

С.А. Советов

Курс общей гидрологии

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
С11

С11 **С.А. Советов**
Курс общей гидрологии / С.А. Советов – М.: Книга по Требованию, 2021. –
280 с.

ISBN 978-5-458-59584-1

ISBN 978-5-458-59584-1

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Новое издание „Курса общей гидрологии“ мною просмотрено и во многих частях дополнено новыми сведениями. В значительной мере переработано учение о стоке, и сделаны существенные дополнения в других отделах курса.

Кроме того, составлен алфавитный указатель имен авторов и географических названий.

С. А. Советов.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

В настоящее время сильно возрос интерес к гидрологии, и это не удивительно, так как вода во всех ее видах и проявлениях играет громадную роль как в жизни отдельных людей, так и государства. Нет, кажется, ни одной отрасли народного хозяйства, которая не предъявляла бы требований к гидрологии. В связи с мощно разворачивающимся в СССР социалистическим строительством, когда новые гидростанции и электроцентраль вступают в строй действующих предприятий, — все сильнее ощущается потребность в знании режима вод. Кроме того, развивающийся у нас транспорт, сельское хозяйство, горное дело, здравоохранение нуждаются в изучении водного режима, в правильной постановке водного хозяйства.

В последние годы как за границей, так и у нас вышел ряд прекрасных трудов по гидрологии, но каждый из них не рассматривает воду в природе в целом, а только какую-либо одну часть учения о воде. Так, вышедший вторым изданием в 1923 г. курс немецкого гидролога Принца „Handbuch der Hydrologie“ понимает под гидрологией только грунтовые воды, которым и посвящена вся книга; в вышедшем в Вашингтоне курсе Мейера „Elements of Hydrologie“ излагаются лишь вопросы гидрометеорологии и стока и не затрагиваются другие области гидрологии. В русских курсах замечается также обособление отдельных вопросов гидрологии. Прекрасный курс М. А. Великанова посвящен главным образом речной гидрологии. Книга инженера Труфанова „Речная гидрология“ (1922 г.) касается исключительно вопросов стока. Вопросам океанографии посвящены книги Ю. М. Шокальского („Океанография“), И. Б. Шпиндлера („Морская гидрология“) и М. В. Никигина („Курс океанографии“).

В выпускаемом мною „Курсе общей гидрологии“ я охватываю воду в природе во всех ее проявлениях и разделяю курс на 6 отделов: 1) круговорот воды в атмосфере (гидрометеорология), 2) подземные воды, 3) воды в реках, 4) воды океанов и морей, 5) озерные воды и

6) ледники, континентальные льды и снежники. При обширности программы и ограниченности размера курса мне пришлось некоторых вопросов гидрологии не касаться вовсе; так, например, мною не рассмотрен вопрос о донных отложениях в океанах, химия озера, а также вся измерительная часть гидрологии.

Курс является пособием при изучении общей гидрологии в соответствии с программой, по которой она читается в Ленинградском университете по циклу геофизики физикоматематического факультета и по климатогидрологическому циклу географического факультета.

Хотя при составлении курса и приходилось пользоваться иностранными источниками, но большинство материала я старался черпать из наших трудов, на что указывают имеющиеся в моем курсе ссылки.

Заканчивая свою работу, я с благодарностью вспоминаю моего учителя, покойного профессора А. И. Воейкова, который в своем классическом труде „Климаты земного шара“ и в ряде других многочисленных статей положил основание русской научной гидрологии.

Памяти его я и посвящаю этот курс.

С. А. Советов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию	Стр. 5
Предисловие к первому изданию	—
Введение. Предмет гидрологии и ее подразделения	9

ОТДЕЛ I

Круговорот воды в атмосфере

Глава	I. Испарение	16
Глава	II. Влажность воздуха и конденсация	25
Глава	III. Осадки	28
Глава	IV. Снежный покров	31
Глава	V. Испарение с поверхности морей. Осадки и круговорот воды на земном шаре	36

ОТДЕЛ II

Подземные воды

Глава	VI. Общие положения. Гипотезы о происхождении подземных вод	43
Глава	VII. Грунтовые воды	48
Глава	VIII. Движение грунтовых вод в долинах	59
Глава	IX. Источники и ключи	62
Глава	X. Вечная мерзлота	66

