

УДК 550.461

<http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-2-9>

ВОДА — САМЫЙ СЛОЖНЫЙ ПРИРОДНЫЙ РАСТВОР

© 2020 г. Р. Ф. Абдрахманов

Вода — это самое драгоценное ископаемое. Вода — это не просто минеральное сырье, это не только средство для развития промышленности и сельского хозяйства. Вода — это действенный проводник культуры, это — живая кровь, которая создает жизнь там, где ее не было.

Академик А.П. Карпинский

Реферат. В статье рассматривается вода как химическое соединение. Анализируются ее основные химические и физические свойства. Описана структура воды и изменение ее свойств при попадании в нее растворенных веществ. Показано, что вода проявляет аномальные свойства при изменении температуры, давления, воздействии внешних полей (электрических, магнитных и пр.). Влияние аномальных свойств магнитоактивированной воды оценивается на основе результатов производственных научных исследований по изучению эффективности магнитной активации поливной воды для орошения овощных культур в совхозе-заводе «Дмитриевский» Уфимского района Республики Башкортостан.

Ключевые слова: вода, химические свойства, физические свойства, магнитоактивированная вода

WATER IS THE MOST DIFFICULT NATURAL SOLUTION

© 2020 R. F. Abdrakhmanov

Abstract. The article considers water as a chemical compound. Its basic chemical and physical properties are analyzed. The structure of water and the change in its properties when dissolved substances enter it are described. It is shown that water exhibits anomalous properties when temperature, pressure, and external fields (electric, magnetic, etc.) change. The influence of the anomalous properties of magnetically activated water is estimated on the basis of the results of industrial scientific research on the effectiveness of magnetic activation of irrigation water for irrigation of vegetables in the Dmitrievsky state farm plant in the Ufa district of the Republic of Bashkortostan.

Key words: water, chemical properties, physical properties, magnetically activated water

Введение

Вода — устойчивое химическое соединение водорода с кислородом (11.19% водорода и 88.81% кислорода по массе). В шкале Цельсия температура плавления воды принята за 0 °С, а температура кипения — 100 °С. Наибольшую плотность вода имеет при 4 °С (масса 1 г/см³), при 0 °С плотность льда составляет 0.917 г/см³, а плотность воды — 0.99997 г/см³.

Чистая вода является смесью легкой (H₂O) и очень малых количеств окисей тяжелой (D₂O) и сверхтяжелой (T₂O) воды. Существует также полутяжелая вода (HOD). Вещество, которое мы называем водой, представляет смесь различных веществ (изотопы: H⁺, H²⁺, H³⁺ и кислорода: ¹⁴O, ¹⁵O, ¹⁶O, ¹⁷O, ¹⁸O, ¹⁹O).

Вода является одним из самых сложных веществ, как с физической, так и с химической точки зрения. Она относится к веществам, которые

Для цитирования: Абдрахманов Р.Ф. Вода — самый сложный природный раствор // Геологический вестник. 2020. № 2. С. 110–115. <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-2-9>.

For citation: Abdrakhmanov R.F. Water is the most difficult natural solution // Geologicheskii vestnik. 2020. No.2. P. 110–115. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-2-9>.

наиболее трудно получить в чистом виде. Вода — это вещество, физические константы которого отличаются наибольшим количеством аномалий [Черняев, Шаманаев, 1994; Крайнов и др., 2012; Абдрахманов, 2014].

Изучением свойств водных растворов ученые занимаются не одно десятилетие. Вода доступна нам как воздух, что создает иллюзию простоты ее изучения у неподготовленных исследователей. Поэтому вокруг нее возникает много спекуляций и домыслов. Вода — уникальный растворитель. И в самых совершенных технологиях малейшие изменения ее свойств могут иметь нежелательные последствия. В химии, биологии, фармацевтике, пищевой промышленности многие процессы зависят от свойств воды. Поэтому, чем больше мы будем о ней знать, тем легче с ней работать, тем выше результат освоения новых технологий [Физика..., 2019].

