале нашего века стал предметом изучения на международном уровне. Тезисы доклада на эту тему, прочитанного в 2008 году на научной конференции в Крыму, автор решил привести полностью.

Субмаринная разгрузка подземных вод (СРПВ) в Мировой океан является важным элементом в оценке водных ресурсов приморских территорий. Особенно актуальна проблема ее изучения в связи с дефицитом пресной воды и постоянным ростом населения на побережьях Мирового океана. Процессы субмаринной разгрузки также тесно связаны с изучением водно-солевого баланса морских акваторий и их экологическим состоянием. Известно, что подземные воды имеют более высокие концентрации органических и неорганических соединений, включая питательные и загрязняющие вещества. В связи с этим, становится закономерным вопрос о зональном управлении субмаринной разгрузкой (менеджментом), посредством контроля, изъятия или пополнения подземных вод, рационального использования земель, вывоза отходов и т.д. Вмешательство в прибрежную зональную систему требует четкого научного обоснования, технических средств и подготовки персонала (зональных менеджеров).

Проблемы количественной оценки СРПВ в текущее десятилетие рассматривались различными международными организациями. К наиболее масштабным можно отнести совместный проект ЮНЕСКО и Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Скоординированный научно-исследовательский проект по изучению субмаринной разгрузки подземных вод в прибрежной зоне Мирового океана действовал в течение пяти лет, с 2000 по 2004 год. В составлении и реализации проекта принимали участие: Секция гидрологии изотопов МАГАТЭ, Морская лаборатория окружающей среды (Монако) и девять других лабораторий из 8 стран. Компонент ЮНЕСКО включал субсидирование от

Межправительственной Океанографической Комиссии (МОК) и Международной Гидрологической программы (ИНР).

Центральной идеей Проекта, отраженной в программе, было определение и проверка оптимальных методов оценки СРПВ с помощью «сравнительных» экспериментов. Выбор полигонов для проведения экспериментов базировался на различных критериях, включающих логистику, предварительную информацию об ожидаемом количестве СРПВ, гидрогеологические и геологические характеристики и т.д. Причем, под логистикой авторами проекта понимался ряд условий: хороший доступ к участку исследований, местная поддержка (фургоны, плавсредства, размещение персонала), близость к лабораториям, обслуживание, доступ к электроэнергии, наличие местных спонсоров и координаторов. То есть, все то, что, как правило, не принимается во внимание в отечественных исследованиях.

Особое внимание при составлении Проекта уделялось разнообразию гидрогеологических условий, например карст, прибрежные равнины, вулканические постройки и другие. Каждое систематическое подразделение использовалось для возможности сравнения стольких методологий, насколько их возможно было выполнить. Исследования включали: прямые измерения величины СРПВ, моделирование, геофизические методы, природные трассеры (изотопы радия, радон, метан) и др.

Лабораторное и аппаратурное обеспечение отличалось большим разнообразием. Для прямого измерения величины СРПВ использовались ручные измерители вертикальной фильтрации «Lee-типа», (Lee, 1977), автоматические измерители фильтрации, в том числе основанные на пульсациях высокой температуры «Taniguchi-тип», (Taniguchi, Fukuo, 1993), ультразвуковые измерители и т.д. Другим инструментом оценки являлись многоуровневые пьезометрические системы. В региональных оценках СРПВ использовались комбинации естественных радиоактивных трассеров (^{226}Ra , ^{223}Ra и ^{224}Ra , ^{226}Ra и ^{228}Ra , ^{222}Rn). Причем, для непрерывного измерения радона была разработана специальная аппаратура.

В гидротермальных областях применялись совместные измерения ^{222}Ra и CH_4 . Радиогеохимические исследования дополнялись температурными наблюдениями.

В результате тщательного анализа для осуществления Проекта были выбраны 5 участков проведения экспериментальных работ. В хронологическом порядке они осуществлялись в следующей последовательности: Австралия, Cosburn Saund 25.11 - 06.12.2000; Сицилия, Donnalucata 18 - 24.09. 2002; Нью-Йорк, Shelter Island, Long Island 18 -24.05.2002; Бразилия, San Paulo State, Ubatuba 16 - 22.11.2003 и остров Маврикий 19 – 26.03.2005. В экспериментах участвовали более 20 ученых из Австралии, США, Японии, Швеции и России.

Проведенные в глобальном варианте работы внесли весомый вклад в развитие морской гидрогеологии и в представления о взаимодействии подземной гидросферы и Океана. Исследованы участки прибрежно-морской зоны с различными геологическими условиями в разных климатических зонах. Получены уникальные данные о субмаринной разгрузке перетеканием в отличающихся гидрогеологических условиях. Апробирована в натурных условиях новая аппаратура и приборы. Тем ни менее, не все поставленные в Проекте задачи были решены. В частности, основные публикации по Проекту подчеркивают, что хотя все упомянутые выше методы были хорошо проработаны, пока еще не создано общепринятой, «стандартной» методики изучения СРПВ. Проект также не предусматривал изучение наиболее активного вида субмаринной разгрузки - субмаринных источников. Последнее представляется серьезным упущением, как в научном, так и в чисто практическом плане. Для определения дебита субмаринных источников все еще используются полуэмпирические методы, а дорогостоящие каптажные сооружения строятся с большим риском.

К написанному в 2008 году добавим: отдельной проблемой являются прямые измерения подруслового стока в конусах выноса рек. Сумаринная разгрузка в них бывает разного типа. В песчано-галечных отложениях конуса выноса реки

Псоу она комбинированная: проявляется в виде малodeбитных источников и разгрузки перетеканием. В верхней части конуса выноса, горной реки Бзыбь, пресная вода и пузыри воздуха вырываются среди валунов и крупного галечника отдельными струями. Для большинства крымских рек в конусах выноса характерна разгрузка перетеканием. Никто до сих пор не занялся изучением субмариной разгрузки в конусах выноса крупных рек, таких как Дунай, Амазонка, Инд и др.

Представляется, что изучение всех видов субмаринной разгрузки тормозит высокая стоимость и трудоемкость исследований. Периодически возникают какие-то всплески интереса вроде проекта ЮНЕСКО/МАГАТЭ. Но так не раз бывало и в других направлениях научных исследований. В России и бывшем СССР её изучением занимались в основном энтузиасты. Ни в одном ВУЗе не читается хотя бы факультативный курс морской гидрогеологии. Откуда же взяться специалистам? Хочется верить, что в ближайшее время это положение изменится.

Этюд 8.

КУРИЛЬЩИКИ НА ДНЕ ОКЕАНА

*Есть многое в природе, друг Горацио,
Что и не снилось нашим мудрецам.*

Шекспир (перевод Гнедича).

Мировой океан очень медленно открывает человеку свои тайны. Порой удивительные открытия совершаются совершенно случайно. Двести лет назад английский ученый Форбс полагал, что ниже 550 метровой глубины всякая жизнь исчезает. Его гипотеза была опровергнута инженерами, а не учеными.

1859 году связисты подняли на поверхность кабель, лежавший на дне Средиземного моря, на глубине 1800 метров и обнаружили прикрепившихся к нему морских обитателей. Случай также помог ученым Южной Африки увидеть живьем кистеперую рыбу латимерию, считавшуюся давно вымершей.

Споры о том, может ли существовать жизнь в глубоководных впадинах в вечном мраке, при температурах близких к нулю и чудовищном давлении более 1000 бар, прекратились в 1951 году. Тогда датское судно «Галатея» подняло тралом с глубины 9820 - 10210 метров Марианского желоба несколько беспозвоночных актиний и голотурий. Позже это подтвердил швейцарский океанолог Жак Пикар (1922 - 2008) погружившийся в батискафе «Триест» 23.01.1960 на глубину 10911 метров в том же Марианском желобе. Последние исследования 2011 года дают здесь значение глубины 10994 м с точностью ± 40 м.

Известный океанолог и профессиональный водолаз Л.Н. Пропп рассказывал мне в конце 60-х годов, какая многообразная фауна живет подо льдом на дне Антарктических морей. Это, притом, что температура воды там отрицатель-

ная, порядка -1,1 -1,4 °С. Тогда проводились первые подводные исследования, выполненные с аквалангом на одной из Советских научных станций в Антарктиде.

Итак, стало понятно, что жизнь в океане существует везде. Даже в самых неблагоприятных условиях. Но ученые понимали, что океан еще только - только начал приоткрывать свои тайны. Именно на 60 - 80-е годы прошлого века приходится пик изучения Мирового Океана. В эти годы, его бороздят многочисленные научно-исследовательские суда, проводятся надводные и подводные работы, океан изучается с помощью космических аппаратов. Создаются международные программы исследований: «взаимодействие океана и атмосферы», «Джойдес» и др. Начинается систематическое, комплексное изучение геологии морского дна: геофизическое, визуальное, с выполнением глубоководного бурения специально построенным судном «Гломар Челенджер».

