

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.08.02 Гидрология

Направление подготовки (специальность) *06.03.01 Биология*

Профиль образовательной программы *Биоэкология*

Форма обучения *очная*

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Конспект лекций.....	3
1.1	Лекция № 1 Науки о природных водах.....	3
1.2	Лекция № 2 Общая характеристика гидросферы.....	6
1.3	Лекция №3 Гидрология подземных вод.....	9
1.4	Лекция №4-5 Гидрология рек.....	11
1.5	Лекция №6 Гидрология озер.....	22
1.6	Лекция №7 Гидрология водохранилищ.....	26
1.7	Лекция №8 Гидрология морей и океанов.....	28
1.8	Лекция №9-10 Водные экосистемы и антропогенное воздействие на них.....	42
1.9	Лекция №11 Опасные гидрологические явления.....	44
1.10	Лекция №12 Гидрология Оренбургской области. Гидрология реки Урал.....	48
2.	Методические указания по проведению практических занятий.....	54
2.1.	Лабораторное занятие 1. Определение химических свойств природных вод.....	54
2.2.	Лабораторное занятие 2. Химические свойства воды.....	55
2.3.	Лабораторное занятие 3 Водные ресурсы Земли, России.....	56
2.4.	Лабораторное занятие 4 Гидрологические процессы и их влияние на природную среду.....	56
2.5.	Лабораторное занятие 5. Гидрология ледников и болот.....	57
2.6.	Лабораторное занятие 6. Морфологические характеристики реки и ее бассейна. Строение речной долины. Руслые образования.....	57
2.7.	Лабораторное занятие 7. Физико – географические факторы речного стока.....	57
2.8.	Лабораторное занятие 8. Классификация рек по источникам питания и водному режиму.....	58
2.9.	Лабораторное занятие 9. Анализ распределения температуры воды, солености в Мировом океане.....	58
2.10.	Лабораторное занятие 10. Качество природных вод. Нормирование качества вод.....	58
2.11.	Лабораторное занятие 11. Источники загрязнения природных вод. Основные загрязнители.....	58

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа)

Тема: «Науки о природных водах»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Цель, задачи дисциплины.
2. История развития.
3. Науки о природных водах.

1.1.2. Краткое содержание вопросов:

1. Цель, задачи дисциплины.

Курс «ГИДРОЛОГИЯ» является одним из основных в подготовке студентов – специалистов в области географии, туризма и экскурсионной деятельности. Его основной особенностью является направленность на изучение как отдельных гидрологических объектов и в целом гидросферы как компонента географической оболочки. Изучение данного курса позволяет получить представление о Мировом океане и водоемах суши, познать их особенности, роль в круговороте воды, направлении потоков энергии и вещества, как в самой гидросфере, так и в иных компонентах географической оболочки и природных комплексах.

«ГИДРОЛОГИЯ» включает и разделы рационального использования ресурсов гидросферы, что определило также включение тем экологии и природопользования. Они изучаются на базе общих географических исследований, что делает данный курс ещё более привлекательным и актуальным. При изучении курса уделено внимание методам гидрологических исследований, их актуальности и практической значимости использования в изысканиях, как на локальном, так и на глобальном уровнях. Показана необходимость быстрого решения ряда важных теоретических и практических задач гидрологии для эффективного развития отечественной промышленности, сельского хозяйства и бытовой деятельности.

Всестороннее изучение гидросферы и гидрологических объектов, их динамики и эволюции позволяют решать сложнейшую задачу составления гидрологических прогнозов, как на ближайшее, так и на отдалённое время.

Обучение методике составления гидрологических прогнозов – важнейший элемент подготовки специалистов-географов в области научной деятельности, организации рационального использования рекреационных и гидрологических ресурсов. Таким образом, гидрология как важнейшая географическая наука, по праву играет ведущую роль в образовательном процессе университетской географии. Её изучение в ВУЗе позволяет решить ряд образовательных задач, способствуя как достижению основных целей курса, так и получению базового географического образования.

ОСНОВНЫЕ ЦЕЛИ КУРСА:

1. Показать особенности гидросферы как компонента географической оболочки, её роль в формировании других компонентов, их взаимное воздействие и его географические следствия;

2. Определить роль гидросферы и гидрологических объектов в формировании природных комплексов;

3. На основе ландшафтно-гидрологического подхода к изучению объектов, определить своеобразие водоёмов в различных физико-географических условиях, а также роль географических факторов в их формировании;

4. Используя данные палеогеографии и принцип актуализма, восстановить этапы эволюции гидросферы и определить особенности её современного состояния. Познание современных динамических процессов и условий эволюции гидросферы позволит предполагать её вероятные изменения в будущем;

5. Определить особенности гидрологических ресурсов и возможности их рационального использования;

6. Обучить методам оценки состояния гидрологических объектов и прогнозированию их изменения как под влиянием естественных, так и антропогенных факторов.

В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ РЕШАЮТСЯ СЛЕДУЮЩИЕ ЗАДАЧИ:

1. Обучение студентов современным и наиболее актуальным достижениям отечественной и мировой науки в области теоретических и прикладных гидрологических исследований, а также в смежных аспектах других географических наук;

2. Воспитание активного и квалифицированного восприятия гидрологической информации, выявление рекреационных ресурсов в гидросфере, оценка организации хозяйственной и бытовой деятельности в организациях по использованию гидрологических ресурсов;

3. Совершенствование практических навыков в проведении исследований, которые могут иметь как полностью, так и частично, гидрологическую направленность. При этом вырабатывать умение обсуждать, анализировать и прогнозировать возникающие гидрологические проблемы со специалистами, обучающимися и населением;

4. Определение возможностей использования полученных студентами теоретических и практических знаний и навыков в различных областях научной и хозяйственной деятельности, учебно-методическом процессе высшего и среднего образования.

2. История развития.

К числу самых ранних гидрологических наблюдений относятся наблюдения египтян за колебаниями уровня воды с помощью ниломеров. Гидрологические явления вызывали большой интерес древнегреческого историка и путешественника Геродота. Он провел первые исследования древнего Нила и Дуная (Истра). Новый толчок в развитии гидрологических знаний приходится на эпоху Возрождения. Леонардо да Винчи (1452—1519) одним из первых нашел правильное толкование происхождения рек, отметив роль и дождевых, и подземных вод. Леонардо да Винчи провел первые наблюдения за динамикой водного потока и может считаться основоположником речной гидравлики. Дальнейший прогресс в гидрологических знаниях приходится на XVII в. . Галлей первым дал четкое представление о круговороте воды в природе и его приближенную количественную оценку. XVIII и XIX вв. ознаменовались быстрым развитием гидравлики.

Начало гидрологических наблюдений в России относится к XV— XVI вв.: в записях русских летописцев сохранились сведения о наводнениях, паводках, замерзании и

вскрытии рек. Много данных о реках и озерах приведено в «Книге Большому чертежу» — приложении к одной из первых карт России (1552). При Петре I проводились первые гидрологические изыскания на Дону, Оке, Волге с целью использования этих рек для судоходства. В XIX в. изыскания, связанные с улучшением судоходных условий на реках России, были расширены. Крупные гидрографические работы на реках провела созданная в 1875 г. при Министерстве путей сообщения Навигационно-описная комиссия. В 1881 г. были впервые опубликованы данные наблюдений за уровнем воды на реках. Ценные материалы по гидрографии дали экспедиции П. П. Семёнова-Тян-Шанского и Н. М. Пржевальского. В 1919 г. был создан Российский гидрологический институт, который в 1926 г. преобразуется в ныне существующий Государственный гидрологический институт (ГГИ). В предвоенный период усилиями крупных ученых В. Г. Глушкова, Д. И. Кочерина, М. А. Великанова, С. Д. Муравейского, Б. В. Полякова, Е. В. Близняка и многих других были разработаны теоретические основы гидрологии суши. Таким образом, гидрология суши как самостоятельная наука оформилась в Советском Союзе в 20—30-е годы прошлого столетия. В 1960-е годы значительный импульс получило международное сотрудничество в области гидрологии суши. В 1979 г. Главное управление гидрометеорологической службы преобразовано в Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, а в 1988 г. — в Государственный комитет СССР по гидрометеорологии (Госкомгидромет). В это время велись крупные гидрологические исследования по всей территории Советского Союза. Заметными вехами в развитии гидрологии суши стали пять Всесоюзных и один Всероссийский гидрологические съезды (в 1924, 1928, 1957, 1973, 1986 и 2004 гг.). В настоящее время руководство наблюдениями и исследованиями в области гидрологии суши в Российской Федерации возложено на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). В последние десятилетия важной частью гидрологических исследований в России стали изучение реакции вод суши на глобальное потепление и оценка изменений режима водных объектов суши под влиянием хозяйственной деятельности.

3. Науки о природных водах.

Вода - одно из самых распространенных на Земле и необычных по своим свойствам химических соединений. Без воды невозможно существование самой жизни. Вода - носитель механической и тепловой энергии играет важнейшую роль в обмене веществом и энергией между геосферами и географическими районами Земли. Этому во многом способствуют и ее аномальные физические и химические свойства. Один из основоположников геохимии, В.И. Вернадский, писал: "Вода стоит особняком в истории нашей планеты.

Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества - минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не заключало. Все земное вещество - под влиянием свойственных воде частных сил, ее парообразного состояния, ее вездесущности в верхней части планеты - ею проникнуто и охвачено". Термин "гидрология" (гидрос - вода, логос - наука) впервые упомянут в 1694 году в книге, содержащей "начала учения о водах", изданной Мельхиором во Франкфурте-на-Майне, а первые гидрологические наблюдения, по мнению американского гидролога Раймонда Найса, 5000 лет назад проводили на р. Нил египтяне, которые ежегодно фиксировали

высоту паводков на скалах, стенах зданий, ступенях береговых лестниц. Но в самостоятельную науку гидрология оформилась лишь в начале XX столетия и продуктивно развивалась, опираясь на фундаментальные науки: физику, химию, математику. Наиболее тесно связана она с метеорологией и климатологией, а также с геологией, биологией, почвоведением и геохимией.

Наибольшее развитие в последние 50 - 60 лет получил раздел гидрологии - гидрология суши. Это является следствием быстро возрастающего использования пресной воды, ее возросшей роли в развитии экономики и жизни человеческого общества. Важнейшей задачей гидрологии суши является оценка изменений водных ресурсов как источника водоснабжения и водопотребления. Особое место занимает количественная оценка изменений во времени и пространстве стока воды рек, который составляет основные, ежегодно возобновляемые водные ресурсы и обеспечивает основной объем возможного водопотребления на хозяйственные нужды. Современные исследования водных ресурсов, особенно в части прогнозирования их на будущее, тесно связаны с учетом глобального изменения климата и влияния на водные объекты хозяйственной деятельности человека.

Результатом не всегда разумной хозяйственной деятельности человека стало увеличение безвозвратного водопотребления (до полного истощения водных источников) и угрожающее загрязнение природных вод, что вносит нередко необратимые изменения в водный баланс и экологические условия обширных районов. Это обусловило возникновение нового направления гидрологической науки - гидролого-экологического, которое является одновременно важной составной частью геоэкологии - науки, изучающей необратимые процессы и явления в природной среде и биосфере, возникающие в результате интенсивного антропогенного воздействия, а также близкие и отдаленные во времени последствия этих воздействий.

Основное внимание в статье уделено ежегодно возобновляемым ресурсам пресных вод - речному стоку, так как запасы воды, сосредоточенные в озерах и подземных горизонтах, используются еще слабо. На территории России используют менее 1% общих запасов озерных вод (около 25 000 км³), а из подземных горизонтов ежегодно извлекают менее 10% потенциальных эксплуатационных запасов подземных вод. Это объясняется главным образом особенностями географического расположения озер и запасов подземных вод: их большая часть сосредоточена в районах избыточного и достаточного увлажнения, например 23 000 км³ озерных вод находится в озере Байкал, где мало водопользователей и много более доступных речных вод.

1.2. Лекция №2 (2 часа)

Тема: «Общая характеристика гидросферы»

1.2.1. Вопросы лекции:

1. Вода в природе и жизни человека

2. Водные объекты.

3. Гидрологический режим и гидрологические процессы

1.2.2 Краткое содержание вопросов

1. Вода в природе и жизни человека

Известный российский ученый В.И. Вернадский, один из основоположников геохимии, писал: "Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных самых грандиозных геологических процессов. Нет земного вещества – минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не заключало. Все земное вещество – под влиянием свойственных воде частичных сил, ее парообразного состояния, ее вездесущности в верхней части планеты – ею проникнуто и охвачено".

Антуану де Сент-Экзюпери принадлежат о воде такие слова: "Вода! У тебя нет ни вкуса, ни цвета, ни запаха, тебя не опишешь, тобой наслаждаешься, не понимая, что ты такое. Ты не просто необходима для жизни, ты и есть жизнь... Ты – величайшее в мире богатство...".

Вода используется человеком не только как необходимое средство жизнедеятельности (питьевая вода, вода в составе растительных или животных продуктов питания). Современная экономика основана на широком применении воды: получение энергии (гидроэнергетика, тепловая и атомная энергетика); необходимое условие существования сельского хозяйства, водного транспорта, добывающих отраслей промышленности, рыбного хозяйства, коммунального хозяйства, отдыха и туризма. Вода поистине пронизывает всю жизнь человека. Нехватка воды – тяжкое бедствие для людей. Без использования воды нельзя преодолеть в глобальном масштабе ни продовольственный, ни энергетический кризисы.

Вода – важнейший компонент многих экосистем, причем не только водных (пресноводных, морских), но и наземных, поэтому наличие воды – непереносимое условие поддержания экологического равновесия и биоразнообразия как в водных объектах, так и на суше.

Хотя вода на Земле в целом – это, в основном, возобновляемый природный компонент, водные ресурсы в отдельных районах подвержены антропогенному истощению и загрязнению. Вода – бесценное богатство человечества, поэтому водные ресурсы люди должны бережно и экономно использовать и охранять.

2. Водные объекты.

Большая часть воды, участвующей в круговороте веществ на Земле, представлена в виде *водных объектов*, т.е. скоплений природных вод на земной поверхности и в верхних слоях земной коры, обладающих определенным гидрологическим режимом. Выделяют три группы водных объектов – водотоки, водоемы и особые водные объекты.

К *водотокам* относятся водные объекты на земной поверхности с поступательным движением воды в руслах в направлении уклона (реки, ручьи, каналы). *Водоемы* – это водные объекты в понижениях земной поверхности с замедленным движением вод (океаны, моря, озера, водохранилища, пруды, болота). Группу водных объектов, не укладываемых в понятие водотоков и водоемов, составляют *особые водные объекты* – ледники и подземные воды (водоносные горизонты).

Водные объекты могут быть постоянными и временными (пересыхающими).

Многие водные объекты обладают *водосбором*, под которым понимается часть земной поверхности и толщи почв и горных пород, откуда вода поступает к данному водному объекту. Водосборы имеются у всех океанов, морей, озер, рек. Граница между смежными водосборами называется *водоразделом*. Различают поверхностный (орографический) и подземный водоразделы.

Под *гидрографической сетью* обычно понимают совокупность водотоков и водоемов в пределах какой-либо территории. Часть гидрографической сети, представленная водотоками (реками, ручьями, каналами), называется *руслевой сетью*, а состоящая только из крупных водотоков – рек – *речной сетью*.

Природные воды Земли формируют ее *гидросферу*. Устоявшихся определений понятия гидросферы и ее границ пока нет. Традиционно под гидросферой понимают прерывистую водную оболочку земного шара, расположенную на поверхности земной коры и в ее толще, представляющую совокупность океанов, морей и водных объектов суши (рек, озер, болот, подземных вод), включая снежный покров и ледники.

3. Гидрологический режим и гидрологические процессы

Любой водный объект и его режим могут быть описаны с помощью некоторого набора гидрологических характеристик. Эти характеристики делятся на несколько групп.

1. Характеристики водного режима: уровень воды (H , м в Балтийской системе высот (БС) или см над 0 поста), скорость течения (v , м/с), расход воды (Q , м³/с), сток воды за интервал времени Δt (W , м³, км³), уклон водной поверхности (I , величина безразмерная) и т.д. Большинство этих характеристик может быть отнесено не только к водотокам и водоемам, но и к особым водным объектам — ледникам, подземным водам.

2. Характеристики теплового режима: температура воды, снега, льда (T , °С), теплосодержание водного объекта или тепловой сток за интервал времени Δt (Θ , Дж) и т.д.

3. Характеристики ледового режима: сроки наступления и окончания различных фаз ледового режима (замерзания, ледостава, таяния, вскрытия, очищения ото льда), толщина ледяного покрова, сплоченность льдов и т.д.

4. Характеристики режима наносов: содержание в воде взвешенных наносов или мутность воды (s , кг/м³), расход наносов (R , кг/с), распределение наносов по фракциям (крупности) и т.д.

5. Характеристики формы и размера водного объекта: его длина (L , м, км), ширина (B , м, км), глубина (h , м) и т.д.

Кроме того, к числу гидрологических обычно относят такие характеристики, как гидрохимические — минерализацию воды (M , мг/л) или ее соленость (S , ‰), содержание отдельных ионов солей, газов, загрязняющих веществ и др.; гидрофизические — плотность воды (ρ , кг/м³), вязкость воды и др.; гидробиологические — состав и численность водных организмов (экз./м²) и величину биомассы (г/м³, г/м²) и др.

Совокупность гидрологических характеристик данного водного объекта в данном месте и в данный момент времени определяет гидрологическое состояние водного объекта.

Гидрологическое состояние водного объекта подвержено постоянным пространственно-временным изменениям.

Совокупность закономерно повторяющихся изменений гидрологического состояния водного объекта – это его гидрологический режим. Некоторым аналогом гидрологического режима применительно к атмосфере можно считать климат.

Сущность гидрологического режима водных объектов – это изменение гидрологических характеристик в пространстве и во времени. Под изменением

гидрологических характеристик в пространстве понимают их изменение от места к месту (вдоль, поперек или по глубине реки, вдоль или по глубине моря или озера и т.д.), от одного водного объекта к другому.

Изменение гидрологических характеристик во времени (временная изменчивость) имеет несколько масштабов. Выделяют изменчивость вековую (с интервалами времени или периодами, исчисляемыми веками); многолетнюю (периоды колебаний – от нескольких до десятков лет), внутригодовую, или сезонную (колебания в течение года), кратковременную, имеющую период в несколько суток (например, колебания синоптического масштаба с периодом 3–10 дней), сутки (суточная или внутрисуточная изменчивость).

Гидрологический режим водного объекта – хотя и закономерное, но все же лишь внешнее проявление некоторых более сложных внутренних процессов.

Поэтому гидрологи изучают не только гидрологический режим водных объектов, но и гидрологические процессы, под которыми понимается совокупность физических, химических и биологических процессов, определяющих закономерности формирования гидрологического состояния и режима водного объекта.

1.3 Лекция №3 (2 часа)

Тема: «Гидрология подземных вод»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Подземные воды
2. Происхождение подземных вод
3. Физические и водные свойства грунтов. Виды воды

1.3.2. Краткое содержание вопросов

1. Подземные воды

В земной коре находится большое количество воды – физически и химически связанной, свободной гравитационной, капиллярной, в виде водяного пара и льда. Подземными водами как объектом гидрологии будем называть лишь те содержащиеся в земной коре воды, которые находятся в активном взаимодействии с атмосферой и поверхностными водами (океанами и морями, реками, озерами и болотами) и участвуют в круговороте воды на земном шаре. Подземные воды в таком понимании представлены в основном свободной (гравитационной) и капиллярной водой, а также перемещающимся в порах грунта водяным паром.

Скопления подземных вод, участвующих в круговороте воды на планете, – это особые водные объекты, существенно отличающиеся от водотоков и водоемов (см. Введение) и важные элементы гидросферы. Вместе с тем подземные воды тесно связаны с геологическим строением земной коры и свойствами горных пород и являются поэтому также объектом гидрогеологии как раздела геологии.