Структура воды с физико-химической точки зрения

Природная вода представляет собой сложный раствор, состоящий из молекул воды и растворенных веществ. Как отмечает В.И. Вернадский [1934], вода постоянный участник практически любого вещества-минерала, горной породы, живого тела и пр. Применение достижений структурной химии к изучению свойств воды на молекулярном уровне дает возможность познать поведение воды в природе, взаимосвязи с компонентами в природных растворах в зависимости от температуры, давления и других факторов внешней среды, и тем самым познать сами гидрогеохимические процессы.

Форма молекулы воды (H_2O) с современных позиций представляется в виде электронного облака (рис. 1), атом кислорода с отрицательным зарядом расположен в центре, а два атома водорода с положительными зарядами — в противоположных углах нижней грани условного куба [Крайнов и др., 2012]. Диаметр молекулы воды составляет 2.76 \AA , а угол связи между электронными орбитами атомов водорода равен 104.51° [Зацепина, 1974]. Молекула воды чрезвычайно устойчива. Распределение положительного и отрицательного зарядов в молекуле воды обуславливает большой дипольный момент молекулы воды, что имеет важное значение при взаимодействии молекул между собой и с растворенными веществами.

Водородные связи между молекулами воды и возникающие пространственные структуры молекул определяют межмолекулярную структуру воды,

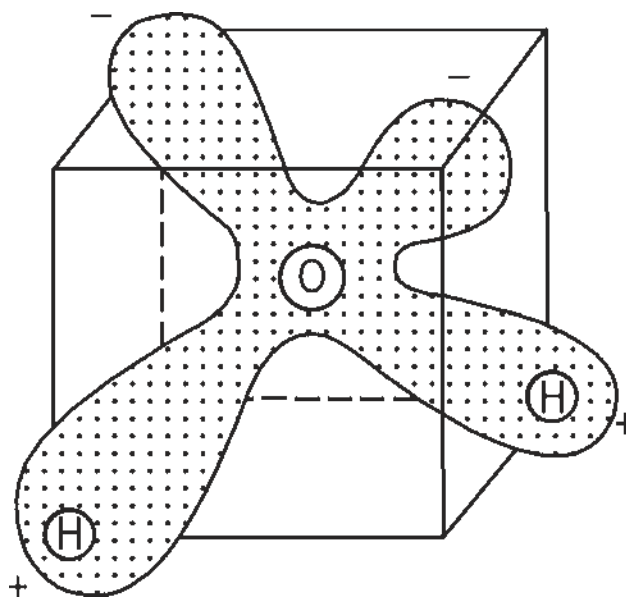


Рис. 1. Структура воды [Крайнов и др., 2012]

Fig. 1. Water structure

которая и служит одной из причин ее аномальных свойств и уникальности ее как растворителя. Наиболее простой структурой обладает газообразная вода, состоящая преимущественно из мономеров, т. е. одиночных молекул H_2O . Чтобы превратить воду в газ (пар) при $100^\circ C$ требуется затратить 2.26 кДж/г , при этом разрываются все водородные межмолекулярные связи [Крайнов и др., 2012].

Растворенные в воде вещества изменяют ее структуру и свойства, заполняя пространство внутри кристаллической решетки воды. Так, электропроводность растворов обычно возрастает в десятки тысяч раз благодаря появлению в воде различных ионов.

Из природных веществ вода наиболее универсальный растворитель. В природных водах обнаружено больше половины известных химических элементов. Вода является инертным растворителем, поскольку она сама химически не изменяется под воздействием тех веществ, которые она растворяет. Высокая величина диэлектрической постоянной воды способствует растворению в воде веществ, молекулы которых соединены исключительно или в основном ионной связью. Диссоциации солей на ионы способствует, а соединению их вновь в кристаллы препятствует взаимодействие положительных ионов с отрицательной (кислородной) оконечностью молекулы H_2O и взаимодействие заряженных ионов с положительной (водородной) оконечностью молекулы [Черняев, Шаманаев, 1994].