Ремарка. Упомянув это название, стоит рассказать об этом судне подробнее: *«Для осуществления программы глубоководного бурения в океане (deep-sea drilling project), составленной в Океанографическом институте Скриппса при Калифорнийском университете США, необходимо было решить несколько сложнейших инженерных и навигационных задач. Во-первых, научиться спускать и поднимать колонны буровых труб длиной в несколько километров в условиях волнения и океанской зыби. Во-вторых, создать систему, допускающую повторное попадание всей колонны и бурильного инструмента в устье скважины. В-третьих, обеспечить судно системой двигателей, способных удерживать его над точкой бурения с минимальными отклонениями, так как уход его в сторону за пределы нескольких десятков метров грозил скручиванием и отрывом буровой колонны. Последняя задача потребовала разработки новой, высокоточной системы ориентации и привязки, которую в открытом океане смогли обеспечивать сначала спутники, а впоследствии гидроакустические маяки, устанавливавшиеся на дно в окрестностях точки бурения. И те и другие должны были достаточно часто показы-*

вать координаты судна на бортовую ЭВМ, чтобы в минимальный срок можно было исправить любые отклонения в положении судна над точкой бурения, вызванные сносом течениями, ветром и другими причинами». (Мир океана).

Когда задача была поставлена перед конструкторами и корабелями они прямо заявили, что это невозможно. Да это все равно, что попасть плевком со сто первого этажа в горлышко бутылки стоящей на тротуаре - образно выразился один из конструкторов. Тем не менее, судно было построено и спущено на воду в 1968 году. Длина его составляла 122 метра, водоизмещение 10500 тонн. Для конца 60-х годов, судно по своим возможностям было не просто суперсовременным, а воспринималось специалистами как фантастика. Кроме уникальной буровой установки, оно имело на борту первоклассные лаборатории и даже типографию, к концу каждого рейса печатавшую предварительные результаты работ. Таким образом, постройку судна можно отнести к крупнейшим научно-техническим достижениям XX века.

Название же судну дали в память о трехмачтовом парусно-паровом корвете «Челленджер» (англ. Challenger, «Бросающий вызов»), совершившего в 1872 - 1876 годах первую комплексную океанографическую кругосветную экспедицию (Рис. 3).

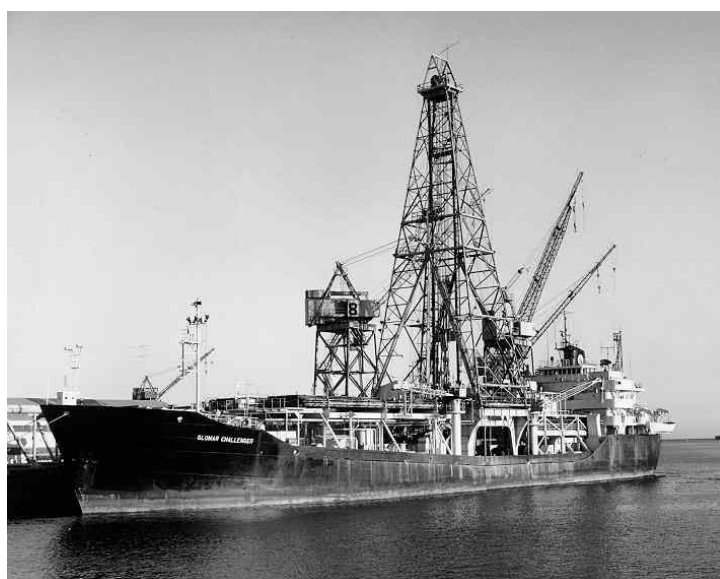


Рис. 3. Гломар Челленджер.

Интерес к исследованиям верхней части шельфа подогревали красочные фильмы Жака Ива Кусто. Широкомасштабные научные проекты имели и практическую направленность, касающуюся рыбной отрасли, улучшения метеопрогнозов, добычи разнообразных полезных ископаемых, в том числе нефти, газа, железо-марганцевых конкреций и др. Изучение дна океана привело к научной революции в геологии. На смену концепции геосиклиналичного строения земной коры, пришла теория тектоники литосферных плит. (*Тектоника, от греч. строительство - наука о строении, движениях и эволюции земной коры, литосферы*).

После появления теории литосферных плит, американский ученый Дж. Элдер высказал предположение о существовании на дне океана в рифтовых зонах горячих источников. Вслед за этим, с помощью автоматических буксируемых подводных аппаратов были обнаружены локальные зоны повышенных концентраций в морской воде гелия-3 (полагают, что он образуется в мантии земли), а также железа, марганца и других элементов.

Для справки: **Рифт** (от англ. Rift - щель, расселина) - крупный линейный прогиб в земной коре, образующийся в месте ее разрыва в результате растяжения. Рифты образуются на границах расходящихся литосферных плит или их континентальных фрагментов. Процесс расхождения носит название дивергенция и приводит к спредингу - образованию океанической коры. Океанические рифтовые зоны достигают ширины 200 км., глубины 1,5 км. и размещаются по оси срединно-океанических хребтов, возвышающихся над поверхностью дна до 3 км. Общая длина всех срединно-океанических рифтов Земли составляет около 60 тыс. км. В них наблюдается самая тонкая земная кора – около 7 км. Мантийное вещество иногда даже изливается на поверхность морского дна в виде лав.

Ученые давно мечтали увидеть своими глазами дно океана на больших глубинах. Для этого были созданы подводные обитаемые аппараты (ПОА), способные автономно переме-

щаться. По существу это комбинация миниатюрной подводной лодки и батискафа. Первые глубоководные ПОА были способны погружаться до глубины 3000 метров. В 1964 году в США построили аппарат «Алвин» с массой 16,5 тонн и максимальной глубиной погружения 4500 метров. Позже были построены ПОА, способные погружаться до глубины до 6000 метров («Си клиф», «Наутилус», «Пайсис», «Мир»). Все они получали энергию для движения от аккумуляторов, имели манипуляторы для взятия образцов и иллюминаторы для визуального наблюдения, Экипаж ПОА составлял три человека: один пилот и два наблюдателя.

На ПОА «Алвин» в марте 1978 года в районе Галапагосского рифта было совершено открытие «черных курильщиков». На глубине порядка 2600 метров наблюдатели увидели удивительное образование. Из конусовидных образований (труб) высотой в несколько метров вверх били гигантские струи черной жидкости, а вокруг труб в изобилии кишели обитатели дна. Черные струи тоже получили название Black smoker - черные курильщики (Рис. 4).



Рис.4. Черные курильщики.

В дальнейшем ученые установили, что температура жидкости на выходе из трубы составляет порядка 350°C, но из-за высокого давления она не кипит. Современные представления об образовании черных курильщиков сводятся к следующему. Вблизи магматических очагов, где магма поднимается к поверхности дна океана, она вступает в контакт с морской водой. Расплав с температурой порядка 1200°C нагревает воду до 500 - 800°C. Горячая вода вымывает из базальта минеральные вещества, расширяется, и начинает двигаться к поверхности в область более низкого давления. При смешении горячих струй с придонной морской водой, температура которой обычно равна 4°C, минеральные вещества начинают выпадать в осадок. Их концентрации в водах курильщиков в 100 миллионов раз выше, чем в морской. В основном это сульфиды меди и цинка, в меньшей степени железа, никеля. Из них образуются характерные конусовидные постройки, высотой до двадцати метров над окружающим дном. Диаметр участков, где расположены конуса, в некоторых случаях составляет сотни метров.

Гипотеза об активной гидротермальной деятельности в глубоководных частях океана блестяще подтвердилась. Геологи получили уникальную возможность наблюдать механизм образования колчеданных месторождений, которые часто встречаются на суше. Они захоронены в осадочных породах древних океанов и ранее происхождение их трудно поддавалось объяснению. Но сам факт их существования свидетельствовал о том, что черные курильщики функционировали на самых ранних стадиях эволюции земной коры. Из гидротермальных месторождений в мире добывается до 20% меди, свинца и некоторых благородных металлов. В России такие месторождения характерны, например, для южного Урала.

Кроме черных курильщиков на дне океана были обнаружены и другие гидротермальные проявления названные белыми курильщиками. Вот как описывается это событие в интернет - публикациях.

«В подводном горном массиве в центре Атлантического океана были обнаружены белые конусы высотой до 60 м, рядом с которыми находятся образования более причудливой формы, а также многочисленные расщелины, заполненные белой породой. Эти термальные источники нового типа были названы «белыми курильщиками» или «затерянным городом» (англ. Lost City). «Белые курильщики» сложены из карбонатных пород. Вода, изливающаяся из них, нагревается за счет энергии, выделяющейся при реакции, протекающей между растворенными в морской воде веществами и оливином. Во время реакции оливин превращается в другой минерал - серпентин. При этом выделяются метан, водород и избыточное тепло. Изливающаяся вода разогрета меньше, от 15 - 20 до 50 - 80° С. В осадок выпадают такие минералы, как кальцит арагонит и брукит. Соединения серы и железа почти не присутствуют, источники распознаются по световым бликам в местах выхода водяных струй из глубины».

Открытие гидротермальных источников было научной сенсацией XX века не только для геологов, но и для биологов. Геологи утверждают, что гидротермальные источники вносят значительный вклад в тепловой баланс Земли. В суммарном исчислении это около 20%. Черные курильщики извергают ежегодно порядка $3 \cdot 10^9$ тонн разогретого до 350 - 400° С раствора, а белые - $6 \cdot 10^{11}$ тонн. У биологов свои проблемы. С помощью дистанционных исследований, полученных с помощью буксируемого аппарата «Аргус», непрерывно фотографирующим дно с дистанции 20 метров, в районе рифта были получены снимки необычных организмов. Но искать на дне фактически конкретные точки - все равно, что искать иголку в стоге сена. Из-за дрейфа судна-носителя и буксируемого аппарата получаемые координаты интересных кадров были весьма приближенными. Для нахождения этих локальных участков на большой глубине требовались высокоточные глубоководные системы навигации и применение ПОА. Как оказалась, затраченные усилия не оказались напрасными. По-

лучилось так, что одновременно с геологами, биологи тоже сделали открытие.