2. Происхождение подземных вод

Согласно современным представлениям, подземные воды по происхождению могут быть как экзогенными (их источник – водные объекты на поверхности суши и влага атмосферы), так и эндогенными (их источник – недра Земли).

Экзогенные подземные воды попадают в горные породы либо при процессах просачивания (инфильтрации) поверхностных вод и конденсации водяного пара, либо в результате седиментации (осадконакопления). Эти воды часто называют соответственно инфильтрационными, конденсационными и седиментационными.

Инфильтрационные подземные воды проникают в горные породы путем просачивания атмосферных, речных, морских и озерных вод. *Конденсационные подземные воды* образуются при конденсации в порах грунта водяного пара, перемещающегося в грунте под влиянием разности давления.

Седиментационные подземные воды образуются из вод того водного объекта, где происходил процесс седиментации, т.е. отложения наносов. Воды такого типа распространены в осадочных породах и в ложах океанов и морей, где образуют так называемые "иловые растворы".

Эндогенные подземные воды образуются в горных породах в результате дегидратации минералов (такие воды называют *дегидратационными* или "*возрожденными*") или поступают из магматических очагов, в частности в районах современного вулканизма (их называют "*ювенильными*" *водами*).

Инфильтрационные, конденсационные, седиментационные, де-гидратационные и "ювенильные" воды при своем перемещении в горных породах смешиваются, образуя *смешанные* по происхождению *подземные воды*.

Подземные воды (главным образом – инфильтрационные) являются важным компонентом материкового звена круговорота воды на земном шаре и играют заметную роль в балансе и режиме природных вод и растворенных в них веществ.

3. Физические и водные свойства грунтов. Виды воды в порах грунтов

Физические свойства грунтов

Подземные воды находятся в верхней толще земной коры, включая кору выветривания и почвенный слой. Эту толщу в гидрогеологии называют *горными породами*, в гидрологии – *почвогрунтами* или просто грунтами. Режим подземных вод во многом определяется физическими и водными свойствами вмещающих их грунтов (плотности, гранулометрического состава и пористости).

Плотность грунта – это отношение массы однородного грунта к его объему:

$$\rho_{\text{гр}} = m_{\text{гр}}/V_{\text{гр}}. \quad (22)$$

Различают плотность сухого грунта и плотность грунта при естественной влажности. Плотность грунта отличается от плотности его "скелета" ρ , зависящей от характера вещества или минерала, слагающего грунт. Например, для частиц кварцевого песка ρ приблизительно равна 2650 кг/м³, супесей – 2700 кг/м³, суглинков – 2710 кг/м³, глин – 2740 кг/м³.

Поскольку грунт состоит не только из скелета, но и из пор, заполненных либо воздухом, либо водой, либо льдом, плотность как сухого, так и влажного грунта всегда меньше плотности его "скелета". Так, плотность песка (как грунта, а не как минерала) обычно находится в пределах 1200–1500 кг/м³.

Многие рыхлые грунты представляют собой смесь частиц различной крупности. Процентное содержание (по массе) в рыхлых грунтах групп частиц (фракций) различного диаметра называют *гранулометрическим*, или *механическим, составом грунта*.

Практически все грунты (как рыхлые, так и скальные) обладают *скважностью* (*пустотностью*), под которой понимают наличие в грунтах пустот независимо от их размеров, формы и происхождения. Скважность, обусловленная *порами*, т.е. промежутками (обычно <0,1мм) между отдельными частицами, называется *пористостью*. Скважность, обусловленная *трещинами* в грунте, называется *трещиноватостью*. Скважность, обусловленную наличием в грунте крупных (> 1 мм) пустот (каверн), называют *кавернозностью*.

Грунты (породы, в гидрогеологии – иногда среды), где преобладает один из трех названных выше видов скважности, называют соответственно *пористыми*, *трещинными* (*трещиноватыми*) и *каверновыми*. К пористым грунтам относятся многие осадочные породы (пески, илы, глины, лессы, суглинки), торф, обломочные породы; к трещинным – многие метаморфические и магматические горные породы; к каверновым – известняки, гипсы и другие породы, подвергаемые выщелачиванию легко растворимых соединений, например в районах проявления карста.

Пористость грунтов характеризуется коэффициентом пористости p , %, который равен выраженному в процентах отношению объема пор $V_{пор}$ к объему всего грунта $V_{гр}$ в сухом состоянии:

$$p = (V_{пор} / V_{гр}) \cdot 100 \quad (23)$$

Коэффициент пористости p и соотношение между плотностью сухого грунта $\rho_{тр}$ и его "скелета" ρ , о которых речь шла выше, связаны следующей формулой:

$$p = (1 - \rho_{гр} / \rho) \cdot 100 \quad (24)$$

Пористость – одна из важнейших характеристик грунта, определяющих его способность пропускать воду. Разные грунты обладают различной пористостью

1.4 Лекция №4-5 (4 часа)

Тема: «Гидрология рек»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Понятие реки. Морфометрические характеристики бассейна реки
2. Физико-географические и геологические характеристики бассейна реки
3. Река и речная сеть
4. Питание рек
5. Водный режим рек
6. Термический и ледовый режим рек

1.4.2 Краткое содержание вопросов

1. Понятие реки. Морфометрические характеристики бассейна реки

Река – это водоток сравнительно крупных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное *сформированное самим потоком русло*. К рекам обычно относят лишь водотоки с площадью бассейна не менее 50 км². Водотоки меньшего размера называют ручьями.

Реки – это, как правило, *постоянные водотоки*, текущие в течение всего года. Однако встречаются реки, которые могут в течение некоторого непродолжительного периода времени перемерзнуть или пересыхать. Если же водоток пересыхает большую часть года (как, например, сухие долины в пустынях – *вади*), то такой водоток рекой не считают. К рекам не относятся водотоки, которые не имеют водосбора (как, например,

русла, сформированные течениями во время приливов или сгонно-нагонных явлений в приморских районах или на островах). Не являются реками даже крупные водотоки (проливы), соединяющие лагуны с морем. Не могут считаться реками и водотоки с искусственным руслом (каналы).

Единовременно во всех реках земного шара находится в среднем 2115 км^3 воды, или всего лишь $0,0002 \%$ объема вод гидросферы.

В этой связи важнейшее значение приобретает понятие "сток". *Сток* в широком смысле – это процесс стекания воды с водосборов вместе с содержащимися в ней веществами и теплотой. Поэтому речной сток – важнейший элемент материкового звена глобального круговорота воды и веществ, а также мощный геологический агент, главнейший фактор, определяющий взаимосвязь между различными объектами суши и гидросферы.

Морфология и морфометрия реки и ее бассейна

Водосбор и бассейн реки

Следует различать водосбор и бассейн реки. *Водосбор реки* – это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда данная река получает свое питание. Поскольку питание рек может быть поверхностным и подземным, различают *поверхностный* и *подземный водосборы*, которые могут не совпадать (рис. 15). *Бассейн реки* – это часть суши, включающая данную речную систему и ограниченная орографическим водоразделом.

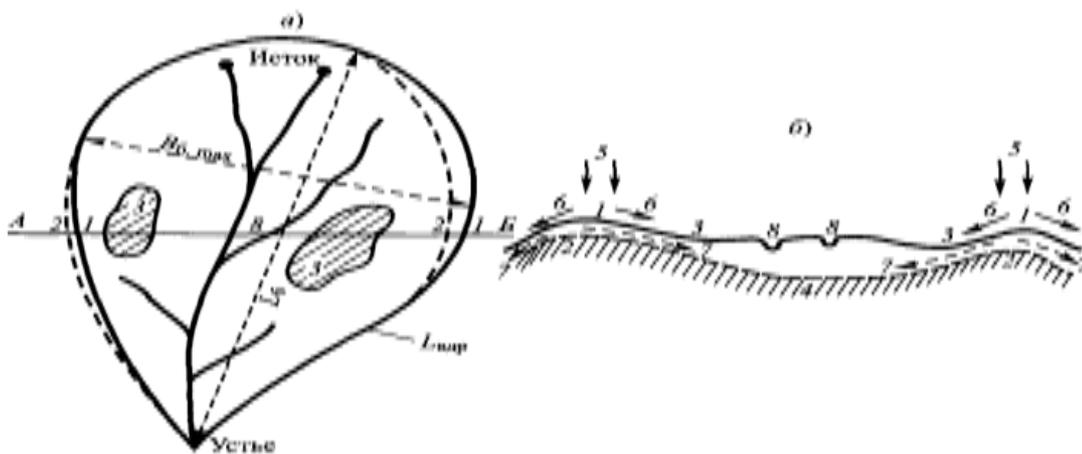


Рис.15. Схема бассейна и водосбора реки в плане (а) и в поперечном разрезе (б) по линии А–Б: 1 — граница бассейна и поверхностного водосбора реки (орографический водораздел); 2 — граница подземного водосбора (подземный водораздел); 3 — бессточные области, не входящие в водосбор реки; 4 — водопор; 5 — осадки; 6 — поверхностный сток; 7 — подземный сток; 8 — русла рек

Обычно водосбор и бассейн реки совпадают. Однако нередки случаи и их несовпадения. Так, если в пределах речного бассейна часть территории оказывается бессточной, то она, оставаясь частью бассейна, в состав водосбора реки не входит (рис. 15). Такие случаи весьма характерны для засушливых районов с плоским рельефом.

Бассейны (водосборы) рек, впадающих в один и тот же приемный водоем (озеро, море, океан), объединяются соответственно в бассейны (водосборы) озер, морей, океанов. Выделяют *главный водораздел земного шара*, который разделяет бассейны рек, впадающих в Тихий и Индийский океаны, с одной стороны, и бассейны рек, впадающих в Атлантический и Северный Ледовитый океаны, – с другой. Кроме того,

выделяют *бессточные области земного шара*, откуда находящиеся там реки не доносят воду до Мирового океана. К таким бессточным областям относятся, например, бассейны Каспийского и Аральского морей, включающие бассейны Волги, Урала, Терека, Куры, Амударьи, Сырдарьи.

Морфометрические характеристики бассейна реки

Основными морфометрическими характеристиками речного бассейна служат: *площадь бассейна F* ; *длина бассейна L_b* , обычно определяемая как прямая, соединяющая устье реки и точку на водоразделе, прилегающую к истоку реки; *максимальная ширина бассейна $B_{b_{max}}$* , которая определяется по прямой, нормальной к длине бассейна в наиболее широкой его части; *средняя ширина бассейна $B_{бср}$* , вычисляемая по формуле: $B_{бср} = F / L_b$; *длина водораздельной линии $L_{вдр.}$*

Важной характеристикой бассейна служит распределение площади бассейна по высотам местности, представленное *гипсографической кривой* (рис. 16), показывающей, какая часть площади бассейна (в км² или %) расположена выше любой заданной отметки местности.

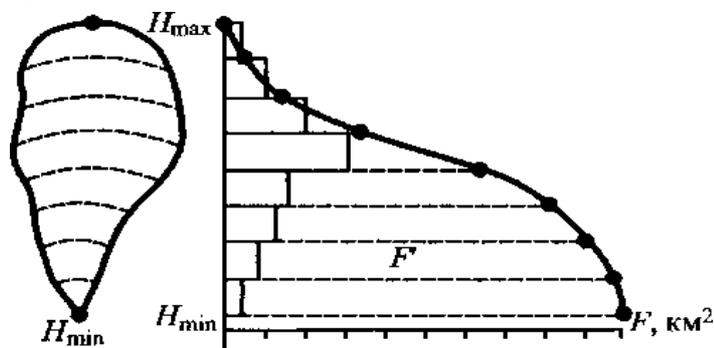


Рис. 16. Распределение площади бассейна по высотам и гипсографическая кривая

С помощью гипсографической кривой можно рассчитать такую важную характеристику, как *средняя высота бассейна*. Для этого площадь фигуры F' на рис. 16, ограниченной гипсографической кривой и осями координат, делят на площадь бассейна F .

Средний уклон поверхности бассейна определяют по формуле

$$i_{ср} = \frac{\Delta H}{F} \sum_{i=1}^{n-1} l_i \quad (34)$$

где l_i – длины горизонталей; ΔH – разность отметок смежных горизонталей (сечение рельефа); F – полная площадь бассейна; n – число высотных интервалов.

2. Физико-географические и геологические характеристики бассейна реки

К числу главных физико-географических и геологических характеристик речного бассейна относятся:

1. географическое положение бассейна на континенте, которое может быть выражено через удаленность (км) от океана, широту и долготу центра и крайних точек бассейна;
2. географическая зона (зоны) или высотные пояса;
3. геологическое строение, тектоника, физические и водные свойства подстилающих грунтов, гидрогеологические условия;
4. рельеф, который может быть охарактеризован количественно через среднюю высоту бассейна и средний уклон бассейна;

5. климат (характер циркуляции атмосферы, режим температуры и влажности воздуха, количество и режим атмосферных осадков, испарение);
6. почвенно-растительный покров, который можно охарактеризовать данными о доли площади бассейна (%), занятой лесами и почвами того или иного типа;
7. характер речной сети;
8. наличие и особенности других водных объектов – озер, болот, ледников (об озерности и болотистости речных бассейнов см. ниже).

Важнейшая особенность любого речного бассейна – это степень его преобразования хозяйственной деятельностью. При этом следует различать *искусственное преобразование поверхности бассейна* (сведение лесов, распашка земель и другие агролесотехнические мероприятия, оросительные и осушительные мелиорации) и *искусственное преобразование гидрографической сети бассейна и режима самих рек* (сооружение плотин и водохранилищ, каналов, шлюзов, осуществление других гидротехнических мероприятий в руслах рек, регулирование, изъятие и переброска стока и др.).

Такие характеристики бассейна, как его озерность, болотистость, лесистость и др., могут быть выражены количественно через соответствующие коэффициенты озерности $k_{оз}$, болотистости $k_{бол}$, лесистости $k_{лес}$, вычисляемые по формулам вида

$$k=f/F, \quad (35)$$

где f – площадь, занятая озерами (болотами, лесами, ледниками и т.д.); F – полная площадь бассейна; k – выражаются либо в долях единицы, либо в процентах.

3. Река и речная сеть

Совокупность водотоков (рек, ручьев, временных водотоков, каналов), водоемов (озер, водохранилищ) и особых водных объектов (болот, ледников) в пределах речного бассейна составляет *гидрографическую сеть бассейна*. Совокупность естественных и искусственных водотоков называют *руслевой сетью*.

Частью гидрографической (и руслевой) сети является *речная сеть*. Речную систему составляют *главная река*, впадающая в приемный водоем (океан, море, бессточное озеро), и все впадающие в нее *притоки* различного порядка. В качестве главной реки в разных случаях считают либо наиболее длинную реку в бассейне (Волга длиннее более полноводного притока Камы), либо наиболее многоводную реку (Миссисипи при слиянии с более длинной Миссури).

Длина реки L – это расстояние вдоль русла между истоком и устьем реки.

Исток – это место начала реки (выход из озера, болота, ледника, родника и т.д.). Так, например, Волга – крупнейшая река Европы – берет начало в болотах Валдайской возвышенности, и ее истоком считается родник, укрепленный деревянным срубом, у которого имеется надпись "Исток Волги". На первых километрах после истока Волга представляет собой небольшой ручей со слабым течением.

Устье реки – это место впадения реки в море, озеро, другую реку. Иногда река заканчивается там, где прекращается речной сток из-за потерь на испарение и инфильтрацию или в результате полного разбора воды на орошение. Такое место иногда называют *слепым устьем*.

Отношение длины участка реки L_i , к длине прямой l_i , соединяющей концы этого участка, называется *коэффициентом извилистости реки* на данном участке:

$$k_{\text{изв}i} = L_i / l_i \quad (36)$$

Коэффициент извилистости на отдельных участках рек изменяется от 1 до 2–3, а иногда и больше.

Между длиной реки L (км) и площадью бассейна F (км²) имеется определенная связь, близкая к квадратичной: $L \sim \sqrt{F}$. Например, для рек бывшего СССР получена такая осредненная эмпирическая зависимость:

$$L = 1,36F^{0,56} \quad (37)$$

Сумма длин всех рек в пределах бассейна или какой-либо территории дает *протяженность речной сети* ΣL_i . Отношение протяженности речной сети к площади бассейна характеризует *густоту речной сети бассейна* или *территории*:

$$d = \Sigma L_i / f, \quad (38)$$

имеющую размерность км/км². Здесь f – площадь рассматриваемой территории.

Густота речной сети в пределах равнинных территорий Европейской части России в целом уменьшается с севера на юг: в лесной зоне она составляет 0,4–0,6 км/км², в степной 0,2–0,3, на Прикаспийской низменности уменьшается до 0,05. На Кавказе с увеличением высоты местности густота речной сети возрастает до 0,8–1,0, а иногда и до 2 км/км².

Речная сеть по характеру рисунка может быть *древовидной* (или *центрической*), *прямоугольной*, *центростремительной* и др.

Речная сеть – это сложный результат тектонических и эрозионно-но-аккумулятивных процессов, движения ледников, крупномасштабных колебаний уровня океана и морей и т.д.

Многие реки на отдельных участках унаследовали свое направление от крупных разломов земной коры (Миссисипи, Лена и др.), другие изменяли свое направление в результате собственной эрозионно-аккумулятивной деятельности (низовья Хуанхэ, Амударьи), третьи изменяли свою русловую сеть, следуя за повышающимся или понижающимся уровнем бессточного озера, моря или океана (низовья Волги, Св. Лаврентия, Темзы и др.).

Продольный профиль реки

Продольный профиль реки – это график изменения отметок дна и водной поверхности вдоль русла. На горизонтальной оси графика откладывают расстояние по длине реки, на вертикальной – абсолютные или условные отметки дна (обычно по линии наибольших глубин) и уровня воды. Для продольных расстояний и высот обычно берут разные масштабы.

Разность отметок дна или водной поверхности реки на каком-либо ее участке называется *падением* (ΔH). Разность отметок истока и устья реки составляет *полное падение реки*.

Продольные профили рек могут быть *плавновогнутыми*, *прямолинейными*, *выпуклыми*, *ступенчатыми* (рис. 19, а). Характер продольного профиля определяется геологическим строением и рельефом речного бассейна, а также эрозионно-аккумулятивной деятельностью самого потока.

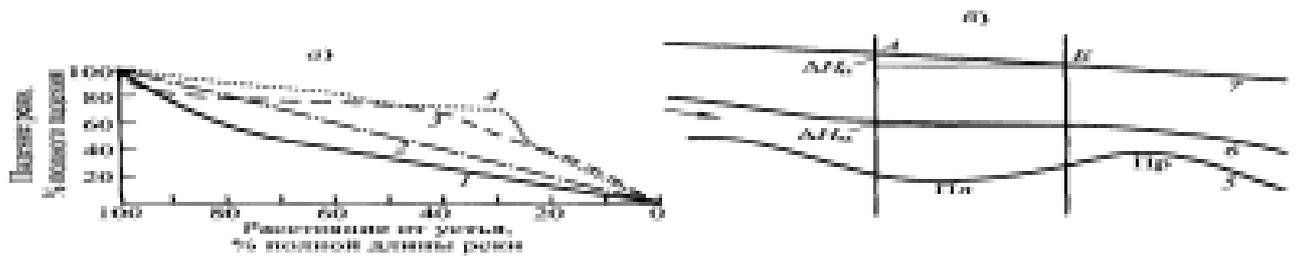


Рис. 19. Продольные профили реки (а) и ее участка (б)

1 – плавновогнутый (р. Вахш); 2 – прямолинейный (р. Зеравшан); 3 – выпуклый (р. Гунт); 4 – ступенчатый (р. Бартанг); 5 – дно реки; 6 – водная поверхность в межень; 7 – поверхность в половодье; ΔH_M – падение между створами А и Б в межень; ΔH_n – то же в половодье; Пл – плес; Пр - перекат

Перегибы продольного профиля обычно приурочены к местам впадения притоков, а также к *местным базисам эрозии*, в качестве которых могут быть главная река для притока, пороги, водопады, проточные озера, водохранилища и др. Уровень приемного водоема (океана, моря, бессточного озера), куда впадает река, называют *общим базисом эрозии*.