Вода проявляет аномальные свойства при изменении температуры, давления, воздействии внешних полей (электрических, магнитных и пр.) и др., которые не исчезают в течение какого-то времени после прекращения этого воздействия («структурная память»). Наблюдающиеся в воде «эффекты» связаны с наличием в ней молекулярных комплексов, дискретно меняющих свою структуру или размеры при изменении температуры. Такими свойствами, по данным А.Н. Киргинцева и Л.Н. Ефанова [1967], обладают только свежеперегнанная вода и приготовленные на ней растворы. Через несколько суток осцилляции на кривых температурной зависимости эти свойства резко уменьшаются. От обычной воды отличаются также свойства талой воды, которые подвержены изменениям ее диэлектрической постоянной и вязкости. Это состояние оказывается непостоянным, так как с течением времени талая вода также теряет свои необычные свойства [Сикорский и др., 1959].

Одно из возможных объяснений временно-го изменения свойств талой воды было предложено Л.Д. Кисловским [1967]. При замораживании между льдом и водой, в связи с разделением зарядов, возникает разность потенциалов. При этом могут возникать метастабильные ионы или комплексы, упрочняющие структуру воды при их попадании в свободные полости квазикристаллического каркаса. Имеются также предположения, что временные изменения свойств талой воды могут быть связаны с возникновением под действием света свободных радикалов, образующих относительно долгоживущие комплексы типа H_2O_4 или $H_2O \cdot O_2$. Диэлектрическая постоянная воды возрастает, достигая табличного значения в течение 15–20 минут после окончания плавления льда. Вязкость талой воды становится равной табличной лишь через 3–6 суток после плавления [Дерягин, Чураев, 1971].

Какова бы ни была причина этих явлений, не вызывает сомнений, что вода или водные растворы, по-видимому, могут находиться в неравновесном состоянии и что скорости релаксации невысоки.

Растворимость горных пород с уменьшением размера слагающих их минералов возрастает. Так, по данным Хюллета, для частиц гипса размером в 2 мк насыщение наступает при концентрации 15.3 ммоль/л, а для частиц размером менее 0.3 мк — при концентрации 18.2 ммоль/л, т. е. растворимость повышается на 20% [Сергеев и др., 1973].

Существенное влияние на растворимость карбонатов, сульфатов и галоидов оказывают имеющи-

еся в них примеси. Часть из них может уменьшать растворимость пород, а другие — увеличивать ее. Торможение растворения в этом случае происходит вследствие образования на поверхности кристаллов коллоидальных пленок, препятствующих растворению солей. Именно с этим связана широко известная тормозящая развитие карста роль глинистых примесей, имеющихся в растворенных грунтах. Энергия кристаллической решетки ионных кристаллов, а также растворяющая способность большинства растворителей зависят от термодинамических условий. Это выражается в том, что растворимость минералов изменяется в зависимости от температуры и давления [Сергеев и др., 1973].

В технике давно уже используется способность воды длительно сохранять свойства, приобретенные в результате магнитной обработки. Последняя заключается, как известно, в пропускании через трубку потока, пересекающего магнитные поля, создаваемые несколькими последовательно установленными магнитами.

Действие магнитного поля сводится, по-видимому, к пространственному разделению разноименных ионов, рекомбинация которых протекает медленно. Повышение температуры, как показывают эксперименты, сокращает время релаксации магнитообработанной воды к стабильному состоянию.

Высказано предположение [Кисловский, 1967], что этот эффект возможен только при наличии «посторонних примесей», например, ионов Ca^{2+} , способных образовывать стабильные комплексы типа $Ca(H_2O)_6^{2+}$. Другая гипотеза предложена К.М. Джоши, П.В. Камат [Черняев, Шаманаев, 1994], по мнению которых при магнитной обработке изменяется константа диссоциации молекул воды, что должно вести к временному увеличению числа носителей тока — OH^- и H_3O^+ ионов. Как известно, эти ионы также могут служить центрами образования относительно стойких надмолекулярных структур.