Дело в том, что вокруг белых и черных курильщиков образовались уникальные, ранее неизвестные формы жизни. Вот как описывают свои первые впечатления участники погружения на ПОА «Алвин» в марте 1977 года Дж. Корлисс и Дж. Эдмонт: «... мы оказались в оазисе. Рифы из мидий и целые поля двухстворок, крабы, актинии и крупные розоватые рыбы казалось, купались в мерцающей воде. Внутри круга диаметром около ста метров теплая вода струилась из каждой расселины, каждого отверстия на морском дне. Температура воды была различной, но максимальная составляла 17° С. Организмы, оказались довольно разборчивыми - они забивались в отверстия с наиболее теплыми струями. Мы проработали до полного истощения запаса энергии». Далее в описании встречаются такие эмоциональные выражения как «Райский сад», «Розовый сад», «Мидиевая банка».

После подъема ПОА водоотборники с пробами воды были немедленно переданы в судовую лабораторию. К утру стало ясно, что воды всех теплых источников характеризуются высоким содержанием сероводорода (H₂S) и в них широко представлены хемосинтезирующие бактерии, для жизни которых сероводород необходим. Было выяснено также, что ряд обитающих здесь животных питается не внешним органическим веществом, а веществом внутреннего происхождения, получаемого ими от населяющих их тело хемосинтезирующих бактерий.

Подробное описание уникальных биоценозов ранее неизвестного механизма развития, существующих вокруг черных курильщиков, приводится в интересной книге французского биолога Люсьена Лобье (1986г). Она опубликована в 1990 году на русском языке и называется «Оазисы на дне океана» (Ленинград, Гидрометеиздат, 1990г. - 144 с.).

Что касается белых курильщиков, то их фауна также разнообразна, хотя и не столь уникальна, как у «черных». Здесь обитают губки и кораллы, морские ежи и крабы. Но, как и

«черные курильщики», «белые» покрыты бактериальными матами. Все эти бактерии и археобактерии питаются метаном и водородом.

Какие выводы можно сделать из книги Лобье и других источников, описывающих биологический феномен черных курильщиков?

1. Жизнь может зарождаться, развиваться и существовать в океане в полной темноте (значит без фотосинтеза) вокруг локальных выходов термальных вод. Причем, по сравнению с окружающим дном океана, гидротермальное сообщество поражает невероятно высокой биомассой - в 10000 и 100000 раз больше. Это дало основание совершенно иначе оценить роль абиотических факторов в развитии биологических сообществ.

2. В пищевой цепочке первую ступеньку занимают бактерии. Они питаются сероводородом, метаном и, в свою очередь, служат пищей для более крупных организмов. Иногда они образуют симбиоз с крупными организмами. Все это происходит с невероятной эффективностью (если хотите с невероятным для биосистем КПД). Как отмечает Лобье: «Если в пищевой пирамиде перенос органического вещества с одного уровня на другой, вышестоящий происходит с 10% отдачей всего органического вещества, то здесь налицо экологический парадокс».

3. Фридрих Энгельс в свое время высказал такой тезис; «Жизнь есть способ существования белковых тел». Но белок существует в диапазоне определенных температур и давлений. На поверхности земли белок яйца при температуре 90 - 100°C сворачивается. А термофильные бактерии в полной темноте и под большим давлением воды выживают при температуре 350°C. Это значит, что белковая жизнь может существовать и на других планетах, более горячих, чем Земля и при огромных давлениях.

4. Не исключено, что жизнь на нашей планете зародилась благодаря гидротермальным источникам. И все, ранее неизвестные науке подводные обитатели у подводных терм, являются живыми ископаемыми, подобно рыбе целокант.

Существует пока и ряд вопросов, на которые биологи не нашли ответа. Например, Лобье справедливо замечает: «Физико-химические условия, складывающиеся у гидротермальных источников и способствующие развитию оазисов жизни на глубинах, не долговечны. В случае единичного гидротермального излияния, длительность его функционирования составляет максимум несколько сотен лет, а может быть и меньше. Часто наблюдаются сообщества регрессирующие. Именно это основополагающее наблюдение рождает вопрос, каким образом виды, строго связанные с гидротермальной деятельностью расселяются от одного месторождения к другому». Происходит ли это с помощью глубоководных течений или иным способом - неясно.

В заключение, приведем выдержку из интервью профессора МГУ Виктора Старостина в 2007 году на «Радио Свобода». Он был участником ряда подводных экспедиций на российском ПОА «Мир» (того самого, с которого Д. Кэмерон снимал сцены в кинофильме «Титаник»): «Показателем мирового интереса к этим «курильщикам» является то, что когда исследовательское судно берет пробы, либо спускаемый аппарат, либо он просто опускает трал, либо батискаф, чтобы зафиксировать это место, они ставят буй в виде шара. Буй фиксирует то место, которое изучено этой экспедицией. Когда вы плаваете на известных рудопроявлениях, как на Бродвее, вы видите вывески, вот эти флажки, которые демонстрируют, что здесь была японская экспедиция - это их значок, там были французы, они брали пробы или немцы. Это все как раз говорит о широком и глубоком интересе мировой науки к таким явлениям. Уже существует подводный туризм. Посетить какой-либо «курильщик», пожалуйста - 50 тысяч долларов, вы можете спуститься и проплыть вокруг «курильщиков». Там совершенно неподражаемая природа».

Этюд 9.

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

*Губит людей не пиво,
Губит людей вода.*

Прежде всего, попытаемся ответить на вопрос: что такое качество воды? В самом общем понимании, это оптимальные физико-химические и структурные показатели воды для данного живого организма. Если говорить о человеке, то для его существования имеет первостепенное значение качества питьевой воды. Если говорить о гидробионтах (организмов живущих в воде), то для них это среда обитания, в которой важно все (не только физико-химические показатели, но и растворенный кислород, температурный режим и др.). Очень любопытно о том, что такое качество высказался великий немецкий философ Г. Гегель: «Качество вообще есть тождественная с бытием непосредственная определенность».

О качестве питьевой воды.

Проблемы определения качества воды многообразны. Этому вопросу посвящено огромное количество научных работ, книг и статей. Одной из них является монография, написанная коллективом авторов «Методы комплексной оценки качества подземных и поверхностных вод (практическая экология водных ресурсов)» изданная в Санкт-Петербурге в 2007 году. Ее можно рекомендовать читателю в качестве научно-популярной и очень познавательной книги. Далее мы обсудим только одну сторону проблемы - определение качества питьевых вод центрального водоснабжения.

В качестве источника поступления воды в водопроводные системы используются поверхностные и подземные воды. Пренебрежение к законам экологии и просто к здравому смыслу, привело к тому, что в настоящее время абсолютное

большинство поверхностных (реки, озера, водохранилища) и грунтовых вод загрязнено промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками. Поэтому, в прямом виде (без предварительной очистки) они уже непригодны для питьевого употребления. Одним из самых мало обеспеченных водой регионов является полуостров Крым. Поэтому приоритет в его водоснабжении имеют чистые или мало загрязненные подземные воды.

Огромное значение для централизованного питьевого водоснабжения имеет качество исходной воды и технология очистки. Оценка качества производится согласно Государственным стандартам. До недавнего времени в России и Западной Европе, согласно принятым стандартам в химическом составе питьевой воды определялось содержание 31-го компонента. Кроме того, нормировались: показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) пестицидов и гербицидов по 26 позициям, ПДК 18 изотопов, предельно допустимая радиация 11 веществ. С учетом роста промышленного и сельскохозяйственного загрязнения число нормируемых компонентов перешагнуло порог в 500. Причем их количество постоянно возрастает, а требования к их оценке становятся все более жесткими.

Постоянное пополнение списков вредных веществ и совершенствование стандартов - действие, безусловно, необходимое. Но, в современных реалиях оно напоминает борьбу с ветряными мельницами. Подтверждением этому высказыванию служит тот факт, что еще в 1988 году ученые-химики установили, что в мире зафиксировано более миллиона вредных токсичных веществ и химических соединений. И каждый год к ним прибавляются десятки и сотни вновь синтезированных. При этом только 10% токсикантов (т.е. около 100000) определяются в лабораториях химическими методами. Из этих методов только 10% (то есть около 1000) сертифицированы. В сложившейся ситуации четкое определение требований к качеству питьевой воды представляет собой

трудноразрешимую проблему для всех государств, среди которых Россия не является исключением.

Последним официальным документом, регламентирующим качество питьевой воды в России, являются «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной к употреблению человеком». Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.1.4.1074-01), утвержденные приказом Минздравом от 01.01.2002 г. Документ отменяет все предыдущие нормативы и Государственные стандарты.

Новые Санитарные правила и нормы во многом учитывает мировой опыт создания подобных документов и, несомненно, более совершенен, чем предыдущий. Остановимся лишь на некоторых его недостатках, по которым автор считает необходимым высказать свою сугубо личную точку зрения.

