

А.М. Догановский

«ГИДРОЛОГИЯ ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ» В ЦИКЛЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

A.M. Doganovsky

«HYDROLOGY OF LAKES AND RESERVOIRS» IN HYDROLOGICAL CYCLE DISCIPLINES

Показано, что основные запасы материковых вод заключены в озерах и водохранилищах, а их режимные характеристики заметно отличаются от водного режима рек и других водных объектов. Рассмотрены особенности процессов происходящих в озерах, водохранилищах и на их водосборах, приведены виды хозяйственной деятельности. Показано, что эти вопросы являются предметом комплексного изучения гидрологии озер и водохранилищ. Приведены и другие направления связанные с изучением этих водных объектов: лимнология, озероведение, гидроэкология. Обоснована необходимость подготовки высококлассных специалистов в области гидрологии озер и водохранилищ. Показано состояние такой подготовки в настоящее время в нашей стране.

Ключевые слова: озеро, водохранилище, гидрология, лимнология, озероведение, экология, регулирование стока, гидрологический режим, плотины, хозяйственная деятельность.

Shown that most of the continental waters enclosed in lakes and reservoirs and their performance characteristics differ markedly from the water regime of rivers and other water bodies. The features of the processes occurring in lakes, reservoirs and their watersheds, given economic activities. It is shown that these issues are the subject of a comprehensive study of the hydrology of lakes and reservoirs. Shows and other areas related to the study of these water bodies, limnology, limnology, hydroecology. The necessity of training highly qualified specialists in the field of hydrology of lakes and reservoirs. Shows the status of this training is currently in our country.

Key words: lake, reservoir, hydrology, limnology, ecology, flow regulation, hydrological regime, dams, economic activity.

Введение

Гидрология суши — наука о водах суши, которая занимается изучением природных вод, явлений и процессов, в них протекающих. При этом основная масса воды на материках содержится в водных объектах: реках, озерах, водохранилищах, болотах, горных

ледниках. Всего в этих объектах сосредоточено около 300000 км^3 воды. В том числе в руслах рек 2150 км^3 , в озерах 176000 км^3 (без Каспия), в водохранилищах 6600 км^3 . Таким образом, основная масса поверхностных вод суши сосредоточена в водоемах (озера, водохранилища, пруды). На земном шаре по самым приближенным подсчетам имеется 8–9 млн озер и 60 тыс. водохранилищ. В том числе в России 2,5 млн озер и 1162 водохранилища, а также 150–175 тыс. малых водохранилищ-прудов. При этом распределение водоемов по территории страны имеет определенные закономерности.

Вопросами изучения водоемов, их происхождением, развитием, водным режимом, разработкой схем рационального использования и охраны, биологическими аспектами, проблемами загрязнения занимается большое количество специалистов разного профиля, которые призваны решать свои узкие задачи. Однако комплексное изучение этих водных объектов все же возложено на гидрологов.

Проблемы гидрологии озер и водохранилищ

Естественные озера сосредоточены в местах, где имеются котловины и вода. Поэтому эти объекты распространены практически повсеместно, но наибольшие их скопления приурочены к областям древнего и современного оледенения, к районам крупных тектонических разломов земной коры и к засушливым, бессточным территориям. Количественным показателем распределения озер служит коэффициент озерности (f_o). Средняя озерность для Земного шара составляет 1,5 %. При этом наблюдается определенная закономерность в распределении f_o , связанная как с происхождением котловин, так и с особенностями климата. На рис. 1 приведена карта-схема озерности территории России.

