|  |
| --- |
| **Гидрология рек** |

**§1. Реки и их распространение на земном шаре**

*Река* – это водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло. Это постоянные водотоки с площадью бассейна не менее 50 км2.

К рекам не относятся водотоки меньшего размера - ручьи, временные водотоки (вали в пустынях) и водотоки без водосбора (приливные водотоки в приморских районах) и водотоки с искусственным руслом, то есть каналы.

Если вода - это кровь ландшафта, то реки - это кровеносная система ландшафта, переносящая вещество и преобразующая сам ландшафт. В этой связи важное значение приобретает понятие стока.

*Сток* - это процесс стекания воды с водосборов вместе с содержащимися в ней веществами и теплом.

Речной сток - важный элемент материкового звена глобального круговорота воды и веществ, а также мощный геологический агент, главнейший фактор, определяющий взаимосвязь между объектами суши и гидросферы.

Единовременно во всех реках земного шара находится 2115 км3 воды.

*Распространение рек* на земном шаре неравномерное. Наиболее крупные реки находятся в Южной Америке, Африке, Азии. Наибольшую среди рек площадь бассейна имеет Амазонка (6915 тыс. км2) и она же самая водоносная (16,6% стока всех рек мира). Наибольшую длину имеет река Нил (с Кагерой) - 6670 км.

К крупнейшим рекам земного шара относятся также реки с площадью бассейна более 3 млн. км2: Конго (Заир) - (3820 тыс. км2), Миссисипи (3220), Ла-Плата с Уругваем (3100) и реки длиной более 4000 км: кроме перечисленных еще Янцзы (5520 км), Лена (4400), Маккензи (4240) и Нигер (4160).

В России крупнейшие реки – Лена (2,49 млн. км2, 4400 км), Обь (2,99 млн. км2, длина 3650 км), Енисей (2,58 млн. км2, 3490 км), Амур (1,85 млн. км2, 2820 км), Волга (1,36 млн. км2, 3350 км).

В Крыму - 1657 малых рек и временных водотоков общей протяженностью - 5996 км, преобладают 30 малых рек. Средний модуль речного стока составляет 1,04 л/с∙км2. Годовой объем речного стока Крыма - около 450 млн. м3 (1995 год).

**§2. Типы рек**

Реки типизируются по различным признакам. Например, по размерам бассейна они подразделяются на:

*Большие* - с площадью бассейна более 50000 км2, расположенного в нескольких географических зонах.

*Средние* - с площадью бассейна от 2000 до 50000 км2. Бассейн расположен в пределах одной географической зоны и обладает зональным гидрологическим режимом.

*Малые* - с площадью бассейна от 2000 до 50 км2, лежащего в пределах одной зоны и обладающего азональным гидрологическим режимом, формирующимся под влиянием местных условий.

Типы рек по условиям протекания:

*Равнинные;*

*Полугорные;*

*Горные.*

Типы рек по источникам питания:

*Снегового питания;*

*Дождевого питания;*

*Подземного питания;*

*Ледникового питания*.

Типы рек по водному режиму:

*Реки с весенним половодьем;*

*Реки с половодьем в теплую часть года;*

*Реки с паводковым режимом.*

Типы рек по ледовому режиму:

*Замерзающие*

*Незамерзающие*.

**§3. Морфология и морфометрия реки и ее бассейна**

Водосбор и бассейн реки часто совпадают, хотя их следует различать.

*Водосбор реки* - это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда данная река получает свое питание. Бывает поверхностный водосбор и подземный, иногда их границы не совпадают.

*Бассейн реки* - это часть суши, включающая данную речную систему и ограниченная водоразделом.

Бассейны рек, впадающих в один и тот же приемный водоем, объединяются в бассейны озер, морей и океанов (рис. 9).

Важными характеристиками бассейнов являются их средняя высота и средний уклон поверхности бассейна.

Любой бассейн оценивается через физико-географические характеристики, важнейшие из которых следующие:

* географическое положение и природная зона;
* геологическое строение и рельеф;
* климат;
* почвенно-растительный покров;



Рис. 9. Бассейн реки Обь (слева) и речные водосборы бассейна Балтийского моря (справа).

* степень преобразования бассейна хозяйственной деятельностью;
* коэффициенты озерности, болотистости, лесистости и другие, вычисляемые по формуле:

K=f/F

где f - площадь, занятая озерами, болотами, лесами, ледниками; F - полная площадь территории.

Речные бассейны отделены друг от друга водоразделами.