Например, в пункте 3.4.4 документа сказано: «Содержание в питьевой воде опасных веществ не должно превышать предельно допустимые концентрации (обозначаются ПДК). В случае нахождения в воде нескольких веществ с одинаковыми лимитирующими классами опасности, сумма отношения концентраций каждого вещества (C_1) к установленному ПДК не должна превышать единицу: $C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots C_n/\text{ПДК}_n \leq 1$;

Здесь, по нашему мнению суммирование отношений конкретных концентраций и предельно допустимых, не дает объективной оценки качества воды, как и любое другое арифметическое сложение концентраций токсических веществ. Аргументируя свою позицию, приведем лишь два общих соображения.

1. Само понятие ПДК весьма условно. Под ним понимается разовое употребление предельно допустимой нормы токсиканта. Понятно, что если концентрация его выше предельно допустимой, это наверняка принесет вред среднестатистическому организму. А что будет, если токсикант (то есть яд) употреблять меньшими дозами, но постоянно? Этого не знает никто. Кроме того, большинство допустимых уровней и предельных норм загрязнений, не имеют достаточно надежного

обоснования. Они установлены большей мере на предпосылках, чем на точных экспериментальных данных (обычно лабораторных). Поэтому, для рядового потребителя, проведение выборочных анализов бессмысленно, так как не дает ответа на вопрос о пригодности воды к употреблению. Добавим, что в ценовом выражении анализы обойдутся потребителю во многие сотни рублей.

2. При простом суммировании не учитываются известные токсикологам реакции синергизма и антагонизма. При синергизме токсический эффект усиливается при взаимодействии двух или нескольких токсичных химических элементов. Например, при одновременном нахождении в воде ионов цинка и меди общая их токсичность повышается в пять раз. При антагонизме, наоборот, происходит некоторое подавление токсических свойств веществ. Добавим, что многие из упомянутых реакций вообще не учитываются при анализах качества воды, так как они до сих пор слабо изучены или не изучались вообще.

Критическое мнение, касающееся применения ПДК неоднократно высказывал не только автор, но и многие другие специалисты. Однако, пока не придумали ничего лучшего, его используют и будут использовать. Хотя бы только потому, что это удобно. Но вот то, что до сих пор слишком мало внимания уделяют изучению явлений синергизма и антагонизма, весьма прискорбно. Ведь достаточно убедительно доказано, что при всех известных ПДК ниже нормы, вода часто оказывается токсичной.

Остается открытым вопрос, что делать в случае загрязнения воды неизвестными токсичными соединениями, для определения которых отсутствуют методики их определения. По нашему мнению, следует рекомендовать дополнительный интегральный показатель качества питьевой воды - индекс токсичности, получаемый по результатам биологических тестов (биотестирование)».

Комментируя этот пункт Санитарных Правил и Норм, отметим следующее. В странах Западной Европы, США и Ка-

наде проведение биотестирования является даже не рекомендательным, а **обязательным** анализом во всех случаях определения качества воды. Это принципиально важное положение должно быть отражено и в отечественном документе (СанПиН). Важно также, чтобы этот вид анализа выполнялся в короткие сроки. То есть, он должен быть экспрессным.

В настоящее время в России имеется не менее десяти сертифицированных методик определения токсичности вод биотестированием, в том числе питьевых, рекреационных, морских. К сожалению, все они не экспрессные (продолжительность выполнения тестирования составляет 3 -7 суток).

Теперь поясним читателю, что такое биотестирование. Это вид анализа воды, определяющий ее общую (суммарную, интегральную) токсичность с помощью биологических объектов (тест - объектов). Степень токсичности вод определяется по-разному. Например: канцерогенная, тератогенная, мутагенная. Или другой, более понятный неискушенному человеку вариант: сильно токсичная, токсичная, средне и слаботоксичная.

Из всех известных нам видов биотестирования наиболее экспрессным является анализ, выполняемый на приборе «Биотестер 2», где в качестве тест объекта используются инфузории (*paramecium caudatum*). Как тест-объект парамеции выбраны не случайно. Их жгутики являются точными копиями человеческих нервов. Сам прибор и прилагаемая к нему чистая культура парамеций изготавливается в России (г. Санкт Петербург). Достоинства прибора очевидны: анализ выполняется в течение 3-6 минут (при трехкратном повторении тестирования). На одно тестирование требуется всего 1 см³ исследуемой воды. Реакция объекта (хемотаксис) фиксируются автоматически, а результат появляется на дисплее.

В стандартных методиках, чаще всего в качестве тест объектов используют ракообразных. Оценки их поведения выполняются визуально, что вносит элемент субъективности. Для проведения анализа требуется проба воды не менее трех литров. В данном случае комментарии излишни.

Другая беда централизованного водоснабжения - примитивный способ очистки. Для обеззараживания используется хлор. В принципе, он достаточно эффективен. Но, сам по себе хлор - сильнейший канцероген. Он настолько ядовит, что в первую Мировую войну использовался как боевое отравляющее вещество. То, что хлором десятки лет травят население России, иначе как преступлением не назовешь. Стоит отметить, что «продвинутые» граждане водопроводную воду не пьют, а покупают бутилированную. Её, как правило, добывают из глубоких скважин и она не нуждается в очистке.

Если в качестве примера привести Крым, то здесь в маловодные годы положение с питьевой водой складывается критическое. Мало того, что питьевая вода далеко не всегда соответствует гигиеническим стандартам. Так она еще в большинстве городов и населенных пунктов подается населению по жесткому графику. Парадоксален и другой факт: при крайней ограниченности естественных водных ресурсов в республике допускается намеренное загрязнение основных водоносных горизонтов (яркий пример тому плато г. Ай Петри). По этому поводу можно процитировать высказывание крупнейшего философа античности Аристотеля (IV век до н.э.) «Народ, не умеющий отделять загрязненную воду от чистой, не может считаться цивилизованным».

В летний период, когда возникает опасность возникновения эпидемий, водопроводная вода подвергается не просто хлорированию, а гиперхлорированию. И основания для этого вполне убедительны.

Вспомним недавнее прошлое. В Советском Союзе, с его бесплатной медициной и якобы строгими санитарно-гигиеническими нормами, в 1970 году на Крымском полуострове вспыхнула эпидемия холеры. Хотя это не совсем точно. По официальным данным с 1965 по 1989 год, в СССР насчитано 10733 случая заболевания этой страшной болезнью. На наш взгляд, главная причина в крайне плохом состоянии очистных сооружений в большинстве городов, а то и полное их отсутствие. Даже в таком крупном городе, как Ленинград,

очистные сооружения на острове Белый долгое время не могли работать нормально. Эпидемия холеры по сообщениям эпидемиологов в 1970 году началась в Батуми, затем вспышки заболеваний были зафиксированы в Астрахани, Керчи, Одессе и некоторых других городах. Во всех очагах были обнаружены два штамма вибриона Эль-Тор. На ликвидацию эпидемии были брошены лучшие медицинские кадры.

Все было довольно стандартно. Сначала мы создали трудности, а потом начали их героически преодолевать. Проведение всего комплекса противоэпидемических мероприятий потребовало больших материальных затрат. Например, для установления карантина на Крымский полуостров, было привлечено 9400 солдат, 26 вертолетов, 22 катера. В Одессе - 5000 солдат, 9 катеров, 5 вертолетов. В Астрахани - 3017 солдат, катера, вертолеты и т.д. Автор был свидетелем этих событий, и многое мог бы о них рассказать. Но это тема отдельного произведения.

Лишь один раз в моей работе хлор сыграл положительную роль. В НИИ где я работал, пришла женщина с бутылкой воды. У нее в частном доме полностью затопило довольно глубокий подвал. Бедняга не знала, чем это вызвано: толи поднялись грунтовые воды, толи прорвало где-то водопроводные трубы. Я отнес воду в химическую лабораторию и попросил лаборантов определить содержание только одного элемента - хлора. Через десять минут выяснилось, что концентрация его очень велика. Все сразу стало ясно. Немедленно звоните в водоканал, посоветовал я женщине.

В принципе, при разовом определении качества питьевой воды, достаточно убедиться в отсутствии в ней болезнетворных микробов (стандартные анализы выполняются санитарно-эпидемиологическими станциями) и провести биотестирование. Если вода не токсична - ее можно пить. Но если она окажется даже слаботоксичной или источник водоснабжения рассчитан на длительный срок, следует провести дорогостоящие химические анализы в соответствии с требованиями СанПиН.

О качестве морской воды.

Зачем определять качество морской воды? Ответ на вопрос очевиден. Мировой океан является не только колыбелью человечества, но и его кормильцем. Это огромный резерв биоресурсов. С ростом населения Земли его роль в снабжении пищей людей только повышается. Одновременно, дно океана - кладовая полезных ископаемых, которых на суше становится все меньше. Океан - глобальная транспортная система. Более половины населения планеты живет на его побережьях или в непосредственной близости от них. Между тем, человек крайне безответственно относится к своему кормильцу. Кажущиеся бескрайними просторы океана породили иллюзию, что ему не угрожает антропогенное воздействие. В океан сбрасывали и неочищенные стоки промышленных предприятий, и ядерные отходы, топили боевые отравляющие вещества. То есть, относились к нему как к мусорной свалке и помойке. Никто не думал о том, что биологические системы океана столь же ранимы, как системы суши. Загрязнение океана приняло глобальные масштабы.