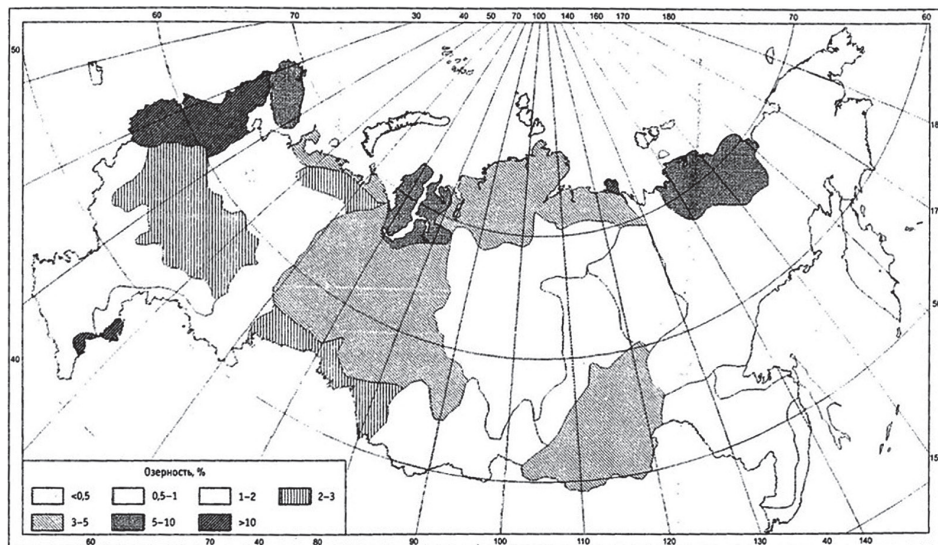


Рис. 1. Озерность территории Российской Федерации

Максимальное количество озер сосредоточено в зоне распространения последнего Валдайского оледенения. Здесь величины f_0 достигают 12–13 %, в отдельных случаях превышая 20 %. В этом районе находятся крупнейшие озера Европы: Ладожское, Онежское, Чудско-Псковское и др. Высокая озерность наблюдается и в сопредельных районах Финляндии, Беларуси, стран Балтии. На карте также видно, что повышенная озерность (3–10 %) свойственна северным регионам, а также Западной Сибири. На остальной территории озерность меньше 2 %, за исключением области распространения бессточных озер засушливых территорий Забайкалья, юга Западной Сибири, сопредельной территории Казахстана, где величины f_0 возрастают до 3–5 %. Здесь расположены такие крупные озера как Балхаш, Б.Чаны, Кулундинское, Зун-Торей и др. Все бессточные озера, как правило, имеют повышенную минерализацию.

Самое крупное озеро на территории нашей страны и в мире — Каспийское море имеет площадь зеркала 390000 км² и запасы воды 78200 км³. Озеро Байкал самое глубокое озеро Земли, а запасы чистой пресной воды составляют 23615 км³.

Весьма условно, но можно говорить о наличии северного и южного озерных поясов. Подобная закономерность наблюдается и в западном полушарии. Распределение озер по градациям их площадей приведено в табл. 1. Озера с площадью зеркала менее 1 км² составляют около 98 % общего их количества в России.

Таблица 1

Озера России по градациям площади зеркала

Площадь зеркала, км ²	Количество озер			Суммарная площадь зеркала, км ²
	ЕТР	АТР	Россия в целом	
1–10	4830	28370	33200	76940
10–50	429	1274	1703	32790
50–100	38	125	163	11163
100–1000	20	69	89	20924
> 1000	4	4	8	74020
Всего:	5321	29842	35163	215837

Такое большое количество озер играет заметную роль в жизни материков и в хозяйственной деятельности человека. Скопления озер образуют озерные ландшафты, представляющие собой озерные комплексы, связанные со спецификой морфологии территории. Озера также являются составной частью гидрографической сети, а основная их функция — аккумуляция воды и регулирование речного стока. Использование озер в хозяйственных целях весьма разнообразно и связано с типом водоема. Так бессточные озера являются водоприемниками-накопителями солей, которые широко используются в галургии. Также озера служат источниками водоснабжения и орошения полей. Большей частью крупные озера, озерно-речные системы являются водными путями. В случае создания плотин на вытекающих из озер реках эти объекты становятся водохранилищами ГЭС. Озера также широко используются для рыболовства и рыбоводства, как объекты рекреации, водоемы-охладители ГРЭС и АЭС, добычи сапропеля, для целей бальнеологии и т.п.

Рассматриваемые озера наряду с разными размерами их площадей имеют различные по объему и по форме котловины. Эти различия связаны с неодинаковыми условиями происхождения первоначальных депрессий и периодами их эволюции. При этом решающую роль играют особенности климата и характер подстилающей поверхности. Разнообразными являются и другие морфометрические характеристики, величины удельных водосборов.