*Водораздел* - это линия на земной поверхности, разделяющая сток атмосферных осадков по двум противоположно направленным склонам, в разные речные системы. Так же это линия, разделяющая речные бассейны, относящиеся к разным морям или океанам.

В горных районах водоразделы хорошо морфологически выражены и проходят по вершинам горных хребтов. На равнинах они выражены неясно и обычно проходят по низким плато.

*Главный водораздел Земли* разделяет земной шар на две основные покатости, по которым воды стекают с континентов в Мировой океан: Атлантическую и Тихоокеанско-Индийскую. Мировой водораздел простирается: от мыса Горн Южной Америки, через Анды и Кордильеры до Берингова пролива; на северо-востоке Азии - по Чукотскому хребту, через Анадырь, Гыдан, Джугджур, Становой, Яблоновый хребты, затем через Центральную Азию, север Аравийского полуострова и далее в меридиональном направлении по восточной части Африки приближается к Индийскому океану.

К основным *морфометрическим характеристикам бассейна* реки относят:

* площадь бассейна F;
* длина Lb (от устья реки до точки на водоразделе вблизи истока);
* максимальная ширина Вb;
* средняя ширина Bcp=F / Lb;
* длина водораздельной линии Lвдр;
* средняя высота и средний уклон.

Любая река начинается с истока и заканчивается устьем.

*Исток* – место начала реки (выход из родника, озера, болота, ледника).

*Устье* - место непосредственного впадения реки в приемный водоем или другую реку.

*Длина реки* L - это расстояние вдоль русла *между* истоком и устьем реки. Течение реки разделяется на верхнее, среднее и нижнее.

*Коэффициент извилистости реки* (Кизв)- это отношение реальной длины реки L к длине прямой l, соединяющей ее исток и устье:

Кизв = L / 1

*Речная сеть или система* – совокупность главной реки со всеми ее притоками в пределах данного речного бассейна, сливающихся вместе и выносящих свои воды с этой территории в виде общего потока (главной реки) в океан, море или озеро. Ее характеризуют:

*Протяженность речной сети* - это сумма длин всех рек в пределах бассейна.

*Густота речной сети* (D) - это отношение протяженности речной сети к площади бассейна (F).

В ходе эрозионной и аккумулятивной деятельности рек формируются геоморфологические элементы, образующие флювиальный тип рельефа

*Долина реки* – отрицательная линейно вытянутая форма рельефа, образованная главным образом эрозионной деятельностью водотока, обладающая общим падением от истока к устью и от бортов долины к руслу.

*В поперечном профиле* долины выделяют: склоны и дно. В пределах дна (ложа) находятся русло и пойма. На склонах располагаются уступами речные террасы (рис.10).

*По форме* поперечного профиля речные долины подразделяют на:

теснины,

ущелья,

каньоны,

V-образные,

трапецеидальные,

ящикообразные,

корытообразные и др.



Рис. 10. Поперечный профиль долины (а) и русла реки (б).

 1 — бровка долины (коренного берега), 2- уступ коренного берега. 3 - первая надпойменная терраса (аккумулятивная), 4 — вторая надпойменная терраса (эрозионная), 5 — бровка террасы, 6 - русло реки, 7 — низкая пойма, 8 — высокая пойма, 9 — коренные породы, 10 — аллювиальные отложения, 11 — прирусловой вал.

Речные долины *по происхождению* могут быть эрозионными, тектоническими, ледниковыми, карстовыми и др.

*Русло* – наиболее пониженная часть речной долины, по которой происходит сток воды в межпаводочные периоды.

Для определения расхода воды, количества наносов, объема растворенных веществ и других гидрологических величин необходимо знать *морфометрические характеристики**русла* на данном участке. Основным источником информации для этой цели являются поперечный профиль водного сечения и план участка руслав изобатах или горизонталях.

*Изобатами*называются линии равных глубин, отсчитываемых от поверхности воды. План в изобатах легко перестроить в план в горизонталях, если известны отметки уровня воды во время производства промеров. Последний предпочтительнее при построении графика изменения элементов водного сечения в зависимости от уровня воды.

*Водным сечением*реки называется сечение потока в плоскости, перпендикулярной его динамической оси. При ледяном покрове площадь водного сечения определяется за вычетом площади погруженного льда.