Для характеристики крутизны продольного профиля рек используют понятие *уклон реки* (отдельно для дна и водной поверхности). Уклон реки вычисляют по формуле

$$I = \Delta H_i / L_i \quad (41)$$

где ΔH_i – падение, L_i – длина реки на участке. Длину измеряют вдоль русла, и поэтому I представляет собой не тангенс, а синус угла наклона дна или водной поверхности к горизонту. Величина I для водной поверхности реки всегда положительна (исключения – лишь устья рек, подверженных действию приливов и нагонов), а для дна (в этом случае вместо I обычно пишут i_0) может на некоторых участках принимать и отрицательные значения, например в месте резкого уменьшения глубин на перекате. Уклон реки I – величина относительная, и ее выражают в долях единицы, %, ‰. Во многих случаях гидрологи используют также такое понятие, как падение на 1 км длины реки: величину падения уровня ΔH , выраженную в сантиметрах, делят на длину участка русла в километрах. Эту величину называют *километренным падением*.

4. Питание рек

Выделяют четыре вида питания рек: *дождевое, снеговое, ледниковое и подземное*.

Дождевое питание. Каждый дождь характеризуется слоем выпавших осадков (мм), продолжительностью (мин, ч, сут), интенсивностью выпадения (мм/мин, мм/ч) и площадью распространения (км²). В зависимости от этих характеристик дожди можно, например, подразделить на *ливни* и *обложные дожди*.

Чем больше интенсивность, площадь распространения и продолжительность дождя, тем больше (при прочих равных условиях) величина дождевого паводка. Чем меньше влажность воздуха и суше почва в период выпадения дождя, тем больше затраты воды на испарение и инфильтрацию и тем меньше величина дождевого стока. Таким образом, один и тот же дождь в зависимости от состояния подстилающей поверхности и влажности воздуха может быть в одних случаях стокообразующим, а в других – почти не давать стока.

Снеговое питание. В умеренных широтах основным источником питания рек служит вода, накапливающаяся в снежном покрове. Снег в зависимости от толщины снежного покрова и плотности может при таянии дать разный слой воды. Запасы воды в снеге (величину, очень важную для предсказания объема талого стока) определяют с помощью снегомерных съемок.

Запасы воды в снеге в бассейне зависят от величины зимних осадков, в свою очередь определяемой климатическими условиями.

Территорию, где происходит в данный момент таяние снега, называют *зоной одновременного снеготаяния*. Эта зона ограничена *фронтом таяния* (линией, отделяющей зону таяния от области, где таяние снега еще не началось) и *тылом таяния* (линией, отделяющей зону таяния от области, где снег уже сошел). Вся зона одновременного снеготаяния перемещается весной на равнинах в Северном полушарии с юга на север, а в горах – вверх по склонам. Скорость распространения

тыла таяния на равнинах обычно составляет 40–80 км/сут, иногда достигая 150–200 км/сут.

Подземное питание рек. Оно определяется характером взаимодействия подземных (грунтовых) и речных вод. Напомним, что направленность и интенсивность упомянутого взаимодействия зависят от взаимного положения уровня воды в реке, высоты водоупора и уровня грунтовых вод, в свою очередь зависящего от фазы водного режима реки и гидрогеологических условий.

Ледниковое питание. Это питание имеют лишь реки, вытекающие из районов с высокогорными ледниками и снежниками. Вклад ледникового питания в речной сток тем больше, чем больше доля общей площади бассейна, занятая ледниками.

5. Водный режим рек

Виды колебаний водности рек

Под *водным режимом рек* понимают закономерные изменения стока воды, скорости течения, уровней воды и уклонов водной поверхности, прежде всего во времени, но также и вдоль реки.

Изменения режима реки характеризуются прежде всего колебаниями ее водности. *Водность* – это количество воды, переносимое рекой за какой-либо интервал времени (месяц, сезон, год, ряд лет) в сравнении со средней многолетней величиной стока воды этой реки или со стоком в другие периоды.

От понятия "водность реки" следует отличать понятие "водоносность реки". *Водоносность* – это величина среднего многолетнего стока реки ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{км}^3/\text{год}$); это понятие используют для сравнения величины стока воды разных рек.

В водном режиме и водности рек выделяют прежде всего вековые, многолетние, внутригодовые (сезонные) и кратковременные колебания.

Многолетние колебания водности рек имеют в основном климатическую природу. Периодичность таких колебаний – десятки лет. О многолетних изменениях водности за последние 50–100 лет известно значительно больше, чем о вековых колебаниях. Данные непосредственных наблюдений свидетельствуют о том, что многолетним колебаниям подвержен и суммарный сток всех рек земного шара и сток отдельных рек.

При анализе многолетних колебаний водности рек следует различать *естественную* и *антропогенную изменчивость*. Первая из них обусловлена лишь климатическими факторами, вторая – искусственным изменением стока (забором вод на

хозяйственные нужды, безвозвратными потерями стока, сопутствующими преобразованию режима рек, например, после создания водохранилищ).

Наиболее показательны многолетние изменения стока воды Волги. Последние исследования показали, что в колебания водности Волги главный вклад вносит климатический фактор.

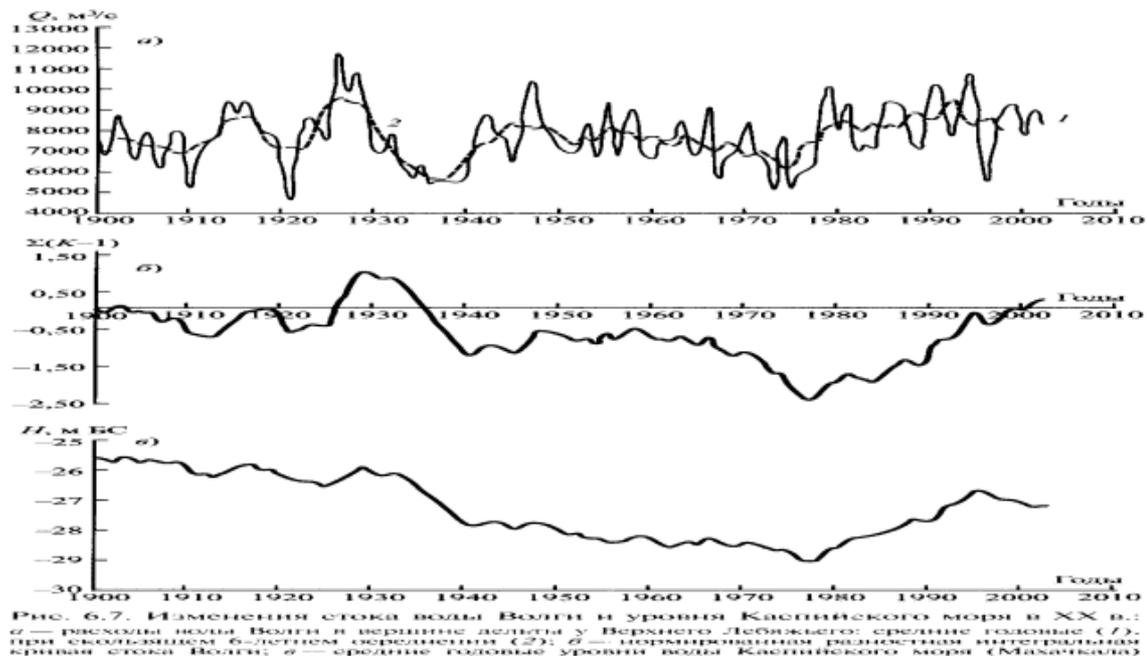


Рис. 6.7. Изменения стока воды Волги и уровня Каспийского моря в XX в.: а — расходы воды Волги в вершине дельты у Верхнего Лебяжьего: средние годовые (1), при скользящем 6-летнем осреднении (2); б — нормированная разностная интегральная кривая стока Волги; в — средние годовые уровни воды Каспийского моря (Магачкала)

Рис. 20. Изменения стока воды Волги в XX в.

Внутригодовые (сезонные) колебания водности рек обусловлены сезонными изменениями составляющих водного баланса речного бассейна

Кратковременные колебания водности рек могут быть прежде всего естественными и обусловленными как метеорологическими факторами (ливневые дожди, колебания температуры воздуха в ледниковых районах), так и геологическими процессами (спуск вод ледниковых озер в результате прорыва морен на реках с ледниковым питанием, запруживание рек в результате горных обвалов и др.).

Фазы водного режима рек. Половодье, паводки, межень

Во внутригодовом (сезонном) режиме рек выделяют ряд характерных периодов (фаз) в зависимости от изменения условий питания и особенностей водного режима. Для большинства рек мира различают следующие фазы водного режима: половодье, паводки, межень.

Половодье — это фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон и характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и продолжительным подъемом уровня воды.

Паводок — это фаза водного режима, которая может многократно повторяться в различные сезоны года и характеризуется интенсивным, обычно кратковременным увеличением расходов и уровней воды и вызывается дождями или снеготаянием во время оттепелей. В отдельных случаях расход воды паводка может превышать расход воды половодья, в особенности на малых реках

В половодья (как весеннее, так и летнее) часто происходит заливание речной поймы. За исключением катастрофических случаев заливание поймы — событие обычное,

регулярное и поэтому не может быть неожиданным для населения и хозяйства. Неожиданные дождевые паводки приводят нередко к катастрофическим последствиям.

Межень – это фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня и возникающая вследствие уменьшения питания реки. В межень реки обычно питаются только за счет подземных вод. Малые реки в летнюю межень могут даже пересыхать.

Речной сток и его составляющие

Сток в широком смысле – это главный элемент материкового звена глобального круговорота вещества и энергии. Сток включает поверхностную и подземную части. Поверхностный сток, в свою очередь, состоит из речного стока и стока льда покровных ледников.

Речной сток включает сток воды, сток наносов, сток растворенных веществ и сток теплоты.

Сток воды (водный сток) – это одновременно и процесс стекания воды в речных системах и характеристика количества стекающей воды. Сток воды – один из важнейших физико-географических и геологических факторов; изучение стока воды – главная задача гидрологии суши. Называть сток воды "жидким стоком" не рекомендуется.

Сток наносов – это процесс перемещения наносов в речных системах и характеристика количества перемещающихся в реках наносов. Сток наносов состоит из стока взвешенных наносов (наносов, переносимых в толще речного потока во взвешенном состоянии) и стока влекомых наносов (наносов, переносимых потоком по речному дну во влекомом состоянии). Сток наносов называть "твердым стоком" не рекомендуется.

Сток теплоты (тепловой сток) – это процесс переноса вместе с речными водами теплоты и его количественная характеристика.

Очевидно, что из перечисленных четырех составляющих речного стока главнейшая – сток воды, без которого невозможны и другие виды стока. Сток воды – процесс, определяющий все другие виды перемещения вещества и энергии в речных системах, их движущая сила.

Устойчивость речного русла

Устойчивость речного русла, т.е. степень его противодействия размыву, тем больше, чем меньше скорости течения и соответственно меньше размывающая способность потока и чем больше сопротивляемость русла размыву, которая определяется крупностью наносов, формирующих дно, связанностью наносов, слагающих берега, закрепляющим влиянием растительности на берегах, искусственными защитными мероприятиями и т.д.

Устойчивые русла характерны для рек, донные отложения которых представлены галечным, галечно-валунным и валунно-глыбовым материалом. Русловые деформации на таких реках крайне медленны и невелики по масштабу. Таковы русла рек Алдана, Верхней Лены, Верхнего Енисея, Ангары, Верхней Камы, Чусовой, Белой. Наименее устойчивы речные русла, сложенные мелкопесчаным материалом. К таким рекам относятся многие реки Средней Азии, например Амударья, с исключительно интенсивными русловыми деформациями. В некоторых случаях на таких реках наблюдается *дейгши* – быстрое разрушение берегов.

6. Термический и ледовый режим рек

Термический режим рек

Поскольку температура воды в реке, реагирует на метеорологические факторы (изменения радиационного баланса, температуры воздуха), основная причина *временных изменений* температуры воды в реке – метеорологическая.

В условиях умеренного климата наиболее типичны сезонные изменения температуры воды в реках (рис. 22). Зимой под ледяным покровом вода у поверхности реки имеет температуру около 0 °С. Весной в период повышения температуры воздуха и осенью в период ее понижения изменения температуры воды следуют с некоторым отставанием за изменениями температуры воздуха. Максимальная температура воды по величине меньше максимальной температуры воздуха (например, на реках Подмосковья эти температуры соответственно равны 22–24 и 28–30 °С) и наступает несколько позже максимальной температуры воздуха.

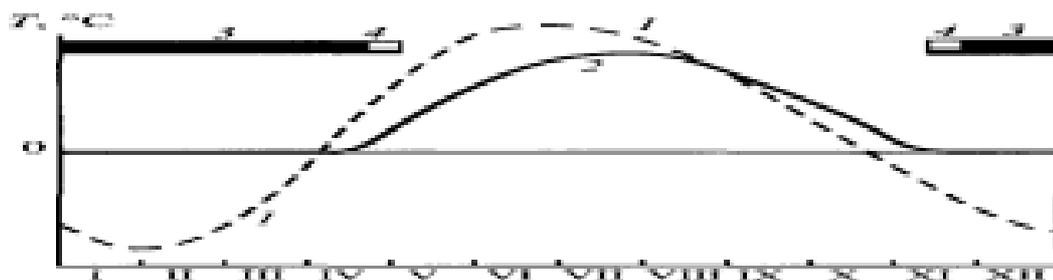


Рис. 22. Типичное изменение температуры воздуха (1) и воды (2) для рек умеренного климата

Помимо сезонных колебаний температура воды в реках испытывает и суточные изменения, которые также отстают от изменения температуры воздуха. Минимальная температура воды наблюдается обычно в утренние часы, максимальная – в 15–17 ч (максимум температуры воздуха обычно бывает на 1–2 ч раньше). На больших реках суточный ход температуры воды обычно не более 1–2 °С, на малых реках он может быть и выше. Суточные колебания температуры воды хорошо выражены на реках, берущих начало из ледников.

Температура речной воды имеет и *пространственные изменения*. Хорошо известно подчиняющееся широтной зональности изменение температуры воды вдоль крупных рек, текущих в меридиональном направлении. У таких рек наибольшее различие температуры воды вдоль реки отмечается в период нагревания. Нередко температура воды в реках заметно возрастает в местах сброса отработанных вод промышленными предприятиями и тепловыми электростанциями. В таких случаях говорят о "тепловом загрязнении" речных вод.

По ширине и глубине реки температура воды вследствие турбулентного перемешивания изменяется мало. Однако летом у дна температура немного ниже, чем на поверхности, а у берегов выше, чем в середине реки. Осенью у берегов температура воды оказывается немного ниже, чем в остальной части поперечного сечения потока.

Вместе с текущими водами реки переносят и теплоту. Количество теплоты, переносимой речными водами за какой-либо интервал времени, называется *тепловым стоком*. Его можно рассчитать по формуле

$$W_T = c_p \rho T W, \quad (42)$$

где W_T – тепловой сток, Дж, за интервал времени Δt ; c_p – удельная теплоемкость воды; ρ – ее плотность; T – средняя температура воды; W – сток воды (m^3) за тот же интервал времени Δt .

Ледовые явления

Все реки по характеру ледового режима делятся на три большие группы: замерзающие, с неустойчивым ледоставом, незамерзающие. Реки в условиях умеренного климата, как правило, зимой замерзают. На таких реках (наиболее интересных с точки зрения изучения ледового режима) выделяют три характерных периода: 1) замерзания, или осенних ледовых явлений; 2) ледостава; 3) вскрытия, или весенних ледовых явлений. Реки в условиях субтропиков замерзают очень редко, в условиях тропического климата – вообще никогда не замерзают.

Замерзание рек. Переход средней суточной температуры воздуха осенью через $0\text{ }^\circ\text{C}$ служит своеобразным "сигналом" приближающихся ледовых явлений (рис. 22). Через некоторое время и температура воды снижается до $0\text{ }^\circ\text{C}$, и начинаются *ледовые явления*.

Начальная фаза осенних ледовых явлений – *сало*, т.е. плывущие куски ледяной пленки, состоящей из кристалликов льда в виде тонких игл. Сало обычно плывет по реке в течение 3–8 дней. Почти одновременно у берегов, где скорости течения меньше, образуются *забереги* – узкие полосы неподвижного тонкого льда. По мере охлаждения всей толщи воды в ней начинает образовываться *внутриводный лед* – непрозрачная губчатая ледяная масса, состоящая из хаотически сросшихся кристалликов льда. Внутриводный лед, образующийся на неровностях речного дна, называют *донным льдом*. Скопления внутриводного льда в виде комьев на поверхности или в толще потока образуют *шугу*. Движение шуги по поверхности или в толще реки называется *шугоходом*. К шуге на поверхности реки иногда добавляется битый лед, отрывающийся от заберегов, и *снежура* – скопления только что выпавшего на воду снега.

По мере охлаждения воды начинается образование льда непосредственно на водной поверхности реки вдали от берегов. В процессе образования льдин участвуют скопления сала, шуги и снежуры. Начинается *осенний ледоход*. На больших реках он продолжается 10–12 дней, на малых – до 7 дней.

В период осеннего ледохода русло реки может оказаться забитым шугой и битым льдом. Закупорка русла этой ледяной массой называется *зажором*. Образование зазора сопровождается подъемом уровня воды на вышерасположенном участке реки. Иногда осенний ледоход сопровождается *затором*, т.е. закупоркой русла плывущими льдинами. Как и зазоры, заторы часто происходят на узких участках русла, в местах разделения реки на рукава (например, в дельтах Дуная и Северной Двины).

Ледостав. По мере увеличения числа плывущих льдин и их размера скорость движения ледяных полей уменьшается, и сначала в местах сужения русла, у островов, в мелких рукавах, а затем и на остальных участках русла ледяные поля останавливаются и смерзаются. Этому могут способствовать и заторы. Образуется сплошной ледяной покров – *ледостав* (говорят, что "река стала"). Для малых рек характерно образование ледостава без ледохода – путем расширения и смерзания заберегов.

Некоторые участки реки могут в течение долгого времени, иногда в течение всей зимы, не замерзать. Такие участки называют *польньями*; они часто бывают в местах с повышенными скоростями течения, например на порогах и быстринах.

Вскрытие рек. С наступлением весны ледяной покров на реках начинает разрушаться. На этот процесс влияют солнечная радиация, поступление теплоты из воздуха и с теплыми водами, механическое воздействие текущей талой воды.

Сначала тает снег на льду, затем начинаются небольшие (в несколько метров) смещения ледяных полей – *подвижки*, а затем ослабленный ледяной покров разбивается на отдельные льдины и начинается *весенний ледоход*.

Более бурно происходит вскрытие на реках, текущих с юга на север.

Заторы во время весеннего ледохода часто приводят к значительному повышению уровней воды и даже к наводнениям. Во время затора в районе г. Ленска весной 2001 г. было затоплено 90 % площади города, разрушено более 3300 домов, 6 человек погибло. На Лене нередки очень мощные и разрушительные заторы. Протяженность скоплений льда в местах заторов достигает 50–100 км, а высота подъема уровня воды во время заторов может превышать зимний уровень на 15–17 м.

Разрушение затора (как естественное под влиянием напора талых вод или весеннего тепла, так и искусственное, с применением ледоколов или взрывов) часто приводит к образованию *наводочной волны*.

На малых реках ледяной покров часто тает на месте и весеннего ледохода не происходит.

1.5 Лекция № 6 (2 часа)

Тема: «Гидрология озер»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Озера и их распространение
2. Типы озер
3. Основные особенности гидрохимических и гидробиологических условий.