Совокупность перечисленных характеристик предопределяет формирование особых черт гидрологического режима озер, заметно отличающегося от речного и морского. Так движение воды в реках осуществляется под действием силы тяжести, в то время как на озерах — главным образом под действием ветра. Лишь в отдельных случаях в озерах могут возникнуть градиентные течения, а на речных плесах — ветровые. Форма и размеры озерных котловин играют заметную роль в формировании внутриводоемных процессов. Для морей влияние котловин менее ощутимо.

Важной особенностью озер при формировании их гидрологического режима является замедленный внешний водообмен. Интенсивность этого процесса определяется соотношением годового притока воды в озеро и объемом содержащейся в нем воды. Для разнотипных озер интенсивность водообмена изменяется от нескольких суток до столетий. Чем медленнее сменяется вода в озере, тем выше внутрирядная связанность рядов уровня воды, тем четче проявляются низкочастотные колебания уровня, фиксируются периоды повышенной и пониженной водности, тренды. Таким образом, озера особенно слабопроточные и бессточные, могут служить индикаторами изменений климата территорий, на которых они расположены.

Интенсивность водообмена оказывает влияние и на внутриводоемные процессы: заиление котловин, засоление, изменение физико-химических свойств озерной воды. Заиление предопределяет накопление в котловине твердого материала, который подвергается воздействию биологических и физико-химических процессов и со временем превращает их в характерные озерные илы.

Колебание уровня воды в озере оказывает влияние на переработку береговой зоны, а это в свою очередь предопределяет условия зарастания озера. Заиление и зарастание озер может привести к исчезновению водоемов и образованию других водных объектов — болот. Особое внимание следует обратить на класс бессточных озер, расположенных в зоне недостаточного увлажнения, запасы воды в них превышают 30 % общих запасов озерных вод. Благодаря высокой плотности воды, гидрологический режим соленых озер существенно отличается от режима пресных озер и тем более рек.

Отличается от речного и термический режим озер, характерной особенностью которого является установление сезонных термических стратификаций для глубоких водоемов, формирование плотностных течений и внутреннего водообмена. При замерзании и вскрытии озера заметную роль играет ветровая деятельность, разрушающая ледяной покров в отличие от турбулентности потока на реках. Да и лед на озерах толще.

Перечисленные процессы и результаты их действия, характерные для озер, являются предметом изучения *гидрологии озер*. Эта часть гидрологии суши направлена на изучение среды обитания биотических компонент озерных экосистем. Биотические компоненты озер представлены разнообразными водными растениями и живыми организмами (*биота* или *гидробионты*), которые распространены повсеместно, за

исключением соляных и вулканических объектов. Условия обитания гидробионтов определяются физико-географическими условиями, в которых находятся водоемы, т.е. являются зональными. Тем не менее, условия, определяющие состояние среды обитания для разных озер (абиотические факторы), могут быть различными, неодинаковыми становятся и условия существования водной растительности и живых организмов (биотические факторы). Согласно А. Тенсли (1935) функционирующее взаимодействие абиотических и биотических факторов представляет собой *озерную экосистему*, являющуюся предметом изучения *гидроэкологии*. В тоже время наука, занимающаяся исследованием комплекса физико-географических, гидрохимических и биологических процессов, происходящих в озере, называется *лимнология* или *озеро-ведение*. При этом рассматривается весь комплекс внутриводоемных или лимнических процессов, протекающих в озере, в тесной связи с водосбором.

Таким образом, существует несколько близких по смыслу терминов характеризующих науку, изучающую озера и процессы, происходящие в них. По мнению А.И. Чеботарева (1978), для обозначения комплекса гидрологических знаний об озерах следует пользоваться термином *гидрология озер*, а термин лимнология использовать при рассмотрении их биологических особенностей. Хотя в научной и учебной литературе по гидрологии термин лимнология иногда употребляется как синоним гидрологии озер.