Участки в водном сечении, особенно у берегов, где течения воды нет, называются *мертвыми пространствами***.** При определении расхода воды они исключаются из общей площади водного сечения. Оставшаяся часть называется *живым сечением русла*(т.е. часть водного сечения реки, где наблюдается течение). С помощью живого сечения определяются следующие *морфометрические характеристики русла*:

* площадь поперечного сечения W;
* ширина русла В;
* максимальная глубина русла hmax;
* средняя глубина hcp = W / В;
* смоченный периметр Р - длина линии дна между берегами реки;
* гидравлический радиус R = W / Р (обычно равен средней глубине).

Русла рек по форме в плане подразделяются на:

*- прямолинейные,*

*- извилистые (меандрирующие),*

*- разделенные на рукава,*

*- блуждающие* (рис. 11).

Рис. 11. Типы речных русел

а – прямолинейные, б – извилистые, в – разделенные на рукава, г – блуждающие; 1 – линия наибольших глубин, 2 – отмель, 3 – осередок или остров, 4 – размываемый участок берега, 5 – направление течения.

Согласно представлениям М.А. Великанова, формирование извилистых русел происходит следующим образом (рис. 12). Первоначально русло приобретает синусоидальные очертания в плане со сравнительно плавными поворотами (а). В дальнейшем кривизна поворотов увеличивается, и синусоида постепенно преобразуется в ряд сопряженных полукружий (б). Последние, по мере размыва вогнутых берегов, трансформируются в форму петель (в). Все эти трансформации сопровождаются удлинением русла, а значит, и уменьшением уклона. В половодье, когда уровень воды повышается, и скорость резко возрастает. Поток может размыть узкий перешеек между сблизившимися излучинами. Происходит спрямление русла. Отторгнутая извилина часто обособляется и превращается в старицу (г).

Рис. 12. Схема образования старицы

Особенно густой и сложной сетью стариц (староречий) отличаются равнинные реки (Обь, Лена и др.), протекающие в широких аллювиальных долинах.

К основным морфологическим элементам русла относят:

1. *Излучины* (меандры).

2 *Осередки*- затапливаемые подвижные возвышения дна, отделенные от берегов водой.

3. *Острова*- более высокие, более стабильные и закрепленные растительностью осередки, а также отчленившиеся части поймы.

4. *Рукава*- части русла, отделенные островами.

5. *Протоки*- сравнительно короткие и мелкие ответвления русла, отделенные осередками.

6. Глубокие участки русла – *плесы*, расположенные в местах наибольшей кривизны русла у вогнутого берега.

7. *Побочни* – отмели, находящиеся у выпуклых берегов напротив плесов.

8. Мелкие участки русла – *перекаты* **-** расположены на прямолинейных участках между плесами, пересекая русло под углом 20-30°. Часто имеется повышение дна в середине. Наиболее глубокая часть переката называется *корытом переката;* наиболее мелководный участок фарватера над перекатом - *гребнем переката.* Иногда перекаты расположены группами, образуя *перекатные участки,* положение которых стабильно. Отдельные перекаты могут смещаться вниз по течению вдоль перекатного участка (Козьмодемьянский на Волге – более 8 км за 100 лет).

9. *Донные гряды*различного размера (рифели, донные дюны, песчаные стоячие волны, антидюны, ленточные гряды и др.).

10. Полоса в русле реки с глубинами, наиболее благоприятными для судоходства, называется *фарватером.*Иногда помимо линии фарватера выделяют *линию наибольших глубин*.

Выше русла располагается *пойма*.Пойма формируется в результате отложений наносов и плановых деформаций русла. В период половодья (паводков) речная вода выходит из берегов и затопляет пойму. Таким образом, в этот период руслом потока является межевое русло вместе с поймой. В искривленных руслах усиливается размыв вогнутого берега и отложение наносов у выпуклого борта с формированием пляжей, напоминающих побочни, но неподвижных. Оконечности пляжей, обсыхая, образуют з*аструги*, а они, разрушаясь, *косы*, вытянутые по течению. Водное пространство между косой и берегами называется *затоном*.

Косы и пляжи зарастают растительностью, увеличивают свои размеры и превращаются в *береговые валы*. При увеличении извилистости русла, благодаря размыву его берегов, развороту возникают излучины, называемые *меандрами*.

От истока к устью характер реки определяет *продольный профиль -* это график изменения отметок дна и водной поверхности вдоль русла. Продольный профиль может быть вогнутым, прямолинейным, выпуклым, ступенчатым (когда есть пороги и водопады). Его характеризует *уклон* (I, ‰) – отношение падения реки на каком-либо ее участке к длине этого участка:

I = ΔHi / Li

где ΔHi - падение уровня реки (см); Li - длина реки на данном участке i.