Донные отложения озер

4. Гидробиологические характеристики озер

1.5.2. Краткое содержание вопросов:

1. Озера и их распространение

Озеро – естественный водоем суши с замедленным водообменом. Как правило, озера обладают выработанными под воздействием *ветрового волнения берегами*. *Озера не имеют прямой связи с океаном. Для образования озера необходимы два неперенных условия – наличие естественной котловины, т.е. замкнутого понижения земной поверхности, и находящегося в этой котловине определенного объема воды.*

Озера распространены на поверхности суши повсеместно. Наибольшая озерность (отношение площади озер к общей площади суши) характерна для увлажненных районов древнего оледенения (север Европы, Канада, север США). Много озер в районах многолетней мерзлоты, в некоторых засушливых районах внутреннего стока (юг Западной Сибири, Северный Казахстан), на поймах и в дельтах рек.

Озерность Финляндии составляет 9,4 %, Швеции – 8,6 %. В России озер больше всего на Кольском полуострове (6,3 % территории), в Карелии и на Северо-Западе Европейской части (5,4 %), в Западно-Сибирской низменности (4,3 %). Озерность всей России около 2,1 %.

В пресных озерах России сосредоточено 26 500 км³ воды; причем только в восьми крупнейших пресных озерах (Байкал, Ладожское, Онежское, Чудское с Псковским, Таймыр, Ханка, Белое) находится 24250 км³ воды (91,5 %). На долю Байкала приходится 86,8 % запасов пресных вод в озерах России и более 25 % запасов вод во всех пресных озерах мира. Байкалу по запасу пресной воды уступают все озера Земли, в том числе Танганьика – 21 % и Верхнее – 13 % объема воды в пресных озерах планеты.

2. Типы озер

Озера подразделяют по размеру, степени постоянства, географическому положению, происхождению котловины, характеру водообмена, структуре водного баланса, термическому режиму, минерализации вод, условиям питания водных организмов и др.

По размеру озера подразделяют на *очень большие* площадью свыше 1000 км², *большие* – площадью от 101 до 1000 км², *средние* – площадью от 10 до 100 км² и *малые* – площадью менее 10 км².

По степени постоянства озера делят на *постоянные* и *временные* (эфемерные).

По географическому положению озера подразделяют на *интразональные*, которые находятся в той же географической (ландшафтной) зоне, что и водосбор озера, и *полизональные*, водосбор которых расположен в нескольких географических зонах.

По происхождению озерные котловины могут быть тектонические, вулканические, метеоритные, ледниковые, карстовые, термокарстовые, суффозионные, речные, морские, эоловые, органогенные. Такое же название дают и озерам, находящимся в этих котловинах.

Тектонические котловины располагаются в крупных тектонических прогибах на равнинах (озера Ладожское, Онежское, Ильмень, Верхнее и др.)

Вулканические котловины расположены либо в кратерах потухших вулканов (некоторые озера в Италии, на о. Ява, в Японии и т.д.), либо образовались вследствие подпруживания рек продуктами вулканизма – лавой, обломками породы, пеплом (оз. Кроноцкое на Камчатке или оз. Киву в Африке).

Метеоритные котловины возникли в результате падения метеоритов (оз. Каали в Эстонии).

Ледниковые котловины образовались в результате деятельности современных или древних ледников. Ледниковые озерные котловины подразделяют на *натроговые*, связанные с "выпахивающей" работой ледников (оз. Женевское, многие озера в Скандинавии, в Карелии,); *каровые*, расположенные в карах (горные озера в Альпах, на Кавказе); *моренные*, сформировавшиеся среди моренных отложений.

Особую категорию ледниковых озер составляют еще мало изученные озера, расположенные в районах покровного оледенения, например в Антарктиде. В Антарктиде в последние десятилетия открыто и обследовано огромное количество больших и малых озер.

Карстовые котловины образуются в районах залегания известняков, доломитов и гипсов в результате химического растворения этих пород поверхностными и в особенности подземными водами. Таких озер много на Урале, Кавказе, в Крыму.

Термокарстовые котловины образуются в районах распространения многолетнемерзлых грунтов в результате их протаивания и сопутствующей просадки грунта (небольшие озера в тундре и тайге).

Суффозионные котловины возникают в результате просадок, вызванных вымыванием подземными водами из грунта мелких частиц и цементирующих веществ (такие небольшого размера озера характерны для степных и лесостепных районов, например на юге Западной Сибири).

Котловины речного происхождения связаны с эрозионной и аккумулятивной деятельностью рек.

Котловины морского происхождения связаны либо с подпорным влиянием моря (лиманы, образовавшиеся в результате затопления речных долин после повышения уровня моря), либо с отчленением от берега аккумулятивными косами и барами небольших морских акваторий (лагуны).

Эоловые котловины образуются в понижениях между песчаными дюнами и превращаются в озера в результате затопления их речными или морскими водами. Эоловые озера встречаются вблизи морских берегов, в дельтах рек (например, Волги, Или, Дуная).

Органогенные котловины формируются в болотах, а возникающие при этом водоемы называют болотными озерами и озерками.

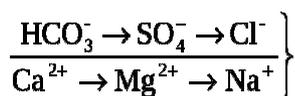
По характеру водообмена озера подразделяют на сточные и бессточные. Частным случаем сточных озер являются проточные озера, через которые осуществляется транзитный сток реки; к таким водоемам относятся озера Чудское с Псковским.

3. Основные особенности гидрохимических и гидробиологических условий. Донные отложения озер

Классификация озер по минерализации. В соответствии с общей классификацией природных вод по минерализации озера могут быть подразделены на *пресные* (или пресноводные) с соленостью менее 1 ‰, *солончатые* с соленостью от 1 до 25 ‰, *солёные* с соленостью 25–50 ‰ (озера с морской соленостью). Озера последней группы иногда называют *соляными*. Воду в озерах с соленостью более 50 ‰ называют рассолом. Озера с соленостью воды выше, чем в океане (35 ‰), иногда называют минеральными.

Наименьшую минерализацию имеют озера зоны избыточного и достаточного увлажнения. Минерализация вод в озерах Байкал, Онежское, Ладожское менее 100 мг/л. В зоне недостаточного увлажнения минерализация озерной воды выше. В Севане соленость воды около 0,7, Балхаше 1,2–4,6, Иссык-Куле 5–8, в Каспийском море 11–13 ‰. Наибольшую минерализацию озера имеют в условиях засушливого климата. В Мертвом море в поверхностном слое соленость воды 262, в придонном – 287 ‰, в Большом Солёном озере в США соленость воды 266 ‰, в зал. Кара-Богаз-Гол Каспийского моря – 291 ‰.

Химический состав озерных вод. От менее засушливых районов к более засушливым увеличивается минерализация воды озер; в этом же направлении происходит трансформация основного химического состава вод (содержания анионов и катионов): воды из гидрокарбонатного класса переходят в сульфатный и хлоридный и из кальциевой группы в магниевую и натриевую по следующей схеме:



В воде озер тундры преобладают ионы HCO_3^- , в озерах лесной зоны – HCO_3^- и Ca^{2+} , в озерах степной зоны – SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ и K^+ , в озерах пустыни – Cl^- и Na^+ (вода таких озер приближается по своему составу к океанической).

В некоторых соляных озерах вода представляет собой *рассол*, или *рапу*, содержащую соли в состоянии, близком к насыщению. Если такое насыщение достигнуто, то начинается осаждение солей, и озеро превращается в *самосадочное*. Самосадочные озера подразделяются на карбонатные, сульфатные, хлоридные. В первых из них осаждаются карбонаты, например сода $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (примером могут служить содовые озера в Кулун-динской степи). Во вторых осаждаются сульфаты, например мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и эпсомит $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (залив Кара-Богаз-Гол Каспийского моря). В третьих осаждаются хлориды, например галит (поваренная соль) NaCl (оз. Баскунчак).

Помимо растворенных солей вода озер содержит биогенные вещества (соединения азота N, фосфора P, кремния Si, железа Fe и др.); растворенные газы (кислород O_2 , азот N_2 , диоксид углерода CO_2 , сероводород H_2S и др.); органические вещества.

Биогенные вещества в озерной воде необходимы для жизнедеятельности водных организмов, однако их избыток приводит к ухудшению качества воды в озерах.

4. Гидробиологические характеристики озер

Как и другие водные объекты, озера населены водными организмами (гидробионтами). По условиям питания водных организмов (трофическим условиям) озера подразделяются на *олиготрофные* (глубокие озера Байкал, Иссык-Куль, Телецкое и др. с малым количеством питательных веществ и малой продукцией органического вещества); *эвтрофные* (озера с большим поступлением питательных веществ, большим содержанием органического вещества, продуцирование которого ведет к пересыщению кислородом в поверхностном слое воды, а разложение – к недостатку кислорода); *дистрофные* (озера, содержащие в воде настолько избыточное количество органического вещества, что продукты его неполного окисления становятся вредными для жизнедеятельности организмов, как, например, в некоторых заболоченных районах); *мезотрофные* (озера со средними трофическими условиями).

Естественная эволюция небольших по размеру озер в условиях холодного и умеренного климата идет по следующей схеме: олиготрофные → мезотрофные → эвтрофные → дистрофные озера → болота.

Существенное влияние на эвтрофирование озер оказывает хозяйственная деятельность – сброс загрязненных вод, богатых соединениями фосфора и азота (коммунальные, сельскохозяйственные и промышленные стоки, возвратные воды орошения и т. д.). Наиболее подвержены антропогенному эвтрофированию малые озера, расположенные в густонаселенных районах.

Видовой состав бентоса – высших водных растений (макрофитов), моллюсков и других – изменяется с увеличением глубины вдоль подводного склона. Для озер в условиях умеренного климата довольно типично, например, следующее "тяготение" некоторых видов водной растительности к глубинам: осока растет на берегу и на глубинах, не превышающих 10–20 см, тростник растет до глубины около 1 м, камыш – 2,

кувшинки – 2,5, рдест – около 3 м (рис. 24). По мере накопления донных отложений и повышения дна озера в этом же направлении вдоль склона идет и зарастание озера. Количество планктона к центральной части озера обычно уменьшается.

Для озер в условиях умеренного климата характерны также внутригодовые изменения гидробиологических процессов. Повышение температуры воздуха и воды в весенний период приводит к началу вегетации макрофитов, а в водной толще – к развитию фитопланктона (первому "цветению" воды).

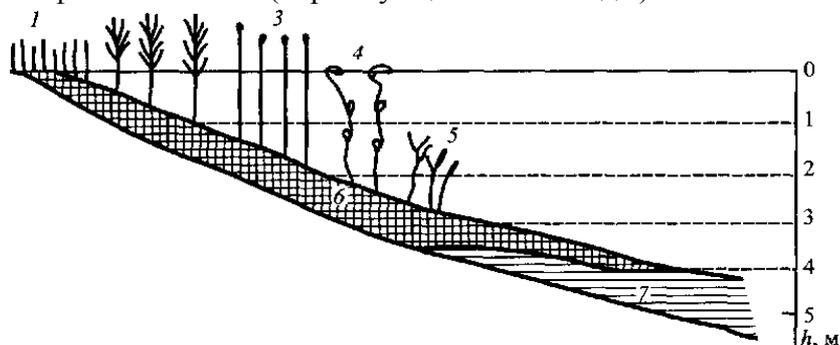


Рис. 24. Схема размещения растительности в прибрежной части озера и зарастания озера:

1 —осока; 2— тростник; 3— камыш; 4 — кувшинки; 5— рдест; 6 — торф; 7— сапропель

Во второй половине лета при максимальной температуре воды наступает новый период бурного развития фитопланктона и второе "цветение" воды. Вслед за развитием фитопланктона происходит и увеличение количества зоопланктона. В летнее время активно развивается и бентос. С понижением температуры воздуха и воды осенью начинают отмирать макрофиты, сокращается биомасса озера. Испытывают сезонный цикл жизнедеятельности и рыбы, у которых нерест происходит обычно весной и летом; зимой многие рыбы впадают в так называемое холодное оцепенение.

1.6 Лекция №7 (2 часа)

Тема: «Гидрология водохранилищ»

1.6.1. Вопросы лекции:

1. Понятие водохранилищ. Основные характеристики .
2. Влияние водохранилищ на речной сток и окружающую природную среду

1.6.2. Краткое содержание вопросов:

1. Понятие водохранилищ. Основные характеристики .

Водохранилище – это искусственный водоем, созданный для накопления и последующего использования воды и регулирования стока.

В настоящее время на земном шаре создано более 30 тыс. водохранилищ, ежегодно вновь открывается около 500 новых водохранилищ. Общая площадь всех водохранилищ мира около 400 тыс. км², суммарный объем – 6 тыс. км³.

Сооружение водохранилищ – это решение неравномерного естественного распределения водных ресурсов в пространстве и особенно во времени, их создание имеет единственную цель – удовлетворение потребностей человек в воде и защиту его от водной

стихии. Накопленную в водохранилищах воду используют для орошения и обводнения земель, водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий, санитарных промывок речных русел, улучшения судоходных условий ниже по течению в маловодный период года и т.д. С помощью водохранилищ регулируют речной сток для гидроэнергетики, с целью предотвращения наводнений. Водоемы используют для рыбного хозяйства, водного транспорта, рекреационных целей.

Приблизительно 95% объема всех водохранилищ мира сосредоточено в крупных водоемах с полным объемом более $0,1 \text{ км}^3$. Большинство из этих водохранилищ расположено в Северной Америке (около 36 %), Азии (26%) и Европе (21%). На территории России около 240 водохранилищ, организованных в крупных водоемах. Самые крупные по объему водохранилища России – Братское (169 км^3), Красноярское ($73,3 \text{ км}^3$) и Зейское ($68,4 \text{ км}^3$), по площади – Куйбышевское (объем – 58 км^3 , площадь 5900 км^2) и Рыбинское (объем – $25,4 \text{ км}^3$, площадь 4550 км^2).

Гидрологический режим водохранилищ управляется человеком, который выбирает заранее нужные параметры водоема и технические приемы его эксплуатации. Вместе с тем искусственно созданные водоемы начинают участвовать в круговороте воды в речных системах, оказываются под влиянием комплекса природных факторов и подчиняются закономерностям, свойственным естественным водным объектам – рекам и особенно озерам.

Водоохранилища могут быть подразделены на типы по характеру ложа, способу его заполнения водой, географическому положению, месту в речном бассейне, характеру регулирования стока.

По морфологии ложа водохранилища делятся на *надолинные* и *котлованные*.

К *долинным* относятся водохранилища, ложем которых служит часть речной долины. Главный признак таких водоемов – наличие уклона дна и увеличение глубин от верхней части водоема к плотине. Долинные водохранилища подразделяются на *нарусловые* (находящиеся в пределах русла и низкой поймы реки) и *пойменно-долинные* (кроме русла затоплена высокая пойма и иногда участки надпойменных террас).

К *котловинным* водохранилищам относятся подпруженные (зарегулированные) озера и водохранилища, расположенные в изолированных низинах и впадинах, в отгороженных от моря заливах, лиманах, лагунах, а также в искусственных выемках. Небольшие водохранилища площадью менее 1 км^2 называют *прудами*.

По способу заполнения водой водохранилища бывают *запрудные*, когда их наполняет вода водотока, на котором они расположены, и *наливные*, когда вода в них подается из рядом расположенного водотока или водоема.

По географическому положению водохранилища делят на *нагорные* (сооружают на горных реках, обычно очень узкие и глубокие, имеют напор, т.е. величину повышения уровня в реке в результате сооружения плотины до 300 м и более), *предгорные* (высота напора – 50 – 100 м), *равнинные* (обычно широкие и мелкие, высота напора не более 30 м) и *приморские* (сооружают в морских заливах, лиманах, лагунах, имеют небольшой напор – до нескольких метров).

По месту в речном бассейне водохранилища могут быть подразделены на *верховые* и *низовые*. Система водохранилищ на реке называется *каскадом*.

По степени регулирования речного стока водохранилища могут быть *многолетнего, сезонного, недельного* и *суточного* регулирования. Характер

регулирования стока определяется назначением водохранилища и соотношением полезного объема водохранилища и величины стока воды реки.

Для характеристики морфологии и морфометрии водохранилищ применимы те же показатели, что и для озер. Наиболее важными являются *площадь поверхности водохранилища* *и объем V* .

Водный баланс водохранилищ аналогичен водному балансу озер. Характерной чертой структуры водного баланса водохранилищ является преобладание притока речных вод в приходной и преобладание стока вод в расходной части уравнения водного баланса. На долю осадков в большинстве случаев приходится лишь 2 – 3 % прихода вод, на долю испарения – обычно не более 10 % расхода вод.

2. Влияние водохранилищ на речной сток и окружающую природную среду

Так же как и озера, водохранилища замедляют водообмен в гидрографической сети речных бассейнов. Сооружение водохранилищ привело к увеличению объема суши приблизительно на 6 тыс. км³ и замедлению водообмена приблизительно в 5 раз.

Уменьшение водообмена, вызванное сооружением водохранилищ, привело также к уменьшению скорости течения в речных системах и к уменьшению способности рек к самоочищению; к увеличению времени контакта речных вод с дном и берегами, что также, отрицательно влияет на качество воды; к уменьшению теплового стока рек, так как сброс в нижний бьеф осуществляется чаще через придонные отверстия в плотине, а глубоким водохранилищам свойственно уменьшение температуры воды с глубиной.

Сооружение водохранилищ всегда ведет к уменьшению как стока воды вследствие дополнительных потерь на испарение с поверхности водоема, так и стока наносов, биогенных и органических веществ вследствие их накопления в водоеме.

Как и озера, водохранилища оказывают заметное воздействие на природные условия сопредельных территорий. Сооружение крупных водохранилищ приводит к затоплению и подтоплению земель, повышению уровня грунтовых вод, способствующих заболачиванию земель, изменению микроклиматических условий (выравниванию внутригодовых колебаний температуры воздуха, усилению ветра, некоторому увеличению влажности воздуха и атмосферных осадков), волновому размыву берегов. Наиболее существенное негативное последствие сооружения водохранилищ – это потеря земель при их затоплении.

После сооружения водохранилища изменяется почвенно-растительный покров на затопленных и подтопленных землях. Влияние водохранилищ распространяется на сопредельную территорию. Приблизительно равную по площади самому водохранилищу. Кроме того, в результате сооружения водохранилищ часто ухудшаются условия прохода на нерест многих пород рыб; нередко ухудшается качество воды вследствие возникновения в некоторые периоды года дефицита кислорода в придонных слоях, накопления солей и биогенных веществ, «цветения воды».

1.7. Лекция №8 (2 часа)

Тема: «Гидрология морей и океанов»

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Мировой океан и его части
2. Водный баланс Мирового океана

3. Тепловой баланс Мирового океана
4. Морские течения

1.7.2 Краткое содержание вопросов

1. Мировой океан и его части

Мировым океаном называется непрерывная водная оболочка земного шара, над которой выступают элементы суши — материки и острова и которая обладает единством, т. е. взаимосвязанностью частей и общностью солевого состава.

Мировой океан покрывает почти 3/4 поверхности Земли (361 млн. км², или 71%) и содержит около 96,5% (1,34 млрд. км³) вод всей гидросферы.

Часть Мирового океана, расположенная между материками, обладающая большими размерами, самостоятельной системой циркуляции вод и атмосферы, существенными особенностями гидрологического режима, называется океаном. Иногда океан подразделяют на «океанические бассейны», но общепринято в океане выделять моря, заливы и проливы.

Море — это сравнительно небольшая часть океана, вдающаяся в сушу или обособленная от других его частей берегами материков, полуостровов и островов. Море обладает геологическими, гидрологическими и другими Чертами, существенно отличающимися от соответствующих черт океана.

Из приведенных определений видно, что особенности гидрологического режима — это существенный квалификационный признак отдельных частей Мирового океана. Гидрологические процессы в океанах и морях, кроме того, - важнейшая часть природных процессов, происходящих в этих водных объектах, важное условие и хозяйственного использования.