Водохранилища — *искусственные водоемы* создаются для рационального использования водных ресурсов. На территории России и сопредельных государств имеется более 3700 водохранилищ, в том числе на территории нашей страны — 1162. Их полный объем равен соответственно почти 2120 км³ и 925 км³, а площадь зеркала составляет 260 и 115 тыс. км². В том числе без подпруженных озер 150 тыс. км² и 63 тыс. км².

Водохранилищ с объемом воды более 1 км³ в России насчитывается 49, их полный объем составляет 892 км³. Среди крупнейших водохранилищ Мира по объему воды Братское водохранилище занимает второе место после африканского водохранилища Виктория (205 км³), на седьмом месте Красноярское водохранилище после Братского, Насер, Виктория, Вольта, Кариба (Африка), Даниэль-Джонс (Северная Америка). По площади зеркала Братское водохранилище также одно из самых больших, еще больше площадь Куйбышевского водохранилища на Волге.

Широкое использование водохранилищ предопределило их размещение по территории. Создание разнотипных водохранилищ приурочено к соответствующим областям развития промышленного и сельскохозяйственного производства. Большую роль играют также сложные природные условия, создающие затруднения при строительстве водохранилищ, или, наоборот, наличие благоприятных условий для их создания. Часто на вытекающих из естественных озер реках строятся плотины, и озера превращаются в водохранилища. К числу таких озер относятся Онежское, Байкал, Топозеро и др. На рис. 2 представлена схема размещения водохранилищ на территории России и сопредельных стран.

Схема показывает, что действительно скопление водохранилищ приурочено к промышленным и сельскохозяйственным районам, а также к предгорьям. Особое место отведено каскадам водохранилищ на крупных реках (аналоги озерно-речных систем). Именно здесь сосредоточены крупнейшие водохранилища. Следует отметить, что на карту не нанесены места сосредоточения малых водохранилищ-прудов, география

распространения которых весьма широка. Эти водные объекты создаются, прежде всего, для накопления воды, для рыбоводства, разведения водоплавающей птицы и некоторых других хозяйственных мероприятий. В табл. 2. приведены сведения о крупнейших русловых водохранилищах России.

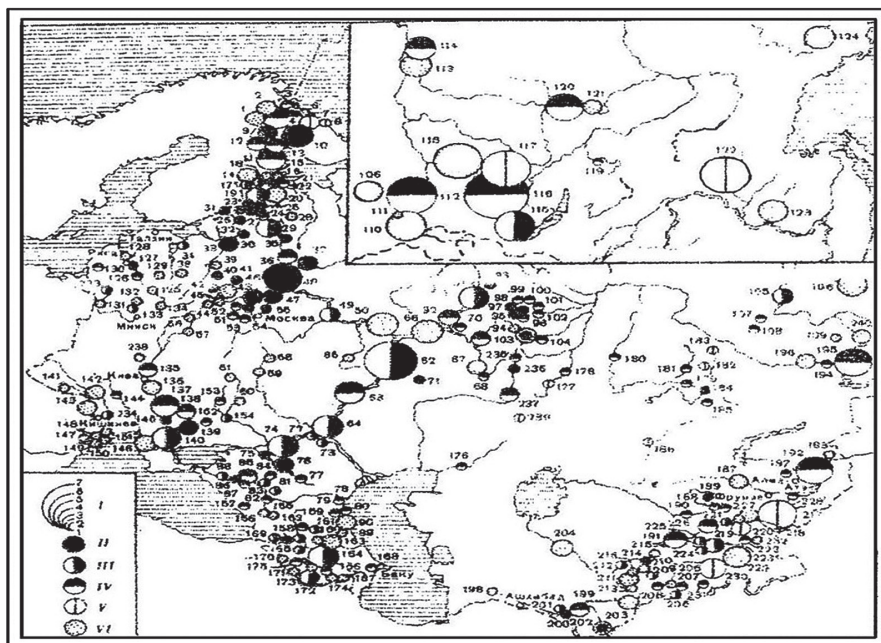


Рис. 2. Схема размещения водохранилищ с полным объемом 100 млн м³ на территории России и сопредельных стран (по Ю.М. Матарзину) [4]

Таблица 2

Сведения о крупнейших русловых водохранилищах России с площадью зеркала > 2000 км²