Уклон в каждой точке продольного профиля зависит от трех факторов: стока воды (среднего расхода), среднего содержания в потоке наносов и средней крупности наносов. Деформации продольного профиля могут также происходить при изменении положения главного базиса эрозии (уровня моря, океана), при врезании в породы с разной противоденудационной стойкостью.

**§4. Питание рек**

Речной сток формируется в результате поступления в реки вод атмосферного происхождения. Часть выпавших жидких осадков образует поверхностный сток и служит непосредственным источником питания рек в периоды паводков.

Твердые осадки аккумулируются в виде снежного покрова, затем на равнинах снег тает в теплое время и служит источником питания рек.

Часть талых и дождевых вод просачиваются в земные толщи, пополняя запасы подземных вод, которые также являются видом питания рек, обеспечивая устойчивость речного стока. Таким образом, существует четыре основных вида питания рек: *дождевое, снеговое, ледниковое и подземное.*

Для рек в условиях теплого климата главный вид питания - дождевое. Этот вид питания рек в глобальном масштабе является главнейшим (реки Амазонка, Ганг, Меконг). Вторым по важности служит снеговое питание рек в условиях умеренного климата (Восточно-Европейская равнина). Третье место занимает подземное питание, на долю которого приходится 1/3 речного стока. Ледниковое питание незначительно, всего около 1% стока рек мира (реки Кавказа и Средней Азии).

В России преобладает снеговое питание. На черноморском побережье Крыма и Кавказа главенствует дождевое питание. По регионам соотношения разных видов питания существенно варьируют (табл. 3). У каждой реки доля видов питания может быть различной. Наиболее простой, но приближенный способ их выделения - это графическое расчленение гидрографа.

Русский климатолог А.И. Воейков первым предложил классификацию рек земного шара по видам питания. Были выделены области, где реки получают питание преимущественно:

* от таяния сезонного снега и ледников;
* от дождей;
* где нет постоянных водотоков.

Таблица 3

Соотношения разных видов питания в реках различных природных зон



В настоящее время распространена классификация М.И. Львовича:

- Если один из видов питания дает более 80% годового стока реки, то ему придается *исключительное* значение;

* Если 50 - 80% - *преимущественное*;
* Если менее 50% все виды - это *смешанное* питание.

Исключительно снеговое питание имеют реки Заволжья и Северного Казахстана. Преобладающее снеговое питание имеют большинство рек России. Реки дождевого питания - Северный Кавказ и Крым. Ледниковое питание имеют реки Кавказа и гор Средней Азии.

**§5. Водный режим рек**

Колебания водности рек тесно связаны с понятиями водный режим и водность.

*Водный режим* - это закономерные изменения стока, скорости течения, уровней воды и уклонов водной поверхности во времени и вдоль реки, зависящие, прежде всего, от метеорологических и климатических факторов.

*Водность реки* - это относительная величина речного стока за определенный период по сравнению со средним многолетним стоком этой же реки. Следует отличать понятия водность и водоносность реки.

*Водоносность реки* - это абсолютная средняя многолетняя величина стока реки.

В зависимости от масштаба времени виды колебаний водности рек могут быть следующими:

* *Вековые* - отражают вековые и тысячелетние изменения климатических условий и увлажнения материков. Например, 1850-летние периоды увлажнения, выявленные акад. А.В. Шнитниковым.
* *Многолетние* - имеют метеорологическую природу и периодичность в десятки лет. Например, колебания, связанные с 11-летними циклами активности Солнца.
* *Сезонные* - обусловлены сезонными изменениями элементов водного баланса бассейна реки в течение года. Например, колебания, обусловленные чередованием ежегодных сезонов дождей и засух.

- *Кратковременные* - обусловлены метеорологическими факторами (ливневые дожди), геологическими процессами (прорыв морен, горные обвалы) и антропогенными (сброс воды в гидроузлах, плотинах).

Для рек, находящихся в сходных физико-географических условиях и расположенных близко друг от друга характерна синхронность колебаний их стока.

*Фазы водного режима рек* – это характерные периоды во внутригодовом сезонном режиме рек, которые выделяются в зависимости от изменения условий питания и особенностей водного режима.

Различают следующие фазы:

*Половодье* - фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в определенный сезон и характеризующаяся наибольшей водностью и подъемом уровня воды, часто с выходом воды на пойму. Весеннее половодье, как правило, формируется в результате таяния снега, но может усиливаться одновременно выпадающими осадками.

*Летнее* половодье