ОТДЕЛ III

Реки

Глава	XI. Общие понятия	70
Глава	XII. Колебания уровня рек	77
Глава	XIII. Продольный и поперечный профили рек	95
Глава	XIV. Скорости течения и расходы воды в реках	99
Глава	XV. Сток	115
Глава	XVI. Тепловые условия рек	147
Глава	XVII. Ледяной покров на реках и донный лед	149
Глава	XVIII. Работа рек	155
Глава	XIX. Перенос рекою наносов	163

ОТДЕЛ IV

Океаны и моря

Глава	XX. Общие сведения об океанах	173
Глава	XXI. Уровень океанов	178
Глава	XXII. Температуры вод	179
Глава	XXIII. Состав воды океанов и морей и их соленость	192

	Стр.
Глава XXIV. Морской лед	203
Глава XXV. Волнообразное движение воды	206
Глава XXVI. Приливы и отливы	214
Глава XXVII. Поверхностные морские течения	225

ОТДЕЛ V

О з е р а

Глава XXVIII. Общие понятия	238
Глава XXIX. Тепловые условия озера и ледяной покров	243
Глава XXX. Баланс воды в озерах	253
Глава XXXI. Динамические процессы в озерах	256
Глава XXXII. Болота и их гидрологическое значение	259

ОТДЕЛ VI.

Вода в твердом состоянии.

Глава XXXIII. Ледники и материковый лед	263
Указатель имен и географических названий	274

Введение

ПРЕДМЕТ ГИДРОЛОГИИ И ЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Содержание гидрологии. Всем хорошо известно, какое значение на земном шаре имеет вода. Не было бы воды, не было бы и современной жизни на земле, не было бы и современного строения поверхности земного шара, так как вода играет одну из главнейших ролей в формировании ее поверхности.

Как всякое тело, вода может находиться в трех состояниях: газообразном, жидком и твердом; и все эти три состояния воды возможны при тех температурных условиях, которые обычны для различных мест земной поверхности. Переход воды в твердое состояние, снег или лед, начинается при температурах от нуля и ниже по термометру Цельсия или Реомюра, а такая температура наблюдается в холодное время года на обширных площадях умеренных и полярных поясов. Переход же воды в парообразное состояние происходит при любых температурных условиях путем процесса испарения, если только атмосферный воздух, находящийся над водной поверхностью, способен вбирать в себя испаряющуюся влагу, т. е., иными словами, испарение возможно тогда, когда воздух, принимающий в себя пары, не дошел до предела насыщения, который в свою очередь зависит от его теплового состояния. С повышением температуры воздуха растет и численное значение предела насыщения.

Наука, изучающая воду на земном шаре во всех трех ее состояниях и все процессы — физические, механические, химические и др., происходящие в водяной оболочке земного шара, — называется *гидрологией*.

Гидрология принадлежит к циклу *геофизических* наук, изучающих физические и другие процессы, происходящие во всех трех оболочках земли: твердой, жидкой и газообразной, а равно и в недрах земли вплоть до ее центрального ядра.

Вода находится в различных частях земного шара. Она заполняет глубокие впадины на поверхности, образуя единый *Мировой океан*, имеющий глубины от 4 до 6 километров, а местами и более, и занимающий значительную часть поверхности земли, превосходящую почти в 2,5 раза площадь, занятую материками или сушей. На материках местами существуют котловины, заполненные водой, или как их называют *озера* размерами от Каспийского моря площадью в 438 690 кв. километров до мелких озер и даже бесчисленных прудов и луж, часто совсем пересыхающих и вновь появляющихся после дождей. Вода течет с более высоких частей суши на ниже-лежащие вплоть до уровня океана, а иногда и ниже последнего (напр., бассейн Каспийского моря), в виде *рек, речек*,

ручьев, следуя в своих извилинах за рельефом местности. Застоявшаяся в торфяниках и среди водных растений вода образует *болота*. Замерзшая в виде льда и снега вода, с одной стороны, образует на высоких горах *снежники* и спускающиеся постепенно с высот ледяные *реки* — *глетчеры*, с другой, сплошным слоем покрывает полярные острова и Антарктический материк, а также плавает в виде ледяных полей и гор в океане. В зимнее время, образуя *снежный покров*, вода покрывает обширные площади полей и лесов и *ледяным покровом* на долгие зимние месяцы сковывает поверхности рек, озер, а отчасти и морей.