Впрочем, так же как и в опытах со свежеперегнанной и талой водой, эффект может быть обусловлен ориентацией в магнитном поле парамагнитных атомов или молекул растворенных газов, временно изменяющих структуру воды. Скорости релаксации к нормальному состоянию после снятия магнитного поля невелики, по-видимому, из-за происходящего при этом образования относительно стойких надмолекулярных структур [Черняев, Шаманаев, 1994].

Опыт использования магнитоактивированной воды для орошения овощных культур

Для подтверждения влияния аномальных свойств магнитоактивированной воды приведем пример научных исследований по изучению эффективности магнитной активации поливной воды для орошения овощных культур (капуста, морковь) в совхозе-заводе «Дмитриевский» Уфимского района Республики Башкортостан [Абдрахманов, Алмаев, 1995 г., 1996 г.].

Как видно из рис. 2, использование магнитоактивированной воды позволило получить значительную прибавку урожая овощных культур (капусты — 10.7–19.5%, моркови — 10.3%) [Алмаев и др., 2004].

Заключение

Структура жидкой воды до сих пор полностью не выяснена, хотя существует много моделей структуры воды: модель малых агрегатов молекул воды,

модель пустот, смешанные модели разновидностей молекулы воды. Большое внимание в последние годы привлекает модель искаженных водородных связей, в соответствии с которой в жидкой воде, как и во льду, сохраняется тетраэдрический порядок в расположении молекул и наблюдается лишь небольшое изменение расстояний между молекулами воды (или их радиуса). Считается, что модели искаженных водородных связей находятся в согласии с большинством известных экспериментальных данных о структуре воды [Крайнов и др., 2012]. По-видимому, аномальные физические и химические свойства воды лежат в особенностях структуры воды, образуемых отдельными молекулами при различных агрегатных состояниях, связанных с изменением условий (температуры, давления, растворенных и др. компонентов), в которых находится вода.

В целом проблема структуры воды и водных растворов чрезвычайно сложна, противоречива и недостаточно выяснена. Проблема, касающаяся природы воды, водных растворов на границе разделов