Впервые данная проблема привлекла внимание общественности в 1968-1972 годах. О ней начали говорить в СМИ. Одним из первых на защиту океана стал всемирно известный ученый и путешественник Жак Ив Кусто. В одной из своих научных работ в 1971 году он писал, что за последние 20 лет интенсивность жизни во всех морях мира, вместе взятых уменьшилась на 30 - 50%. В монографии С.А. Патина, вышедшей в печати в 1979 году, автор утверждал: «Глобальное снижение первичной продукции (планктона) на 10% (а это не кажется преувеличением в условиях современного загрязнения) должно повлечь за собой соответствующее уменьшение скорости продуцирования на других трофических уровнях. Вплоть до nekтона, где это снижение, по отношению к «контрольной» ситуации незагрязненного океана, может достигнуть 20 млн. тонн сырого вещества в год, включая массу промысловых рыб».

Пояснение. Планктон (от греч. *planktós* - блуждающий), совокупность организмов, населяющих толщу воды и не способных противостоять переносу течениями. В состав совокупности входят как растения - фитопланктон (в т. ч. бактериопланктон), так и животные - зоопланктон. В противоположность планктона, бентос - организмы, обитающие на дне. Нектон - активно плавающие в толще воды организмы, в том числе рыбы.

К началу 80-х годов в мире уже существовало, по крайней мере, 36 международных и региональных соглашений и конвенций по вопросам загрязнения моря. С тех пор к ним прибавилось еще десяток, но масса проблем все еще остается нерешенной.

Что касается самого понятия «загрязнение», то по этому поводу среди специалистов существует давняя дискуссия. Она усугубляется тем, что в разных странах приняты различные критерии токсичности природных вод и методы их оценки. В международных документах сам термин «загрязнение» намеренно детализируется по отдельным видам, и смысл тонет в массе специальных терминов. Лично мне, более всего импонирует краткое определение, предложенное А.Ф. Спилхаузом, экспертом по вопросам загрязнения Национального управления океанологии и метеорологии США: «Все живое или неживое, что своим избытком снижает качество жизни, является загрязнением».

Для людей, живущих на побережьях или приезжающих к морю купаться и отдыхать, качество морской воды в России определяет санитарные правила (СанПин 2.1.5. 980 – 00), утвержденные в 2000 году. Качество морской воды в этом документе предписывается определять по 17 показателям (в том числе органолептическим, химическим, микробиологическим, радиологическим). Самые важные, на мой взгляд, - микробиологические. Купающимся, морская вода, так или иначе, попадает в рот и на слизистые оболочки. А патогенные кишечные бактерии и холерные вибрионы одинаково хорошо живут как в пресной, так и в морской воде. За рубежом, каж-

дое государство устанавливает свои нормативы определения качества. В Англии их определяют по четырем показателям, в Канаде по трем и так далее.

Гораздо более серьезные требования к качеству морской воды предъявляет рыбная отрасль. Не менее внимательно относятся к этому вопросу и в развитии марикультуры (выращивание съедобных водорослей, мидий, устриц и т.д.). Многие морские обитатели, особенно организмы фильтраторы (которые питаются планктоном, фильтруя воду - те же мидии) способны накапливать в своих тканях различные токсичные вещества в концентрациях во много раз превышающих содержание этих вредных веществ в морской воде. По данным С.А. Герлаха в своем развитии мидии нуждаются, по меньшей мере, в 11 незаменимых микроэлементах: Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, V, Se, Ni, Sn, играющих важную роль в функционировании ферментов. Одновременно они накапливают такие токсичные как ртуть, кадмий и свинец, положительные биохимические реакции, которых пока еще неизвестны.

Упомянув ртуть, отметим, что это очень токсичный химический элемент. О накоплении его морскими обитателями свидетельствует такой случай. В небольшом городке Минамата (Япония, остров Кюсю), жители которого занимались в основном рыболовством, стали появляться симптомы неизвестного заболевания. Как образно писал наш соотечественник, корреспондент В. Цветов: «Первые признаки катастрофы, обрушившейся на рыбаков и крестьян залива Минамата, были загадочными и жуткими. Неизвестный недуг вызывал отмирание мышц рук и ног, потерю речи, поражал головной мозг. Но, начиналось все не с этого... Сначала в поселке взбесились кошки. Они дико визжали, стрелой носились по улицам, со всего разбегу налетали на дома и людей. А затем кидались к морю, прыгали в волны и тонули. Чайки, взмыв в небо, складывали вдруг крылья, штопором вонзались в воду и оставались там бездыханными».

В 1956 году появились все признаки эпидемии. Из 116 официально зарегистрированных больных 46 умерло. Предполагалось отравление тяжелыми металлами. Так как при вскрытии, в мозгу умерших обнаружили ртуть, таллий и свинец, симптомы получили даже свое название «болезнь Минамата». Понадобилось три года, пока не установили, что отравление вызвано метилртутью. Почему так долго? Обычно врачи обнаружившие неизвестную болезнь «носом роют землю». Их имена могут войти в историю с названием болезни (болезнь Альцгеймера, Боткина, Паркинсона и др.). Позже выяснилось следующее. Виноват оказался завод концерна «Тиссо», сбрасывающий в море отходы производства, содержащие метилртуть. Влиятельное руководство концерна всячески препятствовало расследованию. К концу 60-х годов установили, что болезнью «Минамата» в той или иной степени были поражены около ста тысяч жителей префектур Кумамото и Кагасима.

Хоть это и не относится качеству морской воды, но надо сказать, что и наши доморощенные экологи в начале 90-х годов вдруг сильно озаботились ртутным загрязнением. Проводились даже ртутные съемки местности. Как только в печати появились статьи о ее токсических свойствах, школьники Симферополя тут же стали заливать школы, неизвестно откуда взявшейся у них, ртутью. Естественно школы закрывались, занятия прекращались, контрольные отменялись. Но при съемках, загрязнении ртутью никто не хотел учитывать, в какой химической форме этот элемент находится в природе. Метилртуть гораздо токсичнее чистой ртути, а вот ее соединение с серой (сульфид ртути) практически не токсично. Да и при всех прочих экологических исследованиях следует определять не только токсичный элемент, но и химическую форму его нахождения.

Определение концентраций ртути в морской воде вызывает у химиков явные затруднения. С.А. Герлах приводит такой факт: одна и та же проба воды была послана им в 11 ведущих лабораторий мира. Результаты анализа у всех оказа-

лись разными. Не зная об этом случае, автор проделал тот же эксперимент. Финансовые возможности позволили ему провести анализ только в четырех лабораториях Советского Союза. И тоже получил четыре различных значений концентраций.

Известны случаи смертельного отравления людей и другим токсичным элементом - кадмием. Так в 1976 году у жителей острова Цусима появились признаки болезни «итай-итай» вызванной отравление эти химическим элементом, содержащимся в моллюсках. Поразительно много кадмия накапливается в морских гребешках и кальмарах. Тот и другой моллюск считаются деликатесными. Почему именно эти гидробионты накапливает кадмий, до конца не выяснено. А между тем, этот химический элемент очень коварен. Он плохо удаляется из организма человека и накапливается в нем, особенно в костях.

Разумеется, что развитие технологий, создание новых материалов и химических соединений невозможно остановить. Но очень нежелательно, чтобы пути развития технологического прогресса отрицательно влияли на глобальную экосистему, неотъемлемой частью которой является мировой океан. Наиболее разумно было бы руководствоваться таким же кодексом, какой рекомендуется врачам, сформулированной еще Гиппократом: не навреди!

Этюд 10.

МОРСКИЕ ВОЛНЫ

Море завораживает, море убивает, волнует, пугает, а ещё смешит.

Алессандро Барикко.

У моря тоже есть свои мигрени.

Виктор Гюго.

Так же, как и огонь, зрелище морских волн завораживает. Даже в полный штиль, поверхность моря колеблется. Вода то набегает на берег, то отступает. Кто первый начал измерения волн, доподлинно не известно. Считается, что первые инструментальные наблюдения волн Средиземного моря сделал в 1725 году итальянский ученый Луиджи Марсильи. На рубеже XVIII и XIX веков регулярные наблюдения за морскими волнами и их измерения проводились во время дальних плаваний по Мировому океану всеми великими мореплавателями, в том числе русскими капитанами И. Крузенштерном, О. Коцебу и В. Головиным. Данные измерений заносились в судовый журнал.

В наши дни волны изучаются с берега, судов и даже из космоса. Измерения проводятся с помощью сложных и очень точных приборов, действующих автоматически и выдающих информацию в виде столбцов готовых цифровых данных. Основными параметрами неизменно являются: высота (h), длина (λ) и период (τ).

Со временем появилось много классификаций морских волн по различным признакам. Например, для внешнего шельфа океанологи выделяют шесть их типов: ветровые, зыби, барические, цунами, краевые и внутренние. Кроме того, в океанах и морях выделяются: приливные, стоячие, одиночные и другие. Необходимость создания различных классифи-

каций объясняется, что волны имеют разное происхождение. Даже вызываемые одной причиной, они имеют принципиальные отличия в открытом море и на мелководьях.

По происхождению наиболее опасные волны классифицируются следующим образом (рис. 5).