Название	Река	Год заполнения	Площадь зеркала при НПУ, км ²	Полный объем, км ³	Напор, м
Куйбышевское	Волга	1955–1957	6448	56,0	25
Братское	Ангара	1961–1967	5478	169,3	106
Рыбинское	Волга	1940–1949	4550	25,4	18
Волгоградское	Волга	1958–1960	3117	31,4	27
Цимлянское	Дон	1952–1953	2702	23,9	26
Богучанское	Ангара	строящееся	2325	58,2	
Вилуйское	Вилуй	1965–1972	2176	35,9	68
Зейское	Зея	1974	2119	68,4	98
Красноярское	Енисей	1967	2000	73,3	100

Водохранилища, прежде всего, являются регуляторами речного стока. В настоящее время около 50 % естественного речного стока России искажено действиями водохранилищ. Также водохранилища необходимы для решения целого ряда узкоотраслевых и межотраслевых задач. В России главными видами их использования являются: гидроэнергетика, теплоэнергетика, ирригация и водоснабжение. Равнинные водохранилища используются для судоходства. Так около 10 % внутренних водных путей в первую очередь на Волге, Каме, Свири проходит по водохранилищам. Около 15 % всей электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях. Многие водохранилища обеспечивают водой тепловые и атомные станции. Почти 50 % всех орошаемых земель страны используют водные ресурсы водохранилищ. Большую роль играют водохранилища для коммунально-бытового и особенно промышленного водоснабжения, для рекреации, для рыбного хозяйства. На реках Дальнего Востока и в некоторых районах предгорий водохранилища часто создаются для борьбы с наводнениями. В тоже время создание водохранилищ, приводящее к изменению всего природного комплекса реки, в ряде случаев, например, в области гидробиологии, оценивается как негативное.

Такое широкое использование водохранилищ предполагает многоплановое их изучение. При этом рассматриваемое направление — гидрология водохранилищ по Ю.М. Матарзину (2003) — раздел гидрологии суши, занимающийся изучением искусственных водоемов замедленного водообмена, режим которых формируется под действием сложного взаимодействия генетически разнородных (природных и, особенно, антропогенных) факторов. При изучении гидрологии водохранилищ также необходимо знать происхождение и особенности строения котловин («емкость ложа» по К.К. Эдельштейну), размеры и строение водосборов, климатические условия. Следует также учитывать для русловых водохранилищ наличие речной и приплотинной частей, а следовательно и различие их гидрологического режима. Создание на реках водохранилищ резко меняет гидрологический режим этих водотоков: нарушается режим уровня воды, замедляется водообмен, уменьшается транзит веществ поступающих с водосбора. Зимний режим водохранилищ, как правило, характеризуется большим уровнем сработки, оседанием на берегах льда. Создание крупных водохранилищ приводит к изменению микроклимата побережий, подъему уровня грунтовых вод.

Подготовка высококвалифицированных специалистов в области гидрологии озер и водохранилищ

Столь большой интерес к озерам и водохранилищам — специфическим водным объектам, их широкое использование в хозяйственных целях предполагает подготовку высококвалифицированных специалистов в области гидрологии озер и водохранилищ. При этом область рассматривается как раздел гидрологии суши, изучающий внутренние водоемы. Основная задача названных специалистов сводится к изучению этих водных объектов, их водосборов для целей рационального использования и охраны. Подготовка таких специалистов (иногда — гидрологов с лимнологическим направлением) проводится во многих ВУЗах страны. Как правило, дисциплина «гидрология

озер и водохранилищ» включается в профессиональный цикл вариативной части образовательного стандарта по направлениям «Гидрометеорология» и «Прикладная гидрометеорология» (бакалавриат, магистратура).

Однако эта дисциплина не везде представлена единым учебным курсом, а входит составной частью в другие дисциплины (гидрология, гидрофизика, основы управления водными ресурсами и т.п.) или изучается как «дисциплина по выбору», в виде «спекурса» и т.п. Экспресс-опрос некоторых ВУЗов позволил установить, что вопросы гидрологии озер и водохранилищ рассматриваются на географических, экологических факультетах государственных университетов. Лимнологическое направление образования проводится в ряде педагогических, политехнических ВУЗах, в институте водного транспорта, в Российском государственном гидрометеорологическом университете и в некоторых других высших учебных заведениях. При этом степень подготовки таких специалистов в разных ВУЗах различна, о чем говорит неодинаковое количество затрачиваемых зачетных единиц.