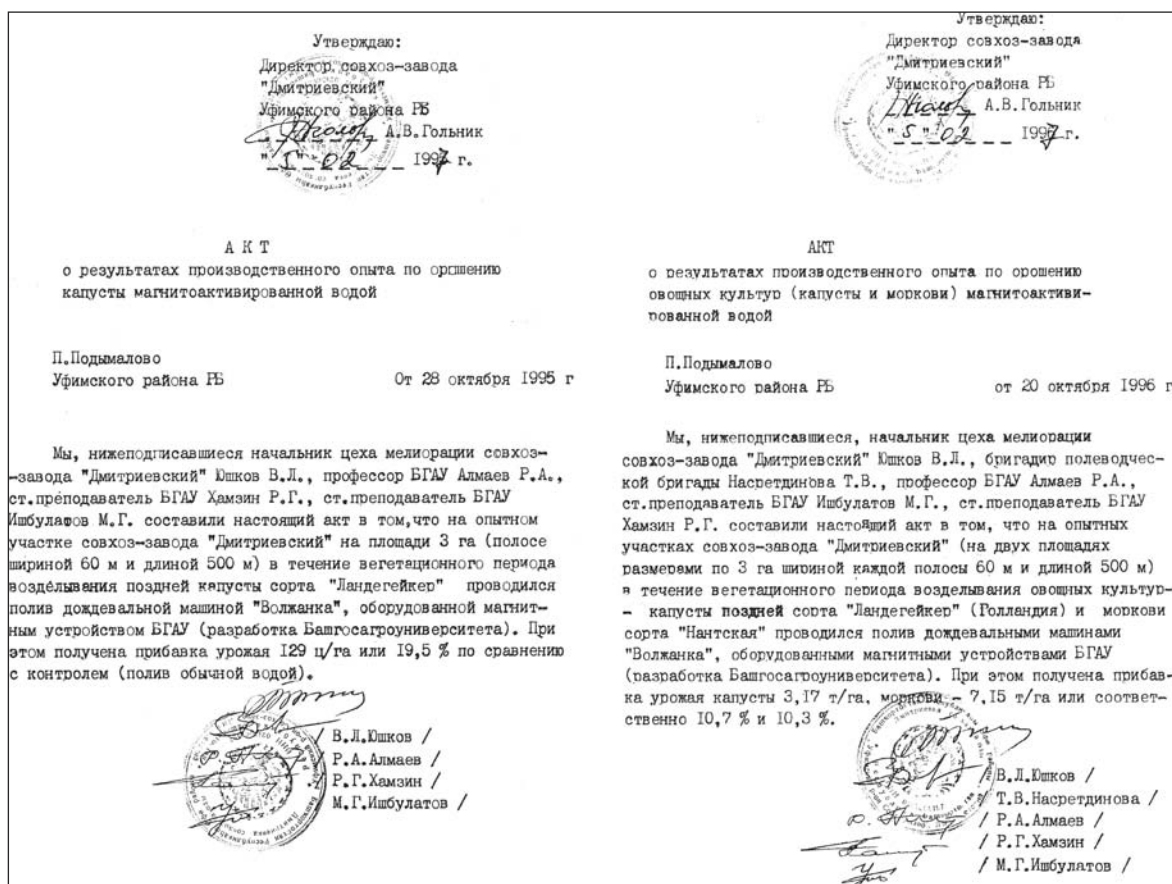


Рис. 2. Результаты производственных опытов использования магнитоактивированной воды для орошения

Fig. 2. The results of production experiments using magnetically activated water for irrigation

«вода–порода», «вода–газ» разработана еще меньше. Некоторые вопросы, касающиеся взаимодействия «вода–порода» и кинетики обменно-адсорбционных процессов и их роли в формировании отдельных геохимических типов подземных вод рассмотрены в нашей работе [Попов, Абдрахманов, 2013].

Использование достижений структурной химии в области изучения структуры воды и водных растворов открывает большие возможности для объяснения гидрохимических процессов и количественной их интерпретации. В связи с решением проблем обеспечения населения качественной пресной водой в настоящее время стоит весьма остро разработка проблемы по вопросам структурной организации воды, ее растворов. Количественная оценка их в процессах формирования состава природных вод и самоочищения последних, миграция компонентов загрязнения в водоемах и водотоках и т. п. имеет весьма важное практическое значение.

Работа выполнена в рамках Госбюджетной темы № 0246-2019-0086.

Список литературы:

Абдрахманов Р.Ф. Пресные подземные и минеральные лечебные воды Башкортостана. – Уфа: Гилем, Башк. энцикл., 2014. – 416 с.

Алмаев Р.А., Ишбулатов М.Г., Курамышин Д.В. Магнитная активация воды в дождевальных машинах // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 23–24.

Вернадский В.И. Очерки геохимии. – М.: Горгео-нефтеиздат, 1934. – 624 с.

Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Новые свойства жидкостей. – М.: Наука, 1971. – 130 с.

Зацепина Г.Н. Свойства и структура воды. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 160 с.

Киргинцев А.Н., Ефанов Л.Н. Некоторые особенности политермического поверхностного натяжения воды и водных растворов // Изв. АН СССР, сер. хим. – 1967. – № 3. – С. 571–576.

Кисловский Л.Д. О метастабильных структурах в водных растворах // Докл. АН СССР. – 1967. – Т. 175, № 6. – С. 1277–1285.

Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.

Попов В.Г., Абдрахманов Р.Ф. Ионообменная концепция в генетической гидрогеохимии. – Уфа: Гилем, 2013. – 356 с.