Мировой океан подразделяется на океаны: Тихий, Атлантический, Индийский и Северный Ледовитый. Самый большой по площади и объему вод и самый глубокий (и по средней, и по предельной глубине) — Тихий океан, который иногда называют «Великим» (Табл. 1). Наибольшая его глубина (и в Мировом океане в целом) 11022 м; она измерена экспедицией на советском исследовательском судне «Витязь» в 1957 г. в Марианском желобе.

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики океанов

Характеристики	Океаны				
	Атлантический	Индийский	Северный Ледовитый	Тихий	Мировой
Площадь поверхности, млн. км ²	91,66	76,17	14,75	178,68	361,26
Объем, млн. км ³	329,66	282,65	18,07	710,36	1340,74
Средняя глубина, м	3597	3711	1225	3976	3711
Наибольшая глубина, м	8742	7209	5527	11022	11022

Части океанов — моря — подразделяют по расположению относительно суши на *внутренние* (внутриматериковые и межматериковые), *окраинные* и *межостровные*.

Внутренние моря имеют затрудненную связь с океаном через сравнительно узкие проливы, поэтому их гидрологический режим существенно отличается от гидрологического режима прилегающих районов океана. Разделение внутренних морей на два типа ясно из самого их названия. Межматериковые моря расположены между различными материками. Пример такого моря — Средиземное. Внутриматериковые моря находятся внутри одного какого-нибудь материка. К морям этого типа относятся моря Азовское, Балтийское, Белое.

Окраинные моря отделяются от океана островами или вдаются в материк и имеют относительно свободную связь с океаном, поэтому гидрологический режим этих морей имеет большое сходство с режимом смежных районов открытого океана. К числу окраинных морей относятся моря Баренцево, Чукотское и др.

Межостровные моря расположены среди крупных островов или архипелагов, например море Фиджи или Банда.

В океанах и морях выделяются также отдельные их части и районы, отличающиеся очертаниями, морфологией дна и гидрологическим режимом. Это *заливы, бухты, лиманы, лагуны, фиорды, проливы*.

Залив — часть океана или моря, вдающаяся в сушу и слабо обособленная от открытого океана или моря. Вследствие этого залив по режиму мало отличается от прилегающего района океана или моря. В виде примеров можно назвать заливы Бискайский и Гвинейский в Атлантическом океане, Аляска в Тихом океане, Бенгальский в Индийском океане.

Вследствие упомянутой выше нечеткости терминологии на карте можно заметить некоторые противоречия. Так, например, заливы Персидский, Гудзонов следует отнести к морям, море Бофорта правильнее считать заливом. Но традиционные названия очень прочно укрепились и в науке, и в практике.

Бухта — небольшой залив, сильно отчлененный мысами или островами от основного водоема (т. е. океана или моря), обычно хорошо защищенный от ветров и часто используемый для устройства портов. Каждая бухта обладает особым гидрологическим режимом. Примерами таких водных объектов могут служить Цемесская бухта в Черном море (Новороссийский порт), Золотой Рог в Японском море (Владивостокский порт), Находка (в том же районе).

Лиман — залив, отделенный от моря песчаной косой (пересыпью), в которой есть узкий пролив, соединяющий лиман с морем. Обычно лиман — это затопленная часть ближайшего к морю участка речной долины (например, Днепровский, Днестровский лиманы на побережье Черного моря). На гидрологический режим лиманов может сильно влиять впадающая в него река. Эти водные объекты иногда относят к озерам, чаще, что, по-видимому, наиболее правильно, к устьевым областям рек.

Губа — распространенное на севере нашей страны название залива, глубоко вдающегося в сушу, а также обширного залива, в который впадает река (Чешская в Баренцевом море, Обская в Карском). Эти акватории также целесообразно относить к устьевым областям рек.

Узкий и глубокий морской залив с высокими берегами (обычно ложе древнего ледника) называется *фиордом* (например, Согне-фиорд в Норвежском море).

Пролив — водное пространство, которое разделяет два участка суши и соединяет отдельные океаны и моря или их части. Например: Берингов пролив, соединяющий Тихий и Северный Ледовитый океаны (и разделяющий Азию и Америку), Гибралтарский, соединяющий Средиземное море с Атлантическим океаном (и разделяющий Европу и Африку), Лаперуза между островами Сахалин и Хоккайдо, соединяющий Охотское и Японское моря. Шириной пролива считают расстояние между разделенными водой участками суши, длиной пролива — расстояние между основными водными объектами (между входным и выходным створами). Проливы бывают весьма разнообразными, они играют очень важную роль в формировании гидрологического режима в соединяемых ими водоемах и сами по себе представляют важный объект изучения. В океанологии сформировалось особое направление — учение о проливах.

Происхождение ложа океана

Установлено, что главный источник всей воды на Земле — дегазация вещества мантии Земли. Однако вопрос о происхождении ложа океана до сих пор не решен. Все гипотезы происхождения океанов пытаются объяснить весьма различные свойства земной коры под океанами и под материками. Под материками земная кора имеет большую толщину — до 100—120 км, а в среднем 30—40 км. Под океанами земная кора значительно тоньше (5—10 км), и ее подошва лежит выше, чем под материками. На дне океанов осадочная толща значительно меньше — всего 100—1000 м. Гранитный слой отсутствует, а ложе океанов, подстилающее осадочную толщу, сложено только базальтами особого, океанского типа. Общая толщина земной коры под океаном несколько больше 6 км, т. е. раз в пять меньше, чем под материками.

Рельеф дна Мирового океана

В первых представлениях ученых о характере рельефа дна океана ложе океана, в противоположность рельефу суши, рисовалось как ровная, плоская поверхность, не имеющая ни гор, ни впадин. С развитием исследований океана, а в особенности с широким использованием эхолота в середине 20-го столетия взгляды коренным образом изменились. В настоящее время рельеф дна океана изучен довольно подробно и предстает перед нами не менее сложным, чем рельеф суши.

Общее, осредненное понятие о распределении на Земле высот на континентах и глубин дна океана дает гипсографическая кривая (для дна океана — батиграфическая кривая).

На гипсографической кривой хорошо выделяются: на суше — высокие горы, занимающие малую площадь, и равнины, площадь которых на суше преобладает; в океане — прилегающая к берегу моря небольшая по площади мелководная часть, обширное ложе океана со средними глубинами и очень малые по площади участки очень больших глубин. С помощью батиграфической кривой можно выделить главные элементы рельефа дна океана:

1. подводная окраина материков (22% площади дна), включающая шельф, или материковую отмель (0—200 м), материковый склон (200—2000 м) и материковое подножие (2000—2500 м);

2. ложе океана (2500—6000 м), занимающее почти всю остальную площадь дна, за исключением особого вида рельефа — океанических желобов;

3) океанические желоба (глубже 6000 м), занимающие всего лишь 1,3% площади дна.

Материковая отмель(шельф) — верхняя, мелководная часть подводной окраины материков (с глубинами в среднем до 200 м, иногда до 400 м). Шельф окаймляет материки и острова. Наибольшая ширина шельфа вдоль северных берегов Евразии, где его внешняя граница уходит в Северный Ледовитый океан на сотни километров. Велика его ширина и в Атлантическом океане вдоль берегов Европы и Северной Америки, а также у берегов Патагонии. Наименьшая ширина шельфа в Тихом океане вдоль западных берегов Северной и Южной Америки. Шельф занимает около 40% площади подводных окраин материков. Остальную, большую часть составляют материковый склон и материковое подножие.

Материковый склон распространяется от внешней границы шельфа и иногда до глубин 3,5 км. Это как бы боковая грань материковой глыбы. Материковый склон имеет большие уклоны (в среднем 4—7°, иногда до 30°). На некоторых участках океана материковый склон прорезан глубокими подводными каньонами. Полагают, что часть каньонов — результат тектонических процессов, большинство — следствие воздействия так называемых «мутъевых», или суспензионных потоков, как бы «пропиливающих» склон. Некоторые каньоны представляют собой затопленные долины и русла крупных рек.

Материковое подножие занимает пространство с глубинами кое-где до 4000 м. Здесь встречаются конусы выноса упомянутых выше каньонов (их называют «глубоководными конусами выноса»). А в целом это как бы шлейф осадков, накопленных у материкового склона, подобный шлейфам, образующимся у подножия гор на континентах.

За подножием в сторону океана (на глубинах более 4000— 4500 м) располагается *ложе океана*, которое по рельефу весьма неоднородно. На ложе океана выделяются как положительные, так и отрицательные формы рельефа. К положительным формам относятся: срединно-океанические хребты, подводные плато, отдельные подводные горы — гайоты (в том числе подводные вулканы). К отрицательным формам рельефа дна океана относятся котловины, ложбины и океанические желоба (глубиной более 6000 м).

Океанические глубоководные желоба — узкие и длинные, в плане обычно дугообразные депрессии, располагающиеся вдоль внешнего края островных дуг, а также некоторых материков. Ширина желобов от 1—3 км до нескольких десятков километров, а длина — сотни километров. Хотя океанические желоба и занимают очень малую долю площади дна в океане, они представляют собой очень своеобразный объект дна, привлекающий внимание не только геологов, но и гидрологов, так как в этих желобах создаются совершенно особые условия для развития гидрологических и биологических процессов.

На дне океана выделяют также рифтовые долины, трансформные разломы и другие элементы геотектонической структуры земной коры. К подобным образованиям относятся также островные дуги, как, например, Курильская, Марианская, Малая Антильская и др.

Донные отложения

Как уже говорилось, в морской воде находится много примесей: растворенных веществ, коллоидов, взвесей, живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Эти примеси в океане, как в гигантском отстойнике, постепенно осаждаются на дно и

формируют донные отложения, или донные осадки. Самый верхний слой этих осадков образует грунт дна, поверхностный слой литосферы под океаном.

В соответствии с характером исходного материала, из которого образуются донные отложения, они подразделяются на два основных типа: *терригенные* и *органогенные*, или биогенные. Такое деление в большой степени условно, так как в природе отложения обоих типов не локализованы строго и отнесение грунта к одному или другому типу определяется степенью преобладания органогенных или терригенных осадков.

К *терригенным* отложениям относятся продукты размыва суши — взвешенные наносы, выносимые реками, а также продукты разрушения берегов океана (абразии). Эти отложения занимают ближайšie к суше пространства дна — приблизительно одну четверть всей площади дна.

Органогенные отложения формируются из остатков отмерших планктонных организмов, живущих в воде (скелеты, раковинки, створки клеток фитопланктона).

В состав донных отложений входят также (в небольших количествах) *эоловые* (приносимые ветрами с суши), *пирокластические* (вулканогенные), *хемогенные* (различные конкреции) и *космические* материалы, попадающие в океан из космического пространства в виде пыли и магнитных шариков.

Ежегодно реки приносят в Мировой океан около 16 млрд. т осадков; ветры, как и вулканы, около 2 млрд. т, абразия берегов, как и айсберги, около 1 млрд. т, космический материал составляет всего 10 млн. т в год. Всего же, если учесть еще и биогенный и хемогенный сток рек, в донные отложения Мирового океана ежегодно поступает более 25 млрд. т разных осадков. Скорость осадкообразования в океанах очень мала, она измеряется миллиметрами за 1000 лет и весьма разнообразна: для красной глины—1—5 мм/1000 лет, органогенного ила — до 60 мм/1000 лет. Скорость накопления осадков в морях на один-два порядка выше, чем в океанах.

Поступая в океаны и моря, терригенные наносы движениями воды сортируются по крупности. Вблизи берега отлагаются наиболее крупные фракции (валуны, галька, гравий, песок). Более мелкие фракции — песок, ил (алеврит) и глина (пелит) - течениями могут быть вынесены на большие глубины. Основная масса терригенных отложений в Мировом океане представлена илами. На дне океана формируются илы особого химического состава и цвета. Так, в высоких широтах встречается голубой ил, в Тихом и Индийском океанах — синий, у берегов Южной Америки— красный (определяется цветом выносимых реками наносов), в Черном море — черный (влияние H_2S), в других районах океана — серый, белый, коричневоый ил. Часто и название илу на океанском дне дают по его цвету.

Органогенные отложения на дне океана представлены остатками различных организмов. Наиболее широко распространены органогенные отложения — известковые и кремниевые.

Вулканогенные отложения связаны с извержениями и поступлением в океан лавы, пепла, вулканической пыли как из вулканов на дне океана, так и из вулканов на суше.

Хемогенные отложения на дне океана — это результат биохимических процессов на дне и в придонных водах океана. Среди них железо марганцевые конкреции; биохимические процессы, участвующие в их образовании, еще недостаточно изучены. Железомарганцевые конкреции представляют большой экономический интерес как

концентраты полиметаллической руды. Уже ведутся исследования по разработке технологии их добычи. На дне океана встречаются и фосфоритные конкреции. В некоторых районах в прибрежных пляжевых песках формируются россыпи ценных минералов. В небольших прибрежных морских акваториях в условиях засушливого климата иногда выпадают самосадочные соли, например глауберова и поваренная.

Космогенные отложения на дне океана представлены в основном космической пылью, «космическими шариками», метеоритами.

2. Водный баланс Мирового океана

Общее уравнение среднего многолетнего годового водного баланса Мирового океана может быть записано в виде

$$x + y + w = z \pm \Delta u$$

где x - осадки на поверхность океана (в среднем 1270 мм в год, или $458\,000\text{ км}^3$ в год);

y - поверхностный сток (124 мм, $44\,700\text{ км}^3$, из них $41\,700\text{ км}^3$ приходится на реки, 300 км^3 на «ледниковый» сток Антарктиды и арктических островов);

w - подземный сток (6 мм, 2200 км^3);

z - испарение с поверхности океана (1400 мм , $505\,000\text{ км}^3$);

Δu - изменение уровня (если члены уравнения представлены в величинах слоя) или объема вод океана (если члены уравнения даны в объемных единицах).

Атмосферные осадки составляют 90,7% приходной части водного баланса Мирового океана, а испарение — все 100% его расходной части. Как показали исследования Р. К. Клиге, в уравнении в среднем с 1900 по 1975 г. Δu равно 1,5 мм/год, или 542 км³/год. Повышение уровня Мирового океана происходит в основном вследствие увеличения поступления вод в результате таяния ледников Антарктиды и арктических островов, а также сокращения объема подземных вод и вод озер. Объем океана за 1900—1975 гг. увеличился приблизительно на 41,2 тыс. км³, т. е. на 0,0037% (а его уровень повысился за это время более чем на 11 см).

Солевой состав и соленость вод океана

Вода — активный растворитель, поэтому в морской воде присутствуют почти все известные на Земле элементы. Все растворенные вещества разделяются на четыре группы: группа, определяющая соленость воды, группа микроэлементов, точнее «рассеянных» элементов, группа биогенных веществ и группа растворенных газов.

Вещества первой группы содержатся в воде в наибольших количествах, измеряемых в граммах на килограмм, т.е. в тысячных долях, в промилле (‰). Они определяют соленость воды. Соленость - характеристика, обуславливающая физические свойства морской воды: плотность, температуру замерзания, скорость звука и т. д. Ее значение зависит также от физических процессов — испарения, притока пресных вод, таяния льда, замерзания воды и т. д. Соленость — важнейшая характеристика морской воды.

Вторая группа примесей — элементы, содержащиеся в воде в ничтожных количествах в единице массы (10^{-3} — $10^{-6}\%$), но в общей сумме их содержание в Мировом океане измеряется миллионами тонн (медь, уран, золото и др.).

К третьей группе веществ относятся соединения азота, фосфора, кремния и других элементов, участвующих в процессе жизнедеятельности организмов, поэтому они и названы биогенными веществами. Их содержание измеряется в миллиграммах на

кубический метр, т. е. единицами, в миллион раз более дробными, чем измеряется соленость. Эти вещества не влияют на физические свойства воды, а их количество и соотношение определяются биохимическими процессами жизнедеятельности.

Четвертая группа веществ — газы, содержащиеся в количествах, измеряемых миллиграммами на литр воды. Это кислород, азот, сероводород и другие газы, количество которых связано как с физическими факторами (температура, давление, соленость), так и с биологическими.

Кроме того, в морской воде присутствуют растворенное органическое вещество в виде коллоида, механические примеси (взвесь) в виде материала, снесенного с суши, или остатков отмерших организмов, и наконец, в виде живых организмов от бактерий до рыб.

По современным представлениям гидросфера, как и атмосфера, образовалась на ранних стадиях развития Земли в результате выплавки базальтов и процессов дегазации верхней мантии. В это время сложились первичные солевой состав вод Мирового океана и их соленость. В дальнейшем в океан стали смываться продукты разрушения суши, имеющие другой химический состав, поэтому стало изменяться и общее соотношение ионов: главные катионы морской воды обязаны своим происхождением выветриванию изверженных горных пород и выносу их в океан реками, а большинство анионов связано с исходной фазой образования океана, с дегазацией мантии. Эти процессы происходят и в наше время, но с несравнимо меньшей интенсивностью. Изучение таких процессов относится к важнейшим вопросам современной океанологии.

Еще в начале XIX в. было замечено, что количество растворенных в водах океана солей может сильно различаться, *но солевой состав, соотношение различных солей, определяющих соленость вод, во всех районах Мирового океана одинаковы*. Эта закономерность формулируется как свойство постоянства солевого состава морских вод. Это свойство вод Мирового океана было обнаружено в результате изучения химических анализов проб воды, полученных во время кругосветной экспедиции «Челленджера» В. Дитмаром, и с тех пор никогда не опровергалось.

Соленость морской воды — это содержание в граммах всех минеральных веществ, растворенных в 1 кг морской воды, при условии, что бром и иод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в оксиды, а все органические вещества сожжены при температуре 480°C.

Соленость морской воды определяют по содержанию хлора или по электропроводности воды, так как морская вода — это электролит: чем больше солей в воде, тем больше ее электропроводность, т. е. меньше сопротивление; измеряя последнее, можно по таблицам пересчитать его в соленость. Можно использовать измерения угла преломления света в воде, так как этот угол зависит от солености. Можно получить соленость и по измерениям плотности воды. Наиболее точен полный химический анализ, однако этот способ слишком трудоемкий.

На поверхности океана величина солености определяется процессами, формирующими водный баланс: соленость выше там, где пресная составляющая мала, ниже — на участках, где ее значение больше. С поверхности в глубь океана соли распространяются процессами перемешивания, глубина которого ограничена некоторыми пределами значений плотности. Обычно это десятки или немногие сотни метров. В основной же массе вод океана распределение солености так же, как и других океанологических характеристик, связано с горизонтальным переносом, т. е. с течениями.

Поэтому вертикальная структура вод океана весьма неоднородна, в океане существует много «инородных» прослоек, выявляющихся в виде глубинных экстремумов этих характеристик. Преобладает общая закономерность роста солености вниз, в толщу воды, потому что это обеспечивает возможность вертикального равновесия слоев воды: чем больше соленость, тем больше ее плотность. Но из-за того что плотность зависит еще и от температуры, это равновесие возможно и при уменьшении солености, если низкая температура компенсирует уменьшение плотности из-за солености.

3. Тепловой баланс Мирового океана

Термический режим океана во многом определяет тепловой режим и климат всей планеты. К главным приходным статьям теплового баланса Мирового океана относится солнечная радиация и теплообмен с атмосферой, к дополнительным — тепловой сток рек и выделение тепла при ледообразовании. Главные расходные члены уравнения теплового баланса Мирового океана — это потери тепла на испарение и теплообмен с атмосферой, дополнительные — потери тепла на плавление льда.

Главное значение в тепловом балансе океана, конечно, имеет теплообмен через поверхность, на которую поступает солнечная радиация — главный источник тепла, и где происходит испарение — главный вид его расхода.

Распределение температуры воды на поверхности океана подчиняется закону широтной зональности, так как поступление солнечной энергии зависит от широты. Распределение температуры на картах показывают при помощи изотерм (линий равной температуры).

Наиболее высокая температура воды на поверхности Мирового океана наблюдается в экваториальной зоне, несколько севернее экватора. Линия наивысшей температуры воды называется термическим экватором. Вблизи него средняя годовая температура воды 27-28°C. Эта линия смещается на несколько градусов широты к северу летом северного полушария и к югу — зимой.