Пропитывая почву, вода по водоносным слоям проникает на значительные глубины в недра земной коры и здесь, пробираясь через поры пород и по трещинам, течет в виде *подземных потоков*; попадая на водонепроницаемые породы, она застаивается и накапливается в виде подземных озер. В некоторых случаях, когда, например, глубокая долина прорезывает водоносные слои, вода выходит на свет в виде *ключей и источников*. Испаряясь в атмосферу, вода увлажняет атмосферный воздух; массы воздуха с водяными парами уносятся ветром в горизонтальном направлении или поднимаются вверх восходящими потоками, и разносят водяные пары по воздушному океану. При охлаждении водяной пар сжижается или, как говорят, конденсируется, результатом чего являются *облака*, состоящие из микроскопических капель, благодаря сопротивлению воздуха не падающих, а плавающих в разных слоях атмосферы. Когда же с течением времени капли эти мало-по-малу сливаются, они преодолевают сопротивление воздуха и падают на поверхность земли в виде *дождя*, а зимой, когда температура ниже нуля, в виде *снега*; вода, испарившаяся в одном месте и перенесенная ветром в виде влаги или облаков в другое, выпадает на землю иногда очень далеко от того места, где она впервые вступила в атмосферу в виде пара. Выпавшие осадки в виде снега или дождя проходят на земной поверхности длинный и сложный путь, пока не попадут в океан, чем заканчивается полный круговорот воды как в атмосфере, так и на суше.

Вода при своем движении в недрах земли может быть поглощена породой, через которую она проходит, и химически в нее внедриться, образовав особое кристаллическое или коллоидальное вещество, причем вода эта надолго уходит из общего оборота.

Наконец, в глубине земного шара, где господствуют очень высокая температура и чрезвычайно высокое давление, все сложные химические тела распадаются на элементы строения материи, так что воды как таковой там быть не может, но элементы, необходимые для воды, там существуют и при благоприятных условиях могут образовывать воду. Вот почему вулканические извержения всегда сопровождаются появлением больших количеств паров, выбивающихся вместе с лавой из кратера вулкана.

Деление гидрологии на отделы. Гидрология, изучающая воду во всех ее состояниях на земле, которые были указаны выше, естественно делится на отделы.

Отдел, занимающийся круговоротом воды в атмосфере, начиная с испарения и кончая выпадением осадков на поверхность земли, носит название *гидрометеорологии*; заметим при этом, что все водные про-

цессы, происходящие в атмосфере, тесно связаны с общими метеорологическими процессами и частью входят в состав общей метеорологии.

Отдел, занимающийся водами океанов и морей, называется *океанографией*, или, правильнее, *океанологией*; отдел, занятый изучением озер, — *лимнологией* („лимнос“ по-гречески — озеро); отдел, посвященный рекам, — *потамологией* („потамос“ по-гречески — река), или *рекovedением*; отдел глубоких подземных вод — *гидрогеологией*, в виду тесной связи этого рода вод с геологическим строением верхней корки земли; отдел, изучающий почвенные воды и близкие к поверхности суши, — *гидропедологией*, наконец, отдел, занимающийся водой в твердом виде, — *гляциологией*.

Профессор В. Г. Глушков делит гидрологию на следующие части:

„Первая часть, *гидрономия*, исследует общие свойства воды как вещества.

„Вторая часть, *собственно гидрология*, рассматривает типичные явления в жизни воды и выясняет причинную связь и их взаимодействие с различными комплексами внешних условий и с различным чередованием этих комплексов во времени и пространстве.

„Третья часть, *гидрография*, описывает определенные действительные объекты водного мира с качественной и количественной характеристикой их положения, размеров, режима и местных условий.

„Четвертая часть, *гидрометрия*, содержит методику получения и обработки материалов, связанных с режимом водного объекта.“

Приводим схему профессора В. Г. Глушкова.

Гидрология				
Объекты	I. Гидрономия	II. Собственно гидрология	III. Гидрография	IV. Гидрометрия
Вода в атмосфере		Гидрометеорология	Гидрометеорография	Гидрометеорометрия
Жидкие потоки	Гидрофизика	Потамология	Потамография	Потамометрия
Ледники	Гидрохимия	Гляциология	Гляциография	Гляциометрия
Озера	Гидромеханика	Лимнология	Лимнография	Лимнометрия
Океаны		Океанология	Океанография	Океанометрия
Подземная вода		Гидрогеология	Геогидрография	Геогидрометрия
Почвенная вода		Гидропедология	Педогидрография	Педогидрометрия

Разделение сложных процессов на простейшие. Каждый водный объект — озеро, река, болото и пр. — представляет собой результат взаимодействия сложных комплексов явлений различных категорий, и к изучению их мы можем приступить, лишь выделяя простейшие процессы и подвергая их научной обработке; только изучив эти простые процессы, можно перейти к изучению воздействий элементарных процессов друг на друга.