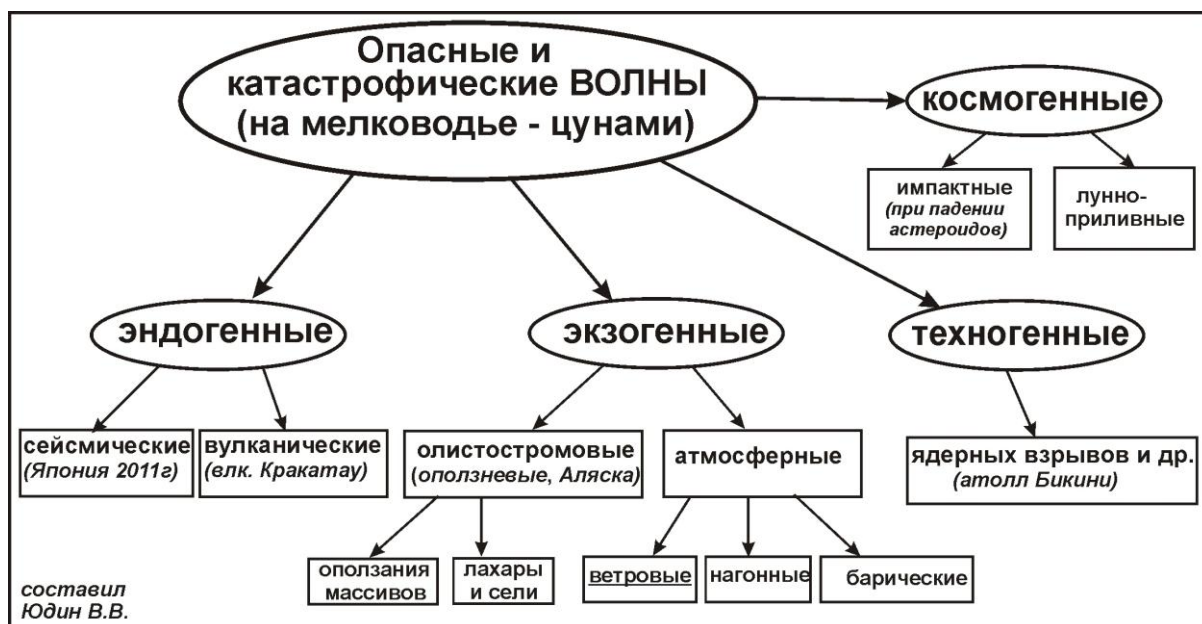


Рис. 5. Классификация опасных волн по В. В. Юдину (2011 год).

Однако, для того, что бы рассказать обо всех видах только опасных волн, потребуется целая книга. Поэтому, мы остановимся только на некоторых их видах.

Ветровые волны. Само их название говорит, о том, причиной их возникновения является ветер. При сильных штормах, даже во внутренних морях высота их может быть очень большой (рис. 6). Так, для северо-восточного района Черного моря расчетная высота $h_{\max} = 11,4$ м. один раз в сезон, 14,4 м. один раз в 30 лет, 15 м. один раз в 110 лет.

Кинетическая энергия штормовых волн атакующих берег огромна. Об этом можно судить по тем разрушениям гидротехнических сооружений, которые они совершают. Одно из таких событий, произошедшего в 1872 году в Шотландии очень красочно описано в книге Т. Стивенса «Строительство

портов». Приведем его с некоторыми сокращениями: «Главная часть мола состояла из трех рядов каменной кладки на цементном растворе, основание которой было выполнено из массивов от 80 до 100 тонн. Надводная часть его представляла собой монолит из бутовой кладки на растворе общим весом свыше 800 тонн. Для большей прочности вся эта конструкция была прошита металлическими стержнями» (арматурой).



*Рис. 6. Штормовые волны в Севастополе
(фото А. Прусова).*

Трудно было себе представить, чтобы это массивное сооружение не выдержало натиска волн, но местный береговой инженер Макдональд своими глазами наблюдал эту страшную картину с ближайшего берегового обрыва: «Под непрерывными ударами волн головная часть мола начала постепенно поворачиваться, затем откололась от основной части и сдвинулась вдоль него в сторону берега. После шторма водолазы установили, что 800 тонный монолит, который смыло с верхней части мола на глазах Макдональда, увлек за собой всю нижнюю каменную кладку, прикрепленную к монолиту арматурой. И вся эта громада весом не менее 1350 тонн была

сдвинута с места целиком, как бы одним махом, и прибита волнами к внутренней стороне мола». Далее сообщается, что, мол был отстроен заново. На это раз, была сооружена еще более тяжелая монолитная конструкция весом в 2600 тонн. Однако через пять лет, во время очередного шторма, новой конструкции тоже пришел конец. У нас нет сведений, относительно того, остался ли Макдональд на своей прежней службе и предпринял ли он третью попытку строительства мола (комментарий В. Баскома).

Набегая на широкий пляж, штормовые волны постепенно гасят свою энергию. Но если ширину пляжа ограничить каким-нибудь гидротехническим сооружением, то пляж практически обречен. Отражаясь от препятствия, волны усиливают обратный волноприбойный поток, уносящий пляжевый материал в море на большую глубину. На укороченном пляже они с еще большей силой штурмуют препятствие.

В конце 60 годов прошлого века роковую ошибку совершили строители при расширении набережной в поселке Пицунда (Абхазия). Море, как известно, ошибок не прощает. В январе 1969 года в восточной части Черного моря разыгрался сильный шторм. По словам очевидцев событий, произошло следующее (цитата из книги В. Меньшикова, В. Пешкова «Берег Пицунды. Факты и гипотезы» М., 1980):

«Шестого января был понедельник. Рабочий день только начался, когда в дирекцию позвонил администратор пансионата «Бзыбь». Встревоженным голосом он сообщил, что на море сильный шторм. Волны размыли почти весь пляж перед корпусом и уже заливают набережную. Это казалось невероятным. С самого утра ярко светило солнце. Было безветренно. Однако, поспешив на берег, мы увидели поистине впечатляющее зрелище. Волны были уже настолько огромными, что стоя на набережной, мы не видели горизонта. Их высота казалась нам не меньше 10 метров (по данным метеостанции - около шести). У самого берега они вздымались сплошной стеной и буквально прыгали на пляж. И он таял на глазах. Мощные потоки ударялись в волноотбойную стенку набе-

режной и давали громадные всплески. Вода вкатывалась на набережную и затопила рощу (здесь имеется ввиду уникальная сосновая роща, род деревьев которой сохранился с третичного периода). В один из таких моментов с грохотом вылетели витражи курзала и соседнего с ним пансионата «Бзыбь». Волны прокатывались по холлу, круша все на своем пути. Такая же участь постигла столовую, затем пансионаты «Амра», «Колхети» и «Золотое руно». Нетронутым остались лишь три корпуса, удаленные от берега на 100 метров. Но это было только начало. К полудню задул свежий ветер. В ночь на седьмое января он достиг ураганной силы, а волны достигали 8 метров».

Читателю надо пояснить, что весь комплекс пансионатов принадлежал «Интуристу», этакому «государству в государстве». Круглогодично функционирующий курорт в Пицунде был жемчужиной в ее короне. Организации, приносившей стране немалый доход в иностранной валюте. Поэтому, для спасения курорта были приняты беспрецедентные меры. Как только шторм немного ослабел, из ближайшего домостроительного комбината десятки самосвалов повезли на берег бетонные блоки, лестничные марши и целые строительные конструкции. Всё это, как своего рода дань морю, сбрасывалось в волноприбойную зону. Но, усилия людей были напрасны. Иностранцев пришлось срочно эвакуировать, заплатив им солидную неустойку.

Январский шторм 1969 длился удивительно долго для этих мест - 120 часов. Местные власти еще не успели прийти в себя, как 17 февраля грянул следующий шторм. Он был слабее предыдущего, но берег, лишенный пляжа, не смог защитить курорт. Волны полностью разгромили набережную, а ее массивные плиты разбросало по роще и часть утащило на глубину. Серьезно пострадали коммуникации. Через год, когда автор посетил Пицунду, очевидцы рассказывали, что в одну из фаз шторма волны образовали так называемый ныряющий бурун. Это явление, когда волна, подходя к берегу, заворачивается в рулон. Воздух, зажатый в рулоне, вначале

сжимается, а потом как бы взрывается. При этом галька (пляж в Пицунде галечный) выбивала оконные стекла в зданиях пансионатов вплоть до четвертого этажа.

В известной мере страдают от разрушительных волн и берега Крыма. Так, шторм, случившийся 7 - 8 февраля 2012 года вызвал разрушения на южном берегу. Штормовые волны, несмотря на берегозащитные сооружения, сильно повредили набережные Алушты, Гурзуфа и Ялты. Убытки составили более 150 млн. рублей. Даже в закрытой Севастопольской бухте волны разгромили городские набережные (рис. 7).



Рис. 7. Часть набережной г. Севастополя после шторма. (Фото А. Прусова).

У ветровых волн есть еще одна удивительная особенность - акустическая. При обтекании волновой поверхности потоками воздуха возникают инфразвуки, которые академик В. Шулейкин назвал «голосом моря». Инфразвуки, зарожда-ясь над волнами в результате срыва вихрей с гребней волн, распространяются в воздухе со скоростью звука, то есть быстрее волн. Из-за низкой частоты «голос моря» слабо поглощается атмосферой и на большом расстоянии может быть уловлен специальными приборами. Эти инфразвуковые сигналы служат предупреждением о приближающемся шторме.