От зоны термического экватора температура воды в поверхностном слое океана понижается в направлении полюсов до - 1,0 – - 1,8° С. (Известно, что морская вода замерзает при отрицательной температуре.) У берегов, в заливах температура воды летом может повышаться до 30-32°C.

Общее зональное распределение температуры (так же, как и распределение солености воды) нарушается течениями, реками и льдами. Течения в умеренных широтах переносят воды от западных к восточным берегам океана. Поступая из низких широт в более высокие, эти течения несут в северо-восточном направлении в северном полушарии и юго-восточном направлении в южном нагретые воды. У западных берегов океана навстречу этим водам из высоких широт движутся холодные воды. Поэтому в близких к высоким широтам температура воды в океанах у западных берегов ниже, чем у восточных.

Реки, как правило, не оказывают существенного влияния на температуру вод океана. Но в некоторые районы они вносят в моря весной более нагретую, а осенью более холодную воду, чем в море. Важное значение при этом имеет ориентация рек. Великие сибирские реки, например, текущие с юга на север, оказывают заметное отепляющее влияние на прибрежные районы Северного Ледовитого океана.

Таяние льдов охлаждает морскую воду. У кромки льдов в арктических и антарктических районах температура воды поэтому почти всегда близка к точке замерзания.

Сезонные колебания температуры воды на поверхности Мирового океана определяются изменением теплового баланса в течение года. Наибольшие колебания приурочены к умеренным широтам, от которых к экватору и к полюсам они уменьшаются.

Наивысшая температура воды в северном полушарии, как правило, приходится на август, наинизшая — на февраль, т. е. на один месяц позже по сравнению с температурой воздуха. Сказывается тепловая инерция воды, связанная с большой ее теплоемкостью. В мелководных морях время максимумов и минимумов температуры воздуха и воды совпадает (например, в Азовском море). Сезонные колебания захватывают лишь верхние слои воды, постепенно затухая от поверхности вглубь на несколько десятков метров, и лишь в немногих районах эти колебания распространяются до 300-400 м.

Сезонные колебания температуры в морях гораздо значительнее и возрастают по мере удаления от океана. Так, в Средиземном море разность летней и зимней температуры 12-13°C, в Черном море — 18-20, в Азовском — 25-28°C.

Суточные колебания температуры, вызываемые суточными колебаниями составляющих теплового баланса, наблюдаются лишь в самом верхнем слое воды и редко превышают 1-2°C в тропиках, а в полярных районах еще меньше.

Наивысшая средняя годовая температура воды в поверхностном слое Мирового океана около 30° С, наинизшая — минус 2° С (во льдах).

Волнение

Волнение — одно из разновидностей волновых движений, существующих в океане. Это волны, вызванные воздействием ветра на поверхность моря. Кроме волнения в океанах и морях существуют другие виды волн: приливные, сейшевые, внутренние и т. п. Все волновые движения представляют собой деформацию массы воды под воздействием внешних сил. Сила может быть разовой (единичной), постоянно действующей или периодической, но в любом случае эта сила, выведя массу воды из равновесия, возбуждает в ней колебательное периодическое движение, выражающееся двояко: колеблется форма поверхности воды около поверхности покоя и колеблются отдельные частицы вокруг своих точек равновесия. Так как это колебание развивается во времени, то можно определить и скорость этих движений. Для деформации поверхности это будет скорость распространения волны, или фазовая скорость, а для частицы — скорость обращения ее вокруг точки равновесия — центра орбиты, т. е. орбитальная скорость. Это характеристика волн поступательных или прогрессивных, которые перемещаются на большие расстояния. Есть еще волны стоячие, в которых деформация происходит на месте, без распространения.

Волны, разделяются на *длинные* и *короткие*. К *длинным* относятся волны, у которых длина значительно больше глубины места, например приливные, имеющие длину в сотни и даже тысячи километров, к *коротким* — ветровые размерами в десятки и сотни метров при средней глубине океана около 4 км. Существуют волны вынужденные, находящиеся непрерывно под воздействием силы, и свободные, распространяющиеся по инерции после окончания действия силы, вызвавшей их. Именно к такому виду относятся волны зыби, волны, оставшиеся после прекращения ветра, вызвавшего ветровое волнение.

К основным элементам волны относятся: длина $L(m)$ — кратчайшее расстояние между двумя соседними вершинами — самыми высокими точками гребней, возвышенных частей воды (или — между двумя соседними подошвами — самыми низкими участками ложбины волны); высота $h(m)$ — разность уровней вершины и подошвы; крутизна α° —

угол между касательной к кривой профиля волны и горизонталью (или между нормалью и вертикалью); средняя крутизна a — отношение высоты волны к ее полудлине ($2h/L$), но нередко используют и величину b — отношение высоты к длине (h/L).

Движение волны характеризуют: период T (с) — время, за которое волна проходит расстояние, равное своей длине (или время между прохождением двух вершин через одну и ту же вертикаль). Частота $1/T$ (Гц) — число колебаний в одну секунду. Фазовая скорость c (м/с) — расстояние, проходимое волной (вершиной) за одну секунду. Направление волны считается «в компас», т.е. откуда идет волна, и измеряется или в градусах или по румбам (чаще всего — по восьми). Волны зыби чаще всего бывают двумерными, т.е. изменяются лишь по линии распространения и по высоте. В направлении, перпендикулярном этой плоскости, вдоль гребня, или фронта волны, изменений не происходит. Это определение дается потому, что преобладают трехмерные волны, в которых изменения высоты (и длины) происходят и вдоль фронта. Это преимущественно ветровые волны и волны типа толчеи (стоячие волны). В двумерной волне можно определить и волновой луч — линию, перпендикулярную фронту волны.

При подходе к берегу, где глубина уменьшается до нуля у уреза воды, в волне происходят существенные изменения: изменяются ее профиль и направление движения — волнового луча. Волна, отражаясь от берега, может образовывать стоячую волну, может разрушаться. При разрушении волны возникает *прибой* (накат), или *взброс*, *бурун*. Различные варианты деформации волны связаны с характером берега и прибрежного рельефа дна. При пологом дне и неизменной прибрежной полосе передний склон волны становится круче, гребень догоняет впереди идущую подошву и наконец обрушивается, образуя *прибой*. Гребень волны устремляется на сушу, возникает *заплеск*. Чем больше волна, тем большую часть берега заливают заплеск. Ширина заплеска зависит от размеров волны и уклона берега и бывает от нескольких метров до десятков метров. В результате постоянной работы волн формируются пляжи и продольные (вдоль береговой линии) и поперечные (от берега в открытое море) потоки наносов. При отлогом дне и высоком крутом берегу срывающийся гребень ударяет в берег и вода скидывается вверх, образуя взброс. Вода при взбросах у берегов океана поднимается на десятки метров, наблюдались взбросы до 60 м. При крутом берегу и при глубоком дне может происходить отражение волн и интерференция падающей и отраженной волн, т.е. образование *стоячей волны*. Если недалеко от уреза на дне есть гряда с меньшими глубинами (вроде рифа), то волна, не доходя до уреза, разрушается, образуя *бурун*. При больших волнах бурун может образоваться и далеко от уреза на сравнительно большой (в десятки метров) глубине.

Прибой, особенно взброс, обладает огромной энергией. Существует множество фактов разрушения береговых сооружений, сдвигов и даже переносов огромных бетонных и каменных массивов массой в десятки и даже сотни тонн. Такая огромная энергия объясняется тем, что при прибое гребень, срываясь, становится переносной волной: вся масса воды приобретает не колебательное, а поступательное движение.

На некоторых участках берегов океанов и морей наблюдаются *цунами* — единичные волны или малые серии волн (в пределах десяти) высотой от десятков сантиметров до 30—35 м и даже больше. Наиболее часто встречающийся период этих волн от 2 до 40 мин, хотя зарегистрированы и периоды в 200 мин, длина волны — от 20 до 400—600 км, а скорость распространения — сотни километров в час. Конечно, такие волны не ветрового происхождения, они порождаются землетрясениями на дне океана,

оползнями на крутых склонах дна и подводными вулканическими извержениями взрывного характера. Деформации дна приподнимают или опускают всю толщу воды на какой-то ограниченной площади. Деформация доходит до поверхности океана, и от этой площади начинается волна из типа длинных: вся толща воды от дна до поверхности приведена в движение. Высота волны вблизи места зарождения обычно бывает всего 1—2 м. При длине во много километров она совершенно незаметна из-за ничтожной крутизны. Судно может ощущать волны только в начальный момент как толчок в днище и только в том случае, если оно находится непосредственно над участком деформации дна. Лишь у берега, где волна выходит на шельф и на сушу, происходит сильная деформация волны, растет ее высота и она выкатывается на сушу гигантским валом.

Подсчитано, что за последнее тысячелетие в Тихом океане было около 1000 цунами. В Атлантическом и Индийском океанах их было всего несколько десятков. Чаще всего цунами бывают у берегов Японии (само название «цунами» — японское), Чили, Перу, Алеутских и Гавайских островов. Приуроченность цунами к Тихому океану объясняется сейсмической и вулканической его активностью. Из 400 действующих вулканов земного шара в Тихом океане находится 330. Большинство сильных землетрясений (около 80%) тоже происходит в зоне Тихого океана.

Небольшие цунами случаются и в морях. Так, даже в Черном море небольшие цунами наблюдались в 1927 и в 1966 гг.

Явления, подобные цунами, наблюдаются у берегов тропических стран. Их порождают тайфуны — тропические циклоны. Они приносят ветры огромной силы, которые нагоняют воду на берег и заливают его. Такое явление чаще называют штормовым нагоном, но из-за сходства результатов иногда называют «метеорологическим цунами».

Колебательное, волновое движение существует в толще воды в виде *внутренних волн*. Их существование было замечено еще Ф. Нансеном и Б. Хелланд-Хансеном в Норвежском море (1909) по изменению температуры в одной и той же точке в течение короткого времени. Большие изменения температуры, какие они наблюдали, не могли произойти вследствие изменения запаса тепла, тем более, что изменения происходили регулярно с периодом в несколько часов. Ученые дали правильное объяснение таким колебаниям, предположив, что происходят вертикальные смещения слоев при горизонтальном распространении волны. Оказалось, что высота внутренней волны достигала 100 м. Такой же высоты внутренние волны наблюдались в районе Гибралтара (1962). Волны огромной высоты имеют период в несколько часов и длину в десятки и сотни километров. Волны с периодами от 5—10 мин до 2—5 ч имеют длины в сотни метров и километры, а высоты — 10—20 м.

Особую разновидность внутренних волн представляют волны, вызванные приливообразующей силой, которая существует в каждой точке воды на любой глубине. Эти волны выделяются по своему периоду, который равен или кратен суткам (точнее — лунным суткам).

Еще одна разновидность внутренних волн наблюдалась тоже Ф. Нансеном на «Фраме» в арктических морях. Обнаружены они были по поведению судна: в некоторых местах оно сильно замедляло ход без всяких видимых причин. Это явление было замечено и в прибрежных водах Норвегии, Канады и названо «мертвой водой». Оно наблюдалось

тогда, когда на соленой воде лежал слой пресной или сильно опресненной воды. Движущееся судно создает систему внутренних волн на границе вод, на что и тратится энергия его движения.

Внутренние волны имеют большое значение в развитии процессов перемешивания вод, в формировании тонкой структуры, сильной переслоенности, создаваемой разрушением гребней волн, они влияют и на распространение звука, преломление звуковых лучей, снижают надежность определения океанологических характеристик, создавая неопределенность в причинах их изменений.

Приливы

Приливом называется очень сложное явление динамики океана, связанное с силами взаимодействия в космической системе Земля — Луна — Солнце. Нагляднее всего это явление наблюдается в виде периодических колебаний уровня у берегов, где происходит то повышение уровня — прилив, то понижение — отлив. Крайнее положение уровня в конце прилива называется *полной водой*, в конце отлива — *малой водой*, разность этих уровней называется величиной прилива.

Колебания уровня моря связаны с движением Луны: полная вода наступает с некоторым запаздыванием по отношению к моментам кульминации Луны; это запаздывание называется лунным промежутком, и измеряется в часах. Луна — главная причина приливов, а запаздание связано с местными условиями района наблюдений. Средний лунный промежуток, вычисленный при определенных ограничительных условиях, называется прикладным часом, порта. Он используется как индивидуальная особенность порта и для приближенного определения момента наступления полной воды по астрономическому ежегоднику.

Теория приливов имеет два направления: одно рассматривает поверхность Мирового океана в каждый данный момент как фигуру равновесия — это статическая теория; другое представляет ее как волновой процесс под действием периодической силы и называется динамической теорией приливов.

Теория равновесия, или статическая теория приливов, разработана на основе закона всемирного тяготения Ньютона. Эта теория предполагает, что в поле приливообразующей силы поверхность океана приобретает фигуру равновесия. Если считать, что океан покрывает твердую оболочку Земли непрерывным слоем одинаковой глубины, то такой поверхностью будет эллипсоид вращения — эллипсоид прилива, большая ось которого всегда направлена на Луну. Поверхность эллипсоида двумя выпуклостями — «горбами» — поднимается выше среднего уровня покоя океана, а между ними широким поясом, охватывающим весь твердый шар, — пояс малых вод — лежит ниже среднего уровня. Эллипсоид, следуя за Луной, делает один оборот в течение месяца, а твердое тело внутри эллипсоида делает один оборот в сутки, что и создает в каждой точке тела периодические колебания уровня приливного типа.

Так как Луна имеет склонение, периодически изменяющееся в пределах от $23,5^\circ$ до $28,5^\circ$ М, то большая ось эллипсоида перемененно наклонена к плоскости экватора. Это и создает суточное неравенство прилива.

Солнце тоже создает свой эллипсоид прилива, движущийся вместе с ним. Но величина солнечной приливообразующей силы составляет 0,46 лунной, поэтому и отклонения уровня у солнечного эллипсоида меньше, а величина прилива — 0,25 м.

Чтобы объяснить несоответствия, отмеченные в статической теории, динамическая теория прилива рассматривает явление не в статике, а в движении, как волну. Эта теория была выдвинута П. Лапласом, развивалась Дж. Эри, Дж. Дарвином, А. Дудсоном и продолжает совершенствоваться.

Приливная волна относится к типу длинных волн: длина ее, как показывает эллипсоид прилива, равна половине длины параллели Земли, т.е. тысячи километров (на экваторе 20 000 км), а средняя глубина океана — около 4 км. Орбитальное движение частиц в приливной волне воспринимается как приливное течение с большими скоростями (десятки и даже сотни сантиметров в секунду). От поверхности ко дну малая ось эллипса уменьшается и обращается в нуль у самого дна. Большая ось остается без изменений, поэтому у дна орбитальное движение переходит в возвратно-поступательное, реверсивное движение. Такая же схема свойственна узким участкам моря — проливам, каналам. В открытом море проявляется отклоняющая сила вращения Земли, и орбита приобретает форму наклонной окружности. Наклон этот очень мал, всего лишь минуты дуги — тангенс угла равен отношению величины прилива к диаметру орбиты (к горизонтальному пробегу в канале).

Таким образом, в простейшем случае в канале течение имеет только два противоположных направления, а скорость его непрерывно изменяется от нуля до наибольшего значения. В открытом море скорость течения остается постоянной, но непрерывно изменяется его направление, частица вычерчивает окружность на наклонной плоскости, причем выше находится та часть окружности, которая лежит справа (в северном полушарии) по отношению к направлению распространения волны. Таковы орбиты частиц, формирующих приливные течения в двух простейших случаях при правильном приливе. В реальных условиях и при неправильном приливе орбиты частиц могут описывать очень сложные, даже причудливые фигуры, особенно если при этом и дно имеет сложный рельеф.

Приливные течения отличаются не только периодичностью, но и большими скоростями, которые доходят, например, в проливах Алеутской гряды до 5 м/с. При этом приливное течение захватывает всю толщу воды, затухая лишь вблизи дна.

Приливообразующая сила порождает приливную волну, которая по своей природе относится к вынужденным, но может распространяться и в виде свободной приливной волны. Возникнув в одном районе, она входит в другой, в котором может вызывать приливные колебания уже без прямого влияния приливообразующей силы. Такой прилив носит название «индуцированного». Именно индуцированный прилив существует, например, в Белом море, небольшом по размерам. В большом водоеме могут возникнуть приливные колебания под непосредственным действием приливообразующей силы, т.е. собственный прилив. В этом случае поверхность воды успевает принять положение, перпендикулярное к равнодействующей сил тяжести и приливообразующей. Так как последняя периодически изменяется, так же периодически будет изменяться и положение поверхности водоема, отмечаемой по берегам колебаниями уровня приливного характера, но уже в виде не поступательной волны, а стоячей.

Примером собственного прилива может служить прилив в Черном море. Длина моря (около 1000 км) достаточно велика для проявления действия приливообразующей силы и в то же время недостаточна, чтобы считать значение этой силы на акватории моря одинаковой, и, следовательно, что уровень моря в каждый данный момент находится в

равновесии, а вся масса воды находится в колебательном движении. Такого рода колебания носят название сейши. Эти стоячие волны относятся к типу длинных, период их колебаний зависит от размеров водоема.

Для Черного моря, куда индуцированный океаном прилив не доходит, собственный прилив может иметь величину до 12 см по крайним границам: Батуми на востоке и Бургас на западе, причем когда полная вода на востоке, то на западе малая, и наоборот. А узловая линия с полным отсутствием колебаний уровня лежит приблизительно посередине моря на меридиане мыса Сарыч на южном берегу Крыма.

Дж. Дарвин полагал, что не только для Черного моря, но и для водоемов длиной до 2000 м можно считать, что уровень моря успевает подчиняться изменениям приливообразующей силы и принимать положение равновесия.

Фактически в каждой точке Мирового океана приливные колебания уровня вызваны сочетанием местного и индуцированного приливов, только в разных местах преобладает один из них. Если периоды вынужденного прилива и свободного местного прилива совпадают, то возникает резонанс, усиливающий приливные колебания. Именно так рассматривают генеральную картину распределения приливов в Мировом океане.

4. Морские течения

Течения в океане возбуждаются и существуют под действием двух сил: трения и силы тяжести, соответственно и течения разделяются на фрикционные и гравитационные.

Причин же, порождающих течения, может быть несколько: ветер, разность плотностей, разность уровней, созданная атмосферным давлением или притоком воды из рек, и др. Эти факторы приводят в движение воду моря, которое приобретает поступательный характер. Если причины, вызывающие поступательное движение воды, действуют кратковременно, то перенос невелик, и течения имеют эпизодический, кратковременный срок существования — это случайное течение. Если же определяющий фактор действует длительно, устойчиво, то образуется так называемое постоянное течение, линейный масштаб которого порядка 1000 км. Именно такие течения обеспечивают обмен вод между различными частями океана, именно они переносят тепло и соли, т. е. осуществляют единство Мирового океана.

На течения влияют не только силы, вызвавшие их, но и силы вторичные, проявляющиеся вместе с возникновением течения: сила внутреннего трения (вязкость) и сила Кориолиса. Эти силы сами течения не вызывают, но они влияют на существующее течение. Сила трения на границах течения тормозит его, поглощая часть кинетической энергии потока, а сила Кориолиса вынуждает поток отклоняться от своего направления в северном полушарии вправо, в южном — влево.

1.8 Лекция №9-10 (4 часа)

Тема:» Водные экосистемы и антропогенное воздействие на них»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Водная экосистема. Типы.
2. Биотические характеристики.
3. Антропогенное воздействие.

1.8.2. Краткое содержание вопросов

1. Водная экосистема. Типы.