Указанный путь является единственным для изучения всякого комплексного, т. е. сложного, процесса, а следовательно и гидрологического.

Связь гидрологии с естественными науками. Принадлежит к циклу

геофизических наук, гидрология прежде всего при объяснении тех или иных водных процессов опирается на законы физики и механики.

Однако ей приходится тесно соприкасаться и с другими естественно-историческими дисциплинами. Изучая состав вод, гидрология опирается на химию; изучая работу океанов, рек, озер и др. и влияние их на структуру земной коры, приходится соприкасаться с геологией и геоморфологией. С другой стороны, рельеф местности, изучаемый геоморфологией, и геологическое строение обуславливают распространение и продвижение вод на поверхности и в недрах земли, что также сближает гидрологию с геоморфологией и геологией. Изучая испарение и поверхностный сток, необходимо считаться с растительным покровом и составом почв, а следовательно с ботаникой и почвоведением; для объяснения приливов и отливов и для вычисления их необходимых сведений из астрономии.

Так как те или иные водные объекты входят в состав географического ландшафта, то естественно создается теснейшая связь гидрологии с географией.

С другими отделами геофизики — метеорологией и геофизикой земной коры — гидрологии приходится поддерживать самую тесную связь, так как вода входит и в атмосферу в виде водяных паров, облаков, дождя и снега и т. п., в почву и в недра земной коры и играет значительную роль во всех процессах, происходящих в последней.

Связь гидрологии с народным хозяйством. Почти все отрасли народного труда тесно связаны с развитием водного хозяйства, а следовательно так или иначе заинтересованы в развитии гидрологии. Все виды транспорта, электрификация, строительство городов и вообще жилищ, сельское хозяйство со всеми его отраслями, горное дело, водоснабжение промышленных предприятий, рыболовство и другие отрасли труда нуждаются в гидрологических исследованиях. В особенно тесной связи с гидрологией стоит *гидротехника*, которая всецело основывается на выводах гидрологического изучения режима водных объектов, и без подробного гидрологического обследования нельзя проектировать ни одного сооружения ни на реке, ни на море. С другой стороны, выстроенная плотина на реке, или какое-либо другое сооружение, нарушает естественный режим реки, участка моря и др., и это должно быть учтено гидрологическими наблюдениями.

Связь гидрологии с науками экономическими выражается там, где приходится соприкасаться с речными и морскими перевозками, с использованием водной энергии, освоением новых земель, с добычей питьевой воды, с развитием рыболовства и т. п.

Продолжительность гидрологических исследований и анкетный способ изучения водных объектов. Гидрологические исследования не могут ограничиваться короткими периодами, так как те или иные процессы водного режима осуществляются лишь в течение ряда лет; поэтому необходимо, чтобы водное обследование охватывало долгие периоды, в которые входили бы как года с большим количеством осадков, так и очень маловодные. Последнее обстоятельство заставляет в постановке гидрологических наблюдений обращать внимание и на такие водные объекты, использование которых не является потребностью сегодняшнего дня, но будет осуществляться лишь в более или менее отдаленном бу-

дущем, иными словами, при установке водных исследований надо предвидеть не только ближайшую пятилетку, но и последующие. Однако при увеличенном темпе нашего строительства и громадной территории нельзя ждать полной гидрометрической освещенности каждого водного объекта, поневоле приходится пользоваться упрощенными методами, основанными на аналогии с более исследованными однотипными объектами, находящимися в однородном (приблизительно) географическом ландшафте. Одним из подсобных методов по изучению водных объектов является анкетный, собирающий опросные сведения о характере половодий, о связи этих половодий с снежным покровом, о летнем стоянии уровня, о ледоходе и т. п. Нанося эти данные на карте, можно судить для каждого года и сезона о состоянии рек, озер, подземных вод и пр. в отдельных географических районах и таким образом постепенно подходить к районному изучению водоемов и рек в годы полноводные, средние и маловодные.

Такой способ анкетного изучения водных объектов СССР ведется в Гидрологическом институте.

Разделение вод на земном шаре. Все воды на земном шаре разделяются на две категории: воды *горькосолёные* и воды *пресные*.