Штормовые нагоны. Сильный ветер, дующий с моря, вызывает подъем уровня воды, что приводит к затоплению низменных берегов. Это явление называется штормовым нагоном (storm surge). Сильные штормовые нагоны в прошлом привели к гибели более миллиона человек и вызвали большие разрушения. Точную цифру назвать невозможно, так как в некоторых странах Азии людские потери определяли довольно приблизительно. Сомнения такого плана очевидны. Например, во многих источниках сказано, что при землетрясении 1553 года в Китае погибло 830 тысяч человек. Интересно, кто их тогда считал, с точностью до тысячи? Китайцы и сейчас не могут сами себя сосчитать, а уж в шестнадцатом-то веке и подавно. Поэтому остановимся только на сравнительно недавних событиях.

В США наибольшую известность получил штормовой нагон в штате Техас, случившийся в 1900 году. Он вошел в историю под названием «Галвестонское наводнение». Тогда, ураганный ветер вызвал повышение уровня воды у берегов Мексиканского залива на 4,6 метра по сравнению с обычным уровнем прилива. На город двинулись штормовые волны до 7,5 метров высотой. Город Галвестон был стерт с лица земли. Погибло около пяти тысяч человек. Другая катастрофа в США произошла относительно недавно. В 2005 ураган «Катрина» в Мексиканском заливе затопил Новый Орлеан, что привело к гибели около 1200 человек.

В Европе наиболее резонансным был нагон 1 февраля 1953 года. Позже, наводнение получило название - «шторм четырех столетий». В тот день, случилось фатальное совпадение следующих неблагоприятных факторов: самый высокий (сигизийный) прилив, мощная сейша (поднятие уровня моря в связи с резким падением атмосферного давления, обычно в центре циклона) и сильнейший ветер с моря. В названии отражена возможность повторения подобного сочетания один раз в 400 лет. В результате совместного воздействия всех этих факторов уровень моря у берега Голландии повысился на 3,4 метра выше самого высокого прилива.

Здесь надо пояснить особенности этой маленькой страны. Многие столетия голландцы отвоевывали землю у моря. Делалось это следующим образом. Мелководные участки, главным образом заливы, отгораживались дамбой. Морская вода удалялась с помощью насосов, часто с использованием ветряных мельниц. После этого донные отложения многократно промывались пресной водой, чтобы удалить морскую соль. Промывные воды снова откачивались. Образовавшиеся участки суши, уже пригодные для сельскохозяйственных работ, получили название «польдер». В настоящее время, польдеры составляют около половины площади всей Голландии. Появилась даже выражение: «Бог создал море, а голландцы землю». Благодаря высочайшему уровню агротехники и трудолюбию голландцы собирают самые высокие в мире урожаи. Польдеры приносят неплохой доход. Но они обладают одной особенностью - находятся ниже уровня моря. Возможно, поэтому у Голландии есть второе название: Нидерланды, т.е. низкие земли.

Ночью 1 февраля 1953 голландцы спали спокойно. Когда штормом практически одновременно было размыто пятьдесят дамб. Крутая десятиметровая волна хлынула на спящих жителей и проникла вглубь страны на 60 км. Погибло 1835 человек. Жертв могло быть много больше, если бы не было хорошо организованной спасательной операции. Голландцам активно помогали соседние страны, сами пострадавшие от шторма. Было эвакуировано 72 тысячи жителей. Вода затопила 193 населенных пункта, полностью разрушила 3000 домов и сильно повредила 40000 зданий.

Экономический ущерб от этого шторма оценивают по-разному. Сами голландцы считают, что пострадали больше, чем от двух мировых войн. В современных ценах это миллиарды долларов. Более страшная катастрофа произошло в Голландии очень давно, еще в 13 веке. Сильнейший шторм в 1280 году разрушил дамбы и образовал большой морской залив Зей-дер-Зее. Тогда погибло около 50 тысяч человек. При таком масштабе трагедии не принято говорить о гульденах

или талерах - валюте того времени. Хотя экономические потери, несомненно, были огромны.

В Европейской части России от штормовых нагонов в наибольшей степени, до постройки дамбы, страдал г. Санкт-Петербург. Красочное описание наводнения в городе нам оставил А.С.Пушкин в поэме «Медный всадник». Резкие повышения уровня в Неве при нагонах, объясняются сравнительной узостью Финского залива, и мелководьем в устье Невы (Маркизова лужа). Масштабы подтопления объясняются низкими высотными отметками берегов.

В Азии, в Индийском океане, штормовые нагоны особенно разрушительны в Бенгальском заливе. В осенние и зимние месяцы они там случаются регулярно. К наиболее катастрофическим последствиям привел штормовой нагон 12 ноября 1970 в Бенгальском заливе, вызванный циклоном «Бхола» (подъем уровня воды составил 6 м): из-за наводнения в Бангладеш погибли около 300 тыс. человек и около 200 тыс. умерли от голода и болезней.

Несколько больший подъем уровня до этого случился 31 октября 1960 года. Он составил 6,71 метра. Столь точно она была вычислена благодаря тому, что вода затопила башню маяка и на стене внутреннего помещения осталась отметка. Этот нагон тоже принес много бед, но одновременно случилось несколько забавных происшествий. Вот как их описывает в своей книге «Волны и пляжи» американский ученый Виллард Баском: «С наступлением сумерек в районе волнового нагона встало на якорь грузовое судно типа «Либерти». *(Наши комментарии: Этот тип судов массово спускался на воду американскими верфями в годы Второй мировой войны. Использовались для поставок в СССР различных грузов по ленд-лизу, в составе северных конвоев. Обычное водоизмещение 10 000 тонн. Считалось, что если оно выполнит один рейс и немцы его не потопят, то оно уже себя оправдало. Как их топили красочно описано в романе В. Пикуля «Реквием каравану PQ - 17». (Те суда, которые уцелели в конвоях, еще долго служили людям после войны).*

Оно (судно) удерживалось в положении против ветра при непрерывно работающем двигателе, чтобы ослабить натяжение якорной цепи. В момент самого высокого уровня нагона, капитан решил, что от судна до берега добрых четыре мили. Каково же было его удивление, когда спустя несколько часов из воды рядом с кораблем показались верхушки пальм. А на рассвете обнаружилось, что корабль бросил якорь на твердой земле, примерно в миле от берега. Сдвинуть судно было невозможно, и его пришлось отдать на слом».

Капитан другого судна подробно запечатлел этот день в вахтенном журнале. Он писал, в частности: «В 14.07 приливная волна, высотой приблизительно 40 футов (12 метров) обрушилась на судно и прокатилась вдоль палубы от носа до кормы. Она сорвала и унесла сигнальные огни с фок-мачты и обшивку рубки с крыла ходового мостика. На фоне штормовых волн эта приливная волна четко выделялась и действовала как самостоятельная единица». В заключение он восклицает: «Черт меня дернул продать ферму и связаться с морем!».

Волны-убийцы (Блуждающие волны, волны-монстры, белая волна, англ. rogue wave - волна-разбойник, freak wave - аномальная волна) - гигантские одиночные волны, возникающие в океане, высотой 20-30 (а иногда и больше) метров, обладающие нехарактерным для морских волн поведением. «Волны-убийцы» представляют самую непосредственную опасность для судов и морских сооружений: конструкции судна, встретившегося с такой волной, могут не выдержать громадного давления обрушившейся на него воды (до 980 кПа, 9,7 атм).

В литературе описаны следующие случаи Утром 7 февраля 1933 года на корабль ВМС США «Рамапо», который следовал из Манилы в Сан-Диего, обрушилась волна высотой 34 метра. В апреле 1966 года в средней Атлантике итальянский трансатлантический лайнер Michelangelo подвергся удару белой волны, двух пассажиров смыло в море, 50 ранено. Корабль получил серьёзные повреждения носовой части и одного из бортов. В сентябре 1995 года британский трансат-

лантический лайнер «Королева Элизабет 2» в Северной Атлантике во время урагана Луиса попытался «оседлать» 29-метровую волну, появившуюся прямо по курсу.

Существует несколько гипотез о причинах вызывающих появление экстремальных волн. Считается, что наиболее достоверное объяснение их возникновения должно основываться на внутренних механизмах нелинейных поверхностных волн без привлечения внешних факторов.

Вся информация о волнах-убийцах взята без искажений из интернета. Достоверность ее нами не проверялась. Хотя, на «газетную утку» это не похоже - слишком много очевидцев. Настораживает нас то, что нет четкого научного объяснения этому природному явлению. И то, что до недавнего времени, максимальной, теоретически возможной в открытом океане считалась высота в 21,4 метра.

Цунами. В переводе с японского цунами - большая волна в заливе (гавани). В действительности, это особый вид волн, возникающий при землетрясениях на дне океана или моря. Термин «прижился», как прижилось и название кенгуру. Первые европейцы, увидев необычного прыгающего зверя, спросили у аборигенов, как он называется, А те ответили - кенгуру, что на их языке означало «не понимаю».

Цунами возникают в результате резкого изменения отметок поверхности морского дна при сейсмических событиях. Энергетический импульс вызывает появление в толще воды гравитационных волн. От эпицентра землетрясения эти волны распространяются радиально, как круги от брошенного в воду камня. Причем, не только по поверхности, а и по всей толще воды. В этом главная особенность волн цунами. Их длина зависит от площади эпицентральной области и может намного превышать сто километров. Скорость распространения таких волн может достигать 200 км/час. На поверхности моря ее высота незначительна, чаще всего от полуметра до первых метров. Так что корабли на глубокой воде просто не замечают её. Однако, подходя с огромной скоростью к берегу, волна начинает притормаживаться на мелководьях, высота

ее растет и тут глубоководная волна превращается разъяренное чудовище.