Выпуск гидрологов, имеющих хорошую подготовку в области озер и водохранилищ, отмечен, прежде всего, в МГУ на географическом факультете, где разработан и читается курс «Гидрология озер и водохранилищ», также подготовлен практикум по этому предмету. Лимнологическую практику студенты проходят на хорошо оборудованной учебной базе. Так же углубленно и отдельно студенты изучают гидрологию водохранилищ.

Традиционно на протяжении многих лет в Пермском государственном университете существует направление «Гидрология водохранилищ». К сожалению, учебная практика не проводится, но многие студенты регулярно участвуют в производственных практиках на водохранилищах.

Достаточно большой материал в области гидрологии озер и водохранилищ осваивается в РГГМУ, где раздел «Гидрология озер и водохранилищ» наряду с речной гидрологией входит в состав учебного курса «Гидрология суши» и изучается в течение целого семестра. Часть учебной практики по гидрометрии проводится на водохранилище.

Курс «Гидрология озер и водохранилищ» читается на кафедре гидрологии суши СПбГУ, проводятся и учебные практики. Рассматриваемый предмет изучается также в Башкирском, Томском государственных университетах.

Вопросам гидрологии озер и водохранилищ, как составной части других дисциплин отведено место в Карельском, Иркутском, Алтайском университетах и ряде других отмеченных выше ВУЗов.

Большое место при получении знаний по названным разделам гидрологии занимают производственные практики на озерах и водохранилищах, куда выезжает небольшое количество студентов.

Наиболее же полные знания по гидрологии озер и водохранилищ студенты получают при обучении в магистратуре. Например, магистерские направления по гидрологии озер и водохранилищ имеются в МГУ, РГГМУ. Однако здесь количество выпускников гидрологов со специальной подготовкой весьма ограничено. Также такие специалисты готовятся через аспирантуру.

Таким образом, гидрологов с подготовкой в области гидрологии озер и водохранилищ готовят многие ВУЗы. Тем не менее, учитывая огромное количество озер и

водохранилищ, которые все шире будут использованы в хозяйственных целях, предполагаемое расширение строительства новых ГЭС, модернизация старых, усиление охраны природы (в том числе, озерных ландшафтов), прудовое хозяйство потребуют более глубоких знаний по лимнологии, в том числе с инженерным направлением. Поэтому целесообразно дисциплину «Гидрология озер и водохранилищ» расширить в сторону комплексного изучения водоемов. Усиление значимости рассматриваемого направления возможно при переводе дисциплины «Гидрология озер и водохранилищ» в разряд базовых.

Новая отечественная учебная литература по гидрологии озер и водохранилищ

Подготовка рассматриваемых специалистов требует выпуска современных учебников, учебных пособий, учебных программ. Такие источники конечно же есть, но к числу новейших следует отнести:

1. *Виноградов Ю.Б., Виноградова Т.А.* Современные проблемы гидрологии. — М.: изд. центр «Академия», 2008. — 320 с.
2. *Догановский А.М.* Гидрология суши (общий курс). — СПб.: РГГМУ, 2012. — 524 с. Разделы 4.2. Озера и водохранилища, 4.7. Гидрография, 5.2. Гидрология водоемов.
3. *Китаев С.П.* Лимнология для гидробиологов и ихтиологов. — Петрозаводск, Карельский НЦ, РАН, 2007. — 315 с.
4. *Матарзин Ю.М.* Гидрология водохранилищ. — Пермь, 2003. — 296 с.
5. *Прыткова М.Я.* Гидрологический режим и заиление малых разнотипных водоемов Северо-Запада. — СПб.: изд. «Наука», 2011. — 200 с. (Монография может служить учебным пособием).
6. *Эдельштейн К.К.* Гидрология озер и водохранилищ. — М.: изд. «Перо», 2014. — 399 с.