Каждая молекула чистой воды, как известно, состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Такую чистую воду, без каких-либо примесей, можно получить только лабораторным путем. В природе воды содержат в большем или меньшем количестве примеси. Резко выделяются воды, заполняющие весь Мировой океан и моря, соединенные с ним. Это воды *горькосолёные*, главную примесь к которым составляют хлористый натрий и соли магния. Примесь солей в океане составляет в среднем 35 кг на тонну, т. е. на 1000 кг. В состав примесей, кроме солей хлора и магния, входят очень многие элементы вплоть до золота, но в очень малых количествах. Есть также горькосолёные озера и на материках, как, например, Каспийское, Аральское, Мертвое моря и др. Степень концентрации солей в этих озерах обычно иная, чем в океане; при этом некоторые озера, как например Мертвое море, сильно минерализованы. Кроме того, минерализованная до значительных степеней вода нередко наблюдается при выходе ее из недр земли в виде ключей и источников; концентрация и состав примесей в них чрезвычайно разнообразны и зависят от состава тех пластов, по которым проходят воды.

Другие воды — *пресные* — наполняют реки и большую часть озер. Эти воды имеют значительно меньше примесей вообще, и притом в них хлористых и сернокислых солей находят лишь следы, главную же часть примесей составляют углекислые соединения.

Пресная вода пригодна в пищу, тогда как океанские и морские воды для человека и сухопутных животных для этой цели непригодны.

Если сравнить количество пресных вод и вод горькосолёных на всем земном шаре, то превосходство окажется на стороне последних, так как Мировой океан и соединенные с ним моря занимают значительно большее пространство, чем вся суша, выступающая над уровнем океана.

Распространение воды на земном шаре. Из 510 млн. кв. км всей земной поверхности на сушу приходится, по Крюммелю,¹ 148,9, а на

¹ Otto Krimmel. Handbuch der Oceanographie, 1907.

океан 361,1 млн кв. км, так что поверхность океана, как уже было сказано, почти в 2,5 раза больше поверхности суши.

Суша главным образом расположена в северном полушарии, где она занимает 39% всей поверхности этого полушария; в южном же полушарии на сушу приходится всего 19%.

Если взять распределение воды и суши по отдельным параллелям, то оказывается, что в северных широтах между 45°—70° имеет место преобладание суши над водой (суши более 50%), в южном же полушарии на широтах 56°—65° суши нет, и эти широты сплошь заняты водой.

Выбрав для разреза земного шара большой круг так, чтобы полюсы находились один во Франции у устья р. Луары, а другой к востоку от острова Новой Зеландии (рис. 1), мы получим два полушария, из кото-

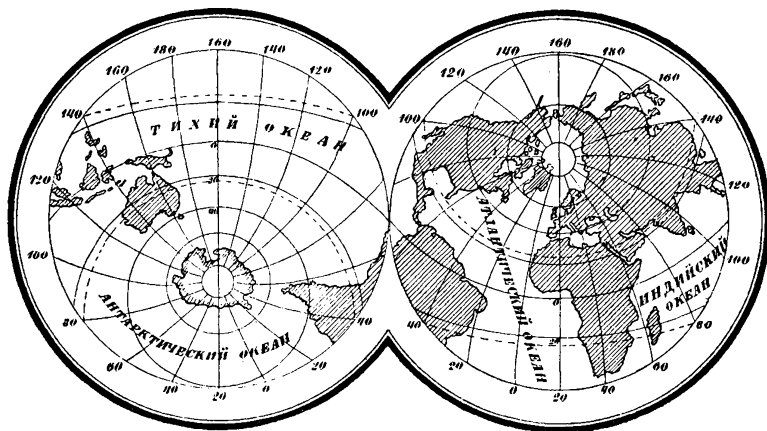


Рис. 1. Морское и континентальное полушария.

рых в одном сосредоточены главные массы суши, в другом же — по преимуществу воды. Это последнее морское полушарие покрыто водой на 91% всей своей поверхности, а полушарие континентальное содержит суши лишь 47%. Как видно, и при таком делении в континентальном полушарии все же преобладает вода (53%).

Исследования глубин океана показали, что средняя глубина Мирового океана, по Крюмелю, равна 3682 м, а общий объем воды равен 1330 млн куб. км, что составляет объем, превосходящий массу суши, расположенную выше уровня океана, приблизительно в 13 раз (точнее — 12,7).

Если всю материковую глыбу, вместе с подводными ее частями (цоколем) распределить по всей земной поверхности, то последняя окажется покрытой океаном глубиной в 2400 м.

Более трудную задачу представляет подсчет количества на земном шаре вод пресных, которые наполняют реки, озера и болота и пропитывают почву до значительных ее глубин, а также залегают в виде снеж-