Водная экосистема- экосистема в водной среде. В водных экосистемах живут сообщества организмов, которые зависят друг от друга и от их воды как среды обитания. Двумя главными типами водных экосистем являются морские экосистемы и пресноводные экосистемы

Типы

Морские экосистемы

Морские экосистемы занимают приблизительно 71 % поверхности Земли и содержат 97 % всех вод планеты. Они производят 32 % чистой первичной продукции в мире. Они отличаются от пресноводных экосистем наличием растворенных соединений в воде, особенно солей. Примерно 85 % растворенных веществ в морской воде это натрий и хлор. Морская вода имеет среднюю соленость 35 промилле в воде (частей за тысячу). Фактическая соленость варьируется среди различных морских экосистем.

Морские зоны обитания

Морские экосистемы можно разделить на несколько зон в зависимости от глубины и особенностей береговой линии. Океаническая зона является обширной открытой частью океана, где живут такие животные, как киты, акулы и тунцы. Зона бентоса состоит из основания ниже воды, где живут многие беспозвоночные. Приливная зона это область приливов и отливов; она называется прибрежная зона. Другие прибрежные (неритические) зоны могут включать в себя лиманы, солончаки, коралловые рифы, лагуны и мангровые болота. В глубоководных, термальных источниках хемосинтезирующие серные бактерии формируют основу пищевой цепи.

Классы организмов, обнаруженные в морских экосистемах, включают коричневые водоросли, динофлагелаты, кораллы, головоногих моллюсков, иглокожих, и акул. Рыбы, пойманные в морских экосистемах, являются крупнейшим источником коммерческой продукции, полученной из природных популяций.^[1]

Экологические проблемы, касающиеся морских экосистем, включают неустойчивую эксплуатацию морских ресурсов (например, истощение рыбных запасов определенных видов), загрязнения морской среды, изменение климата, и строительства на прибрежных районах^[1].

Пресноводные экосистемы

Пресноводные экосистемы покрывают 0,80 % поверхности Земли и составляют 0,009 % от общего объема воды. Они генерируют почти 3 % чистой первичной продукции.^[1] Пресноводные экосистемы содержат 41 % всех известных в мире видов рыб^[3]. Есть три основных типа пресноводных экосистем:

- стоячие: медленное перемещение воды, в том числе бассейнов, прудов и озер.
- проточная: быстродвижущаяся вода, например ручьев и рек.
- болота: Области, где почва насыщена или обводнена, по крайней мере иногда.

Стоячие водоемы

Озерные экосистемы могут подразделяться по зонам. Одна общая система делит озеро на три зоны. Первая литоральная зона это мелкая зона у побережья. Здесь могут встречаться сгнившие болотные растения. Глубоководье разделено на две дальних зоны, зона открытой воды и зона глубоководья. В зоне открытой воды (или освещенной зоне)

солнечные лучи поддерживают фотосинтезирующие водоросли, и виды которые ими кормятся. В зоне глубоководья солнечный свет недоступен и пищевая сеть основана на остатках, что приходят из литоральной или освещенной зон. Некоторые системы используют другие названия. Глубоководье может называться пелагической зоной а афотическая глубоководной. Зона удаленная вглубь побережья от литоральной зоны может часто называться прибрежной растения которой подвержены присутствию озера-это может включать в себя эффекты от ветра, весеннего паводка и повреждений от зимнего льда.

Пруды

Пруды — это маленькие пресноводные области с мелководьем и неподвижной водой, болотными и водными растениями. Они могут быть разделены на четыре зоны: зона растительности, открытая вода, донные иловые и поверхностный слой. Размер и глубина водоемов часто сильно варьируется в зависимости от времени года; многие водоемы создаются путём весеннего паводка на реках. Пищевые сети основаны как на свободно плавающих морских водорослях, так и на водные растения. Существует, как правило, разнообразное множество водной жизни, например: морские водоросли, улитки, рыбы, жуки, водные жуки, лягушки, черепахи, выдры и ондатры. К главным хищникам относится большая рыба, цапли или аллигаторы. Поскольку рыба является основным охотником на личинок амфибий, водоемы, которые высыхают каждый год, таким образом, убивая оседлую рыбу, предоставляют важное для размножения амфибий убежище. Водоемы, которые высыхают полностью каждый год, известны как весенние бассейны. Некоторые водоемы произведены деятельностью животных, включая норы аллигатора и запруды бобра, и они дают разнообразие ландшафту.

Речная экосистема

Главные зоны в речных экосистемах определены градиентом русла реки или скоростью течения. Быстрое движение турбулентной воды, как правило, содержит более высокие концентрации растворенного кислорода, который поддерживает большее биоразнообразие, чем медленно движущаяся вода бассейнов. Эти различия формируют основу для разделения рек на горные и равнинные реки. Пищевая база потоков в пойменных лесах главным образом происходит от деревьев, но более широкие потоки и те, которые испытывают недостаток в лесном пологе, получают большинство своей продовольственной основы от водорослей. Мигрирующие рыбы также важный источник питательных веществ. Экологические угрозы рек включают потерю воды, дамбы, химическое загрязнение и завезенные виды. Дамба оказывает негативные последствия, которые продолжаются вниз до водораздела. Наиболее важные отрицательные эффекты — сокращение весеннего паводка, которое повреждает водно-болотные угодья, и недостаточное количество осадков, что приводит к потере дельтообразных заболоченных мест.

2. Биотические характеристики

Автотрофные организмы

Автотрофные организмы создают органические соединения из неорганического материала. Водоросли используют солнечную энергию для выработки биомассы из углекислого газа и, возможно, являются самими важными автотрофными организмами в водной среде. Конечно, чем меньше воды, тем больше влияния на биомассу от плавающих корней и сосудистых растений. Эти два источника вместе производят огромное

количество биомассы устьев рек и водно-болотных угодий, которая преобразуется в рыб, птиц, земноводных и других водных видов. Хемосинтезирующие бактерии найдены в глубинных морских экосистемах. Эти живые организмы способны питаться сероводородом, выделяемым вулканическими жерлами. Возле вулканических жерл находится огромное количество животных, которые кормятся этими бактериями. Например, гигантские трубчатые черви (*Riftia pachyptila*), длиной в полтора метра и моллюски (*Calyptogena magnifica*) тридцати сантиметров длиной.

Гетеротрофные организмы

Гетеротрофные организмы питаются автотрофными организмами и используют органические соединения в их организме как источники энергии и в качестве сырья для создания своей собственной биомассы. Эвригальные организмы терпимы к соли и могут выжить в морских экосистемах, в то время как стеногаллинные или не терпимые к соли виды могут жить только в пресноводной воде.

3. Антропогенное воздействие.

Загрязнение водных экосистем это любое изменение свойств воды:

- химическое;
- физическое;
- биологическое.

При этом загрязняющие вещества могут находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Источниками загрязнения являются любые объекты и процессы, в результате которых в воду сбрасываются или попадают иным способом загрязняющие вещества. К которым можно отнести сверхнормативную концентрацию природных элементов и искусственно синтезированных веществ.

Чистая горная река, которых осталось уже очень мало

Загрязнение водных экосистем можно разделить на типы.

Первый – механическое загрязнение. Это повышение содержания в воде механических примесей. Его можно отнести к поверхностному виду.

Второй – химический, веществами органического или неорганического происхождения.

Третий – бактериологический или биологический. Это загрязнение патогенными микроорганизмами, грибами и водорослями. И последний на сегодня – радиоактивный. Это и природное радиоактивное излучение и последствия работы ядерных реакторов.

Авария: утечка нефти в открытое море

Насчитывается более 400 веществ, которые могут вызвать загрязнение воды. К химическим загрязнителям относят нефть и нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, фенол, нафтеновые кислоты, пестициды, неорганические соли, кислоты и щелочи, мышьяк, соединения ртути, свинца и кадмия. Этот тип загрязнения стоек и распространяется на большие расстояния.

К *бактериальным* загрязнителям относят только вирусов более 700 видов.

Радиоактивные загрязнители остаются в воде дольше всех остальных. Это стронций-90, уран, радий-226, цезий и так далее.

Они концентрируются в мельчайшем планктоне и по пищевой цепи с эффектом накопления передаются дальше.

Прилив выбрасывает мусор на берег

Механические загрязнители – песок, шлам, ил, твердые бытовые и промышленные отходы и тому подобное. Изменяет свойства и структуру воды повышение ее температуры, технологическими водами тепловых и электрических станций.

Загрязнение воды происходит в результате следующих процессов:

- сброса неочищенных сточных вод;
- смыв ядохимикатов с сельскохозяйственных полей;
- выбросы газа и дыма;
- утечка нефти и нефтепродуктов.

1.9 Лекция №11 (2 часа)

Тема: «Опасные гидрологические явления»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Гидрологические опасные явления
2. Шторм
3. Цунами

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Гидрологические опасные явления

Опасное гидрологическое явление - это событие гидрологического происхождения или результат гидрологических процессов, возникающих под действием различных природных или гидродинамических факторов или их сочетаний, оказывающих поражающее воздействие на людей, сельскохозяйственных животных, растения и объекты экономики.

Наиболее распространены **затопления** – это процесс заполнения водой пониженных частей речной поймы, дельты, береговой зоны водоема. Два вида затопления:

- **заливание**, происходящее более или менее регулярно во время половодья; При строительстве обычно учитываются зоны затопления.

- **наводнение**, происходящее эпизодически и носящее катастрофический характер. **Наводнение** – это значительное затопление местности в результате подъема уровня воды в реке, озере, водохранилище.

Наводнения занимают первое место по числу создаваемых ими стихийных бедствий (около 40 №), и 2-3 по числу жертв.

Наводнения возникают из-за резкого притока талых вод, загромождения русла реки льдом (весной характерно для северных рек), ветрового нагона воды в устьях рек (Нева) или на низких побережьях, прорыва дамб или плотин.

Главная причина наводнений на реках – половодье или паводки, а иногда ледяные заторы. На берегах морей наводнения связаны со штормовыми нагонами. В России одно сильное наводнение охватывает площадь речного бассейна около 200 тыс. кв. км. В среднем каждый год затопливается до 20 городов и затрагивается до 1 млн. жителей.

Экстремальные *морские гидрологические явления* наиболее часто связаны с волнением на море, которое можно рассматривать как поражающий фактор опасного природного явления другого происхождения. Например, шторм вызывается ветром, а тот в свою очередь возникает при прохождении циклона. Волна цунами вызывается землетрясением.

2. Шторм

Шторм – длительный, очень сильный ветер со скоростью свыше 20 м/с, вызывающий сильные волнения на море и разрушения на суше. 10-балльная шкала для визуальной оценки волнения.

Высота волны:

0 баллов – волнение отсутствует;

1 – до 0,25 м – слабое;

2 – 0,25-0,75 – умеренное;

3 – 0,75-1,25 – значительное

4 – 1,25-2 значительное;

5 – 2-3,5 сильное;

6 – 3,5-6 – сильное;

7 – 6-8,5 – очень сильное;

8 – 8,5-11 – очень сильное;

9 – 11 и более исключительное.

3. Цунами

Цунами – морские волны, возникающие при подводных и прибрежных землетрясениях. Волны цунами характеризуются высокой скоростью и большой длиной, однако в открытом море они не опасны – их высота не больше нескольких метров. Но при выходе на мелководье они могут стать разрушительными. Сейсмогенные цунами распространяются со скоростью 800-1000 км/ч. над отмелями вода тормозится до 50 км/ч, и высота волны увеличивается до 10-20 м.

Поражающие факторы цунами – подъемная сила воды, давление морского потока, ударное действие влекомого материала.

Шкала силы цунами в баллах:

0. Слабое. Высота волны до 1 м.

1. Умеренное. Высота волны до 2 м. затопление плоских берегов.

2. Сильное. Средняя высота волны 2-4 м, максимальная до 6 м. частота в мире примерно 1 раз в год. В прибрежной зоне длиной в десятки км частичное разрушение легких построек.

3. Очень сильное. Средняя высота волн 4-8, мах – до 10-20 м. примерно раз в 2 года. В прибрежной полосе длиной до 400 км полное разрушение легких и значительное повреждение прочных зданий, смыв почвы с полей. Много жертв.

4. Разрушительное. Ср. высота волны 8-16, мах до 30 м. Примерно 1 раз в 10 лет. В прибрежной полосе длиной до 500 км полное разрушение всех построек, уничтожение садов, плантаций. Много жертв.

В России к опасным по цунами районам относятся побережье Камчатки и Курильских о-вов, менее опасные – Сахалин и Приморье.

1.10 Лекция №12 (2 часа)

Тема: «Гидрология Оренбургской области. Гидрология реки Урал»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Гидрология Оренбургской области
2. Река Тобол
3. Река Сакмара
4. Река Самара
5. Гидрология реки Урал

1.10.2. Краткое содержание вопросов

1. Гидрология Оренбургской области

Поверхностные воды Оренбуржья представлены реками, озерами, мелкими лиманами (степными блюдцами), искусственными водоемами. Из-за сухости климата реки отличаются большим непостоянством расхода воды. Особенно маловодна речная сеть на юго-востоке Оренбургской области. На северо-западе и севере она более густа и более многоводна.

Основным источником питания рек Оренбуржья является снег. На его долю приходится более 80 процентов стока. Роль дождевых и грунтовых вод в питании рек невелика.

В летнее время реки сильно мелеют, многие из них распадаются на отдельные участки или совершенно высыхают. Бурное весеннее снеготаяние вызывает паводки и значительные расходы воды весной. Речной сток резко падает в сухие и значительно возрастает во влажные годы. Всего в Оренбуржье насчитывается 290 рек длиной более 10 километров. Из них 29 могут быть отнесены к категории средних рек.

Практически все реки **Оренбургской области** относятся к бассейнам Урала и Волги. Таким образом, за единственным исключением все они относятся к бассейну Каспийского моря - области внутреннего стока материка Евразия. Исключением являются заходящие на восток области верховья р. Тобол, которые принадлежат бассейну Оби и Карского моря Северного Ледовитого океана. На крайнем юго-востоке Оренбургской области располагаются реки, впадающие в озера Жетыколь, Шелкарегакара и Айке. Эти реки образуют бессточный бассейн степных озер. Озер в Оренбургской области сравнительно немного. Преобладают озера, образовавшиеся в поймах рек. Они представляют собой небольшие водоемы (староречья), отделившиеся от реки и соединяющиеся с ней только во время весеннего половодья. Водораздельные озера в Оренбуржье встречаются редко. Они довольно большие по размерам, но очень мелководные, имеются только в юго-восточной части Светлинского района.

Направление течения рек зависит от особенностей рельефа. Поверхность области наклонена в основном на юг и запад. Поэтому большинство рек Оренбуржья текут с севера на юг и с востока на запад.

Количество воды в реках определяется особенностями климата. Для степных рек это, прежде всего, годовое количество атмосферных осадков. Поскольку сумма осадков за год уменьшается с северо-запада на юго-восток области, то и водность рек, а также густота речной сети снижается в этом же направлении. Менее значительным источником питания рек Оренбуржья являются подземные воды.

Оренбургское низкогорное Южноуралье пересекается многочисленными реками. Урал, Сакмара, Губерля и их притоки встречают на своем пути породы различной плотности и образуют при этом то глубокие скалистые ущелья с перекатами, то широкие долины с тиховодными плесами.

С северо-востока на юго-запад Оренбуржья тянется неширокая зеленая лента уральской долины. Пойма Урала - прекрасная страна, полоска первозданной природы, рассекающая надвое крупнейшую степную житницу России. По берегам реки, то крутоярным, то песчанопляжным, стоят высокоствольные тополевые леса, тенистые ландышевые и ежевиковые дубняки и вязовники.

Между ними живописно раскинулись солнечные луговые поляны с черемуховыми кустами. Низины, овраги и протоки заняты непролазными кустарниковыми чащами. Долина реки украшена замысловатыми гирляндами озер, то заросших, то плесово-чистоводных.

2. Река Тобол

Тобол (каз. **Тобыл**) — река в Казахстане и России, левый приток Иртыша. Длина реки — 1591 км, площадь её водосборного бассейна — 426 000 км². Тобол образуется при слиянии реки Бозбие с рекой Кокпектысай на границе восточных отрогов Южного Урала и Тургайской столовой страны. Среднее и нижнее течение реки — в пределах Западно-Сибирской равнины в широкой долине с извилистым руслом. В бассейне Тобола — около 20 тысяч озёр общей площадью 9000 км².

Тобол - берет начало несколькими истоками на сев. вост. склонах плоской возвышенности в степи, на В от г. Орска на высоте около 1100 фт. По соединении истоков в одну реку, Т. течет к В, затем на С, приняв же в себя слева рч. Чертанды и Джилькуар, поворачивает к ВСВ и в таком направлении протекает до впадения слева р. Уй. На всем этом протяжении (до 500 вер.) Т. орошает сев. зап. часть Тургайской обл. От впадения в него р. Уй Т. служит границей между этой областью и Оренбургской губ., затем входит в Челябинский у. последней и орошает его на протяжении 150 вер. до впадения справа р. Алабуги, отсюда р. течет по границе Оренбургской и Тобольской губерний до впадения слева рч. Куртамыш, затем вступает в Тобольскую губ.

Гидрология

Питание в основном снеговое, вниз по течению возрастает доля дождевого. Половодье с 1-ой половины апреля до середины июня в верховьях и до начала августа в низовьях. Среднегодовой расход воды — в верхнем течении (898 км от устья) 26,2 м³/с, в устье 805 м³/с (максимальный соответственно 348 м³/с и 6350 м³/с). Средняя мутность 260 г/м³, годовой сток наносов 1600 тысяч тонн. Замерзает в низовьях в конце октября — ноябре, в верховьях в ноябре, вскрывается во 2-й половине апреля — 1-й половине мая.

Наиболее крупные притоки реки: слева — Уй, Исеть, Тура, Тавда (последние два имеют судоходное значение); справа — Убаган.

Населённые пункты

Лисаковск
Рудный
Костанай
Курган
Ялуторовск
Тобольск

3. Река Сакмара

Протекает через территории Башкортостана (348 км) и Оренбургской области (412 км).

Впадает в реку Урал на границе города Оренбурга и Оренбургского района.

Длина 798 км, площадь бассейна 30 200 км².

Берёт начало на склонах хребта Уралтау, течёт на юг в широкой горной долине, огибая Зилаирское плато, прорывается в глубоком ущелье и поворачивает на запад.

Поход Кочующих по реке Сакмара был в мае 2003 года. Уралтау (башк. Уралтау) — один из самых длинных горных хребтов Южного Урала. Хребет протянулся на 290 км по территории Баймакского, Бурзянского, Абзелиловского, Белорецкого, Учалинского районов Республики Башкортостан и Челябинской области. Ширина хребта составляет от 10 до 20 км в центральной части.

Высота хребта незначительна по сравнению западными хребтами Урала, и в среднем, не превышает 1000 метров. Самая высокая вершина Уралтау—гора Арвякрязь (1068 м) в Белорецком районе. Уралтау представляет собой главный водораздел рек Южного Урала, текущих на восток (в реку Урал) и на запад (в реку Белую, впадающую в Каму).

Состав Уралтау заметно отличается от западных хребтов -- Аваляка, Ирмеля и других. Хребет сложен преимущественно метаморфическими сланцами и кварцитами, строение по всей длине постоянно. В тектоническом отношении представляет собой Уралтауский антиклинорий.

Рельеф хребта сопочно-хребтовый средне- и низкогорный, представлен системой параллельных гряд, увалов и сопок, которые отделены друг от друга широкими, мягкоочерченными понижениями. На вершинах поднимаются денудационные останцы в виде скалистых сопок.

Питание преимущественно снеговое. Половодье с апреля до начала июня.

Средний расход воды в 55 км от устья 144 м³/с.

Замерзает в ноябре, вскрывается в апреле. Является довольно полноводной рекой. Течение быстрое, ближе к Оренбургу более спокойное. Вода в реке холодная даже летом (достигает в жаркие дни 23 градусов). Ширина доходит местами до 80 метров и более, глубина до 5 метров.

По сравнению с температурой в реке Урал, температура в Сакмаре на 2 градуса ниже.

Происхождение наименования реки точно не установлено.

Возможно, древний финно-угорский топоним (имена рек Сакмара, Самара, Кунара и др. на Южном и Среднем Урале сравнивают с венгерским ар - "поток").