Первое цунами, о котором мы знаем, произошло в Эгейском море около 1400 года до н.э. Оно было вызвано взрывным извержением вулкана Санторин, сопровождавшимся землетрясением. От самого острова Тира, на котором был вулкан, практически ничего не осталось. Одновременно погибла и вся островная минойская цивилизация. Европейцам памятно и землетрясение 1 ноября 1755 года, разрушившее Лиссабон со многими менее крупными городами Португалии. На уже разрушенные города обрушилась и волна цунами. В результате число жертв Лиссабонского кошмара оценивается от 70 до 100 тысяч человек.

В России памятно цунами 5.11.1952 года. Тогда волны высотой до 18 метров разрушили ряд поселков на побережье Камчатки и Курильских островов. Полностью был разрушен город Северо-Курильск. Данные о жертвах были засекречены. По неофициальным сведениям, погибло более четырех тысяч человек.

В начале XXI века уже два катастрофических цунами потрясли мир. Одно из них случилось в Индийском океане 26 декабря 2004 года. Сейсмологи зафиксировали толчки огромной силы, с максимальной магнитудой 9,1 - 9,3. Расходящиеся во все стороны волны цунами атаковали практически все побережье этого океана от Африки и Мадагаскара до Индокитая и Индонезии. В списке пострадавших значатся 18 стран. В южном полушарии, в декабре - жаркое лето. Разгар курортного сезона. Пляжи были полны ничего не подозревавшими отдыхающими. Службы предупреждения цунами, в отличие от Тихого океана, в Индийском нет. Даже увидев гигантскую волну, люди не торопились убегать. В результате число жертв, приближенно оценивается в 300 тысяч человек. Точно сосчитать погибших невозможно.

Другая катастрофа произошла 11 марта 2011 года в Японии. О высоте волны можно судить по фотографии очевидца (рис. 8).



Рис. 8. Волна цунами 11.03.2011г. в Японии.

Такие волны сметают на своем пути все: набережные, здания, вместе с людьми, оставляя после себя хаос. Стоящие на якоре суда, независимо от их размеров топят или выносят на берег (рис. 9 А, Б).



А



Б

Рис. 9 А, Б. Последствия цунами в Японии.

Японская катастрофа 2011 года получила широкую известность главным образом потому, что цунами вывело из строя АЭС Фукусима. Запахло вторым Чернобылем. Поскольку радиоактивные воды попали в океан, сильно беспокоились все соседние страны. Все остальное было в порядке вещей. По официальным данным правительства Японии, число погибших составило 15870 человек, пропавших без вести 2846. Колоссальные разрушения и убытки, оцениваемые от 198 до 309 млрд. долларов. В любой другой стране жертв

могло быть и больше. Япония за многие столетия накопила огромный опыт избегать атак цунами. На максимальных заплесках они устанавливают столбики, означающие, что селиться, строить предприятия ниже этой отметки опасно. В Японии создана лучшая в мире служба предупреждения цунами. Отменно налажена спасательная служба. К тому же японцы очень законопослушный народ и с удивительным менталитетом. Как доказательство: в разрушенных городках и поселках не зафиксировано ни одного случая мародерства. Но вот с аварией на АЭС Фукусима не все понятно.

Специалисты недоумевают, почему в Японии все АЭС расположены на восточных побережьях островов, где угроза цунами наиболее высока? После сейсмических толчков 11 энергоблоков из 53 действующих в Японии автоматически отключились, а на Фукусме этого не произошло, хотя эта АЭС ближе всего расположена к эпицентру землетрясения. Сейсмические волны в земной коре распространяются намного быстрее, чем волны цунами. Следовательно, к подходу цунами реакторы Фукусимы были бы отключены в первую очередь. Далее, высота волн цунами в разных префектурах на побережье была различной примерно от 3 до 7 метров. Максимальная наблюдалась в другой префектуре - Мияги. Защита АЭС должна выдержать среднюю волну, хотя бы до 10 метров высотой. Но, увы, такого не случилось. И это в Японии, где на побережьях островов вдоль дорог висят плакаты: «Путник, помни о землетрясении; услышав землетрясение, помни о цунами; увидев цунами, беги в гору». Высота волн цунами может достигать 30 - 40 метров. А в 1971 году в той же Японии, у островов Рюкю, высота была фантастической - 85 метров.

Но и такая волна не предел. Самый большой заплеск волны на берег был зафиксирован на Аляске. Событие произошло 09.07.1958 года. При сильном землетрясении (магнитуда 8,3) с горы Фейруэзер (высота 914 м над уровнем моря) в залив Гилберта сошел огромный оползень, с массой горных пород в 30,6 млн. тонн. Сорвавшиеся с крутого горного скло-

на породы, как поршнем вытолкнули из залива воду. Образовавшаяся волна, захлестнула гористые берега залива на высоту 524 метра! При этом погибло всего два рыбака и затонуло несколько лодок, так как местность была практически не заселенная. Это самое сильное цунами, которое знало человечество. Ученые называли его «мегацунами» и были вынуждены пересмотреть причины их возникновения, добавив к ним оползни.

В заключение надо сказать, что в этом этюде приведена лишь ничтожная часть сведений о морских волнах. Отдельного рассмотрения, безусловно, заслуживает тема о морских волнах в изобразительном искусстве: живописи и графике. В этом вопросе есть много интересного. Например, практически все видели хотя бы одну картину великого мариниста Айвазовского. Его полотно «Девятый вал», растиражированное в печати в миллионах экземплярах, стало хрестоматийным. Но мало, кто знает, что Айвазовский никогда не писал море с натуры. Все его знаменитые «марины» созданы в мастерской, в которой даже окна не выходили на море. На одной из них, по мнению автора уникальной, изображены только морские волны. Волны и ничего более. Другой пример, знаменитый японский художник Хокусай в графическом цикле «Сто видов Фудзи» нарисовал обожествляемый японцами вулкан на фоне штормового моря. Художественное достоинство гравюры оценили не только искусствоведы и знатоки графики, но и ученые физики. По их словам более достоверной и наглядной картины волнового поля они не видели.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Не все так просто в простоте.

Ю.Г.Ю

Как бы парадоксально не звучало, но человек, так до конца и не разобрался, что, же собой представляет вода. Предлагаемые читателю этюды представляют собой фрагменты изучения такого простого и одновременно сложного вещества. Автор, решил назвать свою работу «этюды». Слово *étude* переводится с французского, буквально как изучение, исследование. Этюд может являться частью целого (фрагментом). Например, в живописи - частью будущей картины. Вот и наши этюды представляют собой отдельные фрагменты наук о воде.

Последние работы физико-химиков позволили существенно изменить наши представления об этом веществе. Если же говорить о водной оболочке Земли, то её изучают разные специалисты: реки - гидрологи, озера - лимнологи, океаны и моря - океанологи, ледники - гляциологи и так далее. Все эти природные образования являются составными частями гидросферы Земли. Изучение гидросферы и взаимодействия ее с другими оболочками планеты - литосферой и атмосферой является ключевой задачей наук о Земле. Пока в этой области знаний, мы имеем больше вопросов, чем ответов. Так что в будущем нас ждет еще немало интересных и важных открытий.

В любой области науки, рано или поздно, появляются ученые, для которых процесс познания становится главным стимулом жизни. Сам процесс исследований становится тем увлекательней, чем глубже ты познаешь изучаемый объект. Разумеется, до конца познать его никогда не удастся. Мы можем говорить только о какой-нибудь стадии изученности. По этой причине развитие науки бесконечно. В книге «Физики шутят» о самом процессе познания приведено очень остроумное высказывание знаменитого американского физика немецкого происхождения, лауреата Нобелевской премии 1925 года

Джеймса Франка: Приснился мне на днях покойный Карл Рунге, я его и спрашиваю: «Как у вас на том свете? Наверное, все физические законы известны?». А он говорит: «Здесь дают право выбора: можешь знать либо все, либо то же, что и на Земле. Я выбрал второе, а то уж очень скучно было бы».

Научно-популярное издание

ЮРОВСКИЙ Юрий Георгиевич

ЭТЮДЫ О ВОДЕ

В авторской редакции

Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 6,5. Тираж экз. Зак. № .

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТИПОГРАФИЯ «АРИАЛ».
95034, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Декабристов, 21, оф. 216.
Свидетельство субъекта издательского дела ДК № 3562 от 28.08.2009 г.
E-mail: it.arial@yandex.ru

Отпечатано с оригинал-макета в типографии ФЛП Бражниковой Н.А.
95034, Республика Крым, Симферопольский р-н, пгт Гвардейское, ул. Н-Садовая, 22
тел. (0652) 70-63-31, +7 978 71 72 901,
e-mail: braznikov@mail.ru



Юровский Юрий Георгиевич

доктор геолого-минералогических наук, кандидат географических наук, , профессор. Заслуженный деятель науки и техники Автономной Республики Крым. Академик Крымской Академии наук. Автор и соавтор более 200 научных работ. С научными и литературными произведениями автора можно ознакомиться на его страничке в интернете: <http://jurassic.ru/yurovsky.htm>