Сергеев Е.М., Голодковская Г.А., Зиангиров Р.С., Осипов В.И., Трофимов В.Т. Грунтоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 388 с.

Сикорский Ю.А., Вертепная Г.И., Красильник М.Г. Физические свойства воды // Изв. ВУЗов СССР. Физика. – 1959. – № 3. – С. 10–15.

Физика водных растворов: Тезисы докладов конференции. – М., 2019. – 100 с.

Черняев А.М., Шаманаев Ш.Ш. Проблемы структуры воды в гидрохимических процессах. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1994. – 192 с.

References:

Abdrakhmanov R.F. Presnye podzemnye i mineral'nye lechebnye vody Bashkortostana [Fresh Groundwater and Mineral Medicinal Water Reserves of Bashkortostan]. Ufa: Gilem, Bashkir Encyclopedia Press. 2014. 416 p. (In Russian).

Almaev R.A., Ishbulatov M.G., Kuramshin D.V. Magnitnaya aktivatsiya vody v dozhdval'nykh mashinakh [Magnetic activation of water in sprinklers] // Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo [Irrigation and Water Management]. 2004. No. 3. P. 23–24. (In Russian).

Chernyaev A.M., Shamanaev Sh.Sh. Problemy struktury vody v gidrokhimicheskikh protsessakh [Problems of water structure in hydrochemical processes]. Ekaterinburg: "Viktor" Press, 1994. 192 p. (In Russian).

Deryagin B.V., Churaev N.V. Novye svoystva zhidkostei [New properties of liquids]. M.: Science Press, 1971. 130 p. (In Russian).

Kirgintsev A.N., Efanov L.N. Nekotorye osobennosti politermicheskogo poverkhnostnogo natyazheniya vody i vodnykh rastvorov [Some features of the polythermal surface tension of water and aqueous solutions] // Reports of the USSR Academy of Sciences. Chemical series. 1967. No. 3. P. 571–576. (In Russian).

Kislovskiy L.D. O metastabil'nykh strukturakh v vodnykh rastvorakh [On metastable structures in aqueous solutions] // Reports of the USSR Academy of Sciences. 1967. T. 175, No. 6. P. 1277–1285. (In Russian).

Kraynov S.R., Ryzhenko B.N., Shvets V.M. Geokhimiya podzemnykh vod. Teoreticheskie, prikladnye i ekologicheskie aspekty [Groundwater geochemistry. Theoretical, applied and environmental aspects]. M.: TsentrLitNefteGaz Press, 2012. 672 p. (In Russian).

Popov V.G., Abdrakhmanov R.F. Ionoobmennaya konceptsiya v geneticheskoi gidrogeokhimii [The Ion Exchange Concept in Genetic Aqueous Geochemistry]. Ufa: Gilem Press, 2013. 356 p. (In Russian).

Sergeev E.M., Golodkovskaya G.A., Ziangirov R.S., Osipov V.I., Trofimov V.T. Gruntovedenie [Soil science]. M.: MSU Press, 1973. 388 p. (In Russian).

Sikorskiy Yu.A., Vertepnyaya G.I., Krasil'nik M.G. Fizicheskie svoystva vody [Physical properties of water] // Proceedings of higher educational institutions of the USSR. Physics. 1959. No. 3. P. 10–15. (In Russian).

Fizika vodnykh rastvorov [Physics of aqueous solutions]: Abstracts of conference reports. M., 2019. 100 p. (In Russian).

Vernadskiy V.I. Ocherki geokhimii [Essays on geochemistry]. M.: Gorgeonefteizdat Press, 1934. 624 p. (In Russian).

Zatsepina G.N. Svoystva i struktura vody [Properties and structure of water]. M.: MSU Press, 1974. 160 p. (In Russian).

Сведения об авторе:

Абдрахманов Рафил Фазылович, доктор геол.-мин. наук, профессор, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: hydro@ufaras.ru

About the author:

Abdrakhmanov Rafil Fazilovich, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: hydro@ufaras.ru