А башкиры называют реку иначе – Хакмар, то есть «Осторожно иди».

4. Река Самара

Одной из крупных рек Оренбуржья является Самара.

Она берет начало в 50 километрах к северо-западу от Оренбурга, на безлесном склоне Сырта-увала, и впадает у города Самары в Волгу.

Общая длина ее 592 километра.

В пределах Оренбургской области находится верхняя часть Самары длиной около 290 километров.

Основные притоки Самары - Ток (304 километра), Большой Кинель (441 километр), Бузулук (250 километров), Боровка, Большой Уран, Малый Уран.

Длина Самары около 600 км, площадь бассейна – около 47 тыс. кв. км.

С левой стороны реки - склоны довольно пологие, а справа — возвышенности.

Пойма Самары лесистая, основные деревья - ольха, дуб, сосна и береза.

В верховьях Самара напоминает большой ручей, максимальная ширина ее - 10 метров. После впадения в Самару притоков Бузулука, Боровки и Тока, ситуация ощутимо меняется: река раздается до 3 километров в ширину.

В низовьях Самара довольно широка и полноводна, там и тут встречаются заливы и островки.

В реке водятся следующие виды рыб: густера, плотва, судак, жерех, подлещик, карась, язь, окунь, щука.

Река Самара очень живописна в районе национального парка Бузулукский бор. Здесь обширные массивы лесов, отличная рыбалка и отдых на природе.

Как правило, сплавливаются Бузулука до Утевки, где самые красивые и потрясающие места, и даже есть перекатики, уже ниже Утевки леса кончаются и начинается населенка.

Есть несколько мнений о **происхождении названия Самара**:

Самур (иранский язык) - бобр, выдра.

Самар, Самр (татарское, чувашское, калмыцкое) - мешок.

Самар (монгольское) - орех, ореховая.

Семар (венгерское) – пустыня, степь, степная река.

Самура, самаура (монгольское) – мутить, смешивать.

Сам - сын Ноя, владевший этими землями.

Самарканд – от названия этого города, который основал правитель Самар.

Сама Ра (древнерусское + древнегреческое название Волги - Ра) – «Как Волга».

Самара, самарка (старорусское) - длиннополая одежда.

5. Гидрология реки Урал

Ура́л (башк. Яйыҡ, каз. Жайық) — река в Восточной Европе, протекает по территории России и Казахстана, впадает в Каспийское море.

Древнее название (до 1775 года) — Яйк. Гидроним восходит через тюркское посредство к древне-иранскому наименованию: под названием *Daïks река показана на карте Птолемея II века н.э. В настоящее время древнее название реки является официальным в Казахстане, а также в башкирском языке.

Является третьей по протяжённости рекой Европы, уступает по этому показателю только Волге и Дунаю.

На старинных европейских картах Урал именуется Rhyrnus fluvius. Первое упоминание в русских летописях в 1140 году.

География

Берёт начало на склонах вершины Круглая сопка (хребта Уралтау) в Учалинском районе Башкортостана. Впадает в Каспийское море.

Пётр Рычков в своей книге «Топография Оренбургская» писал: «Яикъ вершину имьеть за Уральскими горами на Сибирской дорогъ, въ Купаканской волости, изъ горы называемой Калганъ Тау, что значить: Крайняя или Остальная гора въ Уралъ. Сія река изстари разделяеть Башкирцовъ съ Киргисъ Кайсаками»

В начале Урал течёт с севера на юг, встретив же возвышенное плоскогорье Казахской степи, круто поворачивает на северо-запад, за Оренбургом меняет направление к юго-западу, у г. Уральска река делает новый крутой изгиб к югу и в этом главном направлении, извиваясь то к западу, то к востоку, впадает в Каспийское море. Устье Урала делится на несколько рукавов и постепенно мелеет.

В 1769 г. Паллас насчитал девятнадцать рукавов, часть которых выделялась Уралом в 66000 метрах выше впадения его в море; в 1821 г. было всего девять, в 1846 г. — только три: Яицкое, Золотинское и Перетаскное. К концу 50-х и началу 60-х годов XIX века до самого города Гурьева никаких рукавов с постоянным течением от Урала почти не отделялось. Первый рукав, отделявшийся от главного русла слева, был Перетаск, разделявшийся на протоки Перетаскной и Алексашкин.

Ещё ниже русло Урала делилось на 2 рукава — Золотинский и Яицкий, причём как первый, так и второй делились на два устья: Большое и Малое Яицкое, Большое и Старое Золотинское. От Золотинского рукава на восток отходил ещё один рукав, Бухарка, впадающий в море между Перетаском и Золотым.

Бассейн Урала занимает по величине шестое место среди рек России и равняется 237 000 км². Протяжение самой реки исчисляется в 2428 км.

Горизонт воды находится на абсолютной высоте 635 м.

Падение воды Урала не особенно велико; от верховьев до Орска оно имеет около 0,9 метра на 1 километр, от Орска до Уральска не более 30 сантиметров на 1 километр, ниже — ещё меньше.

Ширина русла в общем незначительна, но разнообразна. Дно Урала, в верховьях каменистое, в большей же части течения его глинистое и песчаное, а в пределах Уральской области имеются каменные гряды. Под Уральском дно реки выстлано мелкой галькой, которая встречается несколько больших размеров у «Белых горок»; особая галька из плотной глины, кроме того, попадает в некоторых местах нижнего течения Урала (в «Погорелой луке»). Течение Урала довольно извилисто и образует большое число петель. Урал, при малом падении воды, на всём протяжении очень часто меняет главное русло, прорывает себе новые ходы, оставляя по всем направлениям глубокие водоёмы, или «старицы».

Благодаря изменчивому течению Урала многие казачьи селения, бывшие раньше при реке, оказались впоследствии на старицах, жители других селений вынуждены были переселиться на новые места только потому, что старые пепелища их были постепенно подточены и снесены рекой. В общем, долина Урала изрезана по обеим сторонам старицами, узкими протоками, расширенными протоками, озёрами, маленькими озёрами; во время весеннего водоразлития, происходящего от таяния снегов на Уральских горах, все они наполняются водой, которая держится в иных до следующего года.

Весною реки и речки несут в Урал массу талой воды, река переполняется, выходит из берегов, в тех же местах, где берега отлоги, река разливается на 3—7 метров. Урал мало судоходен. Здесь водятся осетр, севрюга, сазан, сом, судак, лещ, сом, чубак. Так же от реки проводится водопровод к нефтепромыслам.

Большинство притоков впадает в него с правой, обращённой к Общему Сырту стороны; из них известны: Артазым, Большой Кизил, Таналык, Губерля, Сакмара, Заживная, теряющаяся в пойме, не доходя до Урала, в лугах между посёлками Студеновским и Кинделинским, Кинделя и Иртек в пределах Оренбургской области; в Западно-Казахстанской области ниже Иртека вливаются несколько мелководных речек, в том числе Рубежка, при устье которой были первые селения яицких казаков, самым водным притоком справа является р. Чаган, вытекающая из Общего Сырта.

Слева впадают реки: Гумбейка, Суундук, Большой Кумак, Орь, Илек, Утва, Барбашева (Барбастау) и Солянка, заметная лишь весною и пересыхающая летом.

Граница между Азией и Европой

Памятный знак «Европа — Азия» на берегу Урала в Верхнеуральске

Вопреки всеобщему заблуждению река Урал является естественной водной границей между Азией и Европой только в верхнем её течении в России. Граница проходит в г. Верхнеуральск и г. Магнитогорск, Челябинской области. В Казахстане географически граница между Европой и Азией проходит на юг от Орска по хребту Мугоджары. Таким образом, река Урал является внутренней европейской рекой, только российские верховья реки восточнее Уральского хребта относятся к Азии.

Предварительные результаты проведённой в апреле — мае 2010 года экспедиции Русского географического общества в Казахстане показали, что проведение границы Европы и Азии по реке Урал, равно, как и по Эмбе, не имеет достаточных научных оснований. Дело в том, что южнее Златоуста Уральский хребет, потеряв ось, распадается на несколько частей, затем горы и вовсе постепенно сходят на нет, то есть исчезает главный ориентир при проведении границы. Реки Урал и Эмба ничего не делят, так как местность, которую они пересекают, идентична.

Самая крупная река Оренбургской области Урал (в древности Яик), основная часть её стока формируется в Оренбуржье.

Две другие крупные реки - Сакмара и Илек - берут начало соответственно в Башкирии и в Казахстане, но впадают в Урал в пределах Оренбургской области. Урал по своей длине - третья река Европы; по протяженности он уступает только Волге и Дунаю. Даже Днепр короче Урала на 249 километров.

Урал является главной водной артерией Оренбургской области. Река Урал пересекает Оренбургскую область с востока на запад, протекая по 10 районам области на протяжении 1164 км. Главной особенностью реки является неравномерность стока. В весеннее половодье Урал превращается в огромный водоток, заполняя всю пойму шириной 6—8 км.

Урал по своей длине - третья река Европы; по протяженности он уступает только Волге и Дунаю. Даже Днепр короче Урала на 249 километров.

Два первых крупных оренбургских притока Урала Таналык и Суундук впадают в настоящее время в Ириклинское водохранилище, образуя одноименные заливы. Река Таналык протяженностью 225 км берет начало в отрогах Урала, затем пересекает Ирендык. Среднемеженный расход воды в Таналыке не превышает 1,0 м³/с.

В районе города Орска в Урал слева впадают еще два значительных притока Большой Кумак и Орь.

На всем протяжении от Ириклинского водохранилища до устья Сакмары Урал принимает справа лишь один значительный приток - Губерлю.

Наиболее крупные левобережные притоки Урала от города Орска до устья Илека - Киялыбуртя, Уртабуртя, Буртя, Бердянка, Донгуз, Черная - типичные степные реки с короткими, но бурными весенними паводками. Две последние из них - Донгуз и Черная - из-за строительства на них крупных водохранилищ в середине лета практически пересыхают.

Река Илек - самый крупный левобережный приток Урала. Ниже Илека Урал принимает справа еще три значительные притока: Кинделю, Иртек и Чаган. Последний из них впадает в Урал уже за пределами Оренбургской области.

У города Орска в Урал впадает река Орь. В "Ущелье" река почти прямолинейно прорезывает Уральский хребет, ещё ниже начинается 40-километровый участок Хабарнинского ущелья. На этом отрезке Урал принимает воды горных речек Губерли с Чебаклой и Киндерли – справа, а слева – Эбиты, Айтуарки и Алимбета.

На карте бассейн Урала напоминает изогнутое в одну сторону дерево с утолщенным посредине стволом и очень короткими ветвями. Только правый приток - река Сакмара, протекающая на большом протяжении параллельно Уралу, имеет сравнительно густую разветвленную сеть притоков.

Река Урал не судоходная, ширина ее 50-170 м., глубина 3-5 м., скорость течения 0,3 м/с, дно песчаное, бродов нет. Берега преимущественно обрывистые, высота обрывов 5-9 м. Пойма Урала широкая - 10-12 км., луговая, со значительными массивами леса, большим числом колков, редким кустарником, изрезана многочисленными реками, старицами и протоками, много озер.

В древних источниках встречается название реки Урал - Ликос, Даикс, Даих, Джаих, а также Руза, Яик, Ягак, Ягат, Улусу, Запольная река. Название реки Яик и созвучные с ним Даикс, Даих, Ягак и проч. встречаются уже около двух тысяч лет. Сейчас трудно сказать, что означало слово "Даикс" во времена Птолемея, когда в бассейне Урала еще кочевали ираноязычные племена сарматов. Русская же форма "Яик" впервые встречается в русской летописи 1229 г.

Ее считают производной от общетюркской основы "Жаик" со значением "широкое русло реки" или "широко разливающийся".

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ

ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1. Лабораторная работа № 1 (ЛР-1).

Тема: Определение химических свойств природных вод

2.1.1 Цель работы: закрепление, углубление теоретических знаний по разделу «Методы анализа природных вод» при изучении дисциплины «Анализ и улучшение качества природных вод».

2.1.2 Задачи работы:

1. Определить содержание компонентов (CO_2 своб., иона CO_3^{2-} , иона HCO_3^- , общей жесткости, иона Ca^{2+} , иона Mg^{2+} , иона Cl^-) в природной воде.

3. Написать отчет, приводя формулы расчета и словесное описание результатов работы.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Природная вода 1 л.

2. Полевая лаборатория МЛАВ.

3. Краткая пропись последовательности операций при определении каждого компонента природной воды.

4. Колбы для титрования объемом 200 мл.

5. Мерная посуда: колба на 50 мл, пипетки на 1 мл и на 10 мл.

6. Вода дистиллированная.

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Согласно краткой прописи титриметрических методик определения компонентов в воде отмерить в колбу 50 мл исследуемой воды.

2. Добавить в колбу необходимые реактивы.

3. Оттитровать определяемый компонент раствором, находящимся в капельнице, считая число капель (объем одной капли равен 0,05 мл).

4. Вылить из колбы смесь в раковину, помыть колбу, приступить к определению следующего компонента воды.

5. По соответствующей формуле рассчитать содержание определяемого компонента в природной воде.

6. По паспорту лаборатории установить соответствие величин погрешностей с диапазоном концентраций компонентов (по результатам анализа природной воды).

7. По паспорту лаборатории для каждого компонента результата анализа природной воды определить величину относительной погрешности.

8. По формуле величину относительной погрешности перевести в величину абсолютной погрешности (мг/л).

9. Оформить результаты анализа воды в виде таблицы результатов с приписными погрешностями.

2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа).

Тема: Химические свойства воды

2.2.1 Цель работы: закрепление, углубление теоретических знаний по разделу.

2.2.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с составом полевой лаборатории.

2. Определить содержание SO_4^{2-} -иона в исследуемой воде методом турбидиметрии.

3. Результат анализа представить в виде таблицы в сравнении с ПДК и кларками компонента в природных водах.

4. Написать отчет, приводя словесное описание хода и результатов работы

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Природная вода 1 л по заданию преподавателя.

2. Полевая лаборатория МЛАВ.

3. Краткая пропись турбидиметрической методики на определение иона SO_4^{2-} в природной воде.

4. Шкала мутности для определения иона SO_4^{2-} .

5. Полевой мутномер.

6. Две пробирки с делениями на 100 мм, на дне которых нанесён крест.

7. Паспорт аккредитованной лаборатории.

2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Согласно краткой прописи турбидиметрической методики определения сульфат-иона в воде налить в две пробирки исследуемой воды до отметки 100 мм.

2. В рабочую пробирку добавить необходимые реактивы.

3. Перемешать раствор, через 10 минут вновь перемешать раствор.

4. Если крест на дне пробирки виден, то сравнить интенсивность помутнения полученного раствора со стандартной пленочной турбидиметрической шкалой определяемого компонента SO_4^{2-} с помощью мутномера и воды в пробирке сравнения.

5. Если крест на дне пробирки не виден, выполняют действия по подробной прописи полевой турбидиметрической методики определения SO_4^{2-} .

6. По паспорту лаборатории установить соответствие величин погрешностей с диапазоном концентрации компонента SO_4^{2-} (по результатам анализа природной воды).

7. По паспорту лаборатории для результата анализа природной воды на содержание SO_4^{2-} определить величину относительной погрешности.

8. По формуле величину относительной погрешности перевести в величину абсолютной погрешности (мг/л).

9. Оформить результат анализа воды в виде таблицы результатов с приписной погрешностью.

2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа).

Тема: Водные ресурсы Земли, России.

2.3.1 Цель работы: закрепить полученные знания и применить данные знания в практике

2.3.2 Задачи работы:

1. Дать определение водным ресурсам

2. Отметить на карте реки, озера, моря и океаны

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: контурная карта, цветные карандаши, атлас рабочие тетради

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Ознакомится с водными ресурсами Земли, России

2. Отметить водные ресурсы на карте

3. Проверить свои знания

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: Гидрологические процессы и их влияние на природную среду.

2.4.1 Цель работы: Изучить гидрологические процессы и их влияние на природную среду.

2.4.2 Задачи работы:

1. Дать понятие гидрологическим процессам

2. Изучить влияние гидрологических процессов на окружающую природную среду.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. рабочая тетрадь

2. атлас

2.4.4 Описание (ход) работы: повторить теоретический материал, провести работу согласно методическим указаниям, полученные данные записать в тетрадь.

2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: Гидрология ледников и болот

2.5.1 Цель работы: Изучить гидрологию и дать определение ледников и болот

2.5.2 Задачи работы:

1. *Дать характеристику гидрологии ледников*

2. *Дать характеристику гидрологии болот*

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: методички, рабочие тетради, кусочки льда, болотная вода

2.5.4 Описание (ход) работы: повтор пройденного материала, рассмотреть пробы болотной воды (охарактеризовать), рассмотреть и охарактеризовать кусочки льда.

2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема: Морфологические характеристики реки и ее бассейна. Строение речной долины. Русловые образования

2.6.1 Цель работы: Дать морфологическую характеристику реки и ее бассейна. Изучить строение речной долины и руслового образования.

2.6.2 Задачи работы:

1. изучить морфологию реки и бассейна

2. *изучить строение долины и русла*

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: рабочие тетради, метр, шест для измерения, веревка.

2.6.4 Описание (ход) работы:

1. повторить пройденный материал

2. измерить глубину, ширину русла реки, протяженность

3. определить характер грунта

4. полученные данные записать в рабочий дневник

2.7 Лабораторная работа № 7(2 часа).

Тема: Физико – географические факторы речного стока.

2.7.1 Цель работы: Определить физико-географические факторы влияющие на речной сток воды

2.7.2 Задачи работы:

1. дать определение речному стоку воды

2. выделить основные физико-географические факторы влияющие на сток реки

3. определить суточный и часовой сток воды в реке

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. методические указания

2. рабочие тетради

3. секундомер

4. поплавки

5. шпагат

2.7.4 Описание (ход) работы: повторить пройденный материал, провести опыт по плану методики, полученные данные записать в рабочие тетради

2.8 Лабораторная работа №8(2 часа).

Тема: Классификация рек по источникам питания и водному режиму.

2.8.1 Цель работы: изучить классификацию рек по источникам питания и водному режиму

2.8.2 Задачи работы: определить классификацию рек по источникам питания

2. определить классификацию рек по водному режиму

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: рабочие тетради, методическое пособие, атлас

2.8.4 Описание (ход) работы: повторение пройденного материала, изучит атлас, обозначить на карте классификации рек согласно методическому пособию, сделать выводы

2.9 Лабораторная работа № 9(2 часа).

Тема: Анализ распределения температуры воды, солености в Мировом океане.

2.9.1 Цель работы: оценить состояние температуры и солености морской воды

2.9.2 Задачи работы: 1. Измерить температуру морской воды

2. оценить соленость морской воды

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: рабочая тетрадь, методическое пособие, морская вода, пробирки, спиртовка, градусник

2.9.4 Описание (ход) работы: повтор пройденного материала, разлит морскую воду по пробиркам и измерить температуру, прокипятить воду осадок взвесить, полученные данные занести в таблицу

2.10 Лабораторная работа № 10(2 часа).

Тема: Качество природных вод. Нормирование качества вод.

2.10.1 Цель работы: Оценить состояние природных вод.

2.10.2 Задачи работы: *Определить качество природных вод*

2. *нормировать природную воду*

2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: рабочие тетради, атлас, проба воды, пробирки

2.10.4 Описание (ход) работы: повтор пройденного материала, разлить пробы воды по подписанным пробиркам, сделать анализ согласно методическим указаниям

2.11 Лабораторная работа № 11(2 часа).

Тема: Источники загрязнения природных вод. Основные загрязнители

2.11.1 Цель работы: оценить состояние данной реки

2.11.2 Задачи работы: 1. *собрать источники загрязнения*

2. *оценить состояние анализируемой реки*

2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: мусорные пакеты, перчатки

2.11.4 Описание (ход) работы: провести технику безопасности, собрать источники загрязнения, оценить состояние загрязнения природных вод, полученные данные записать в рабочую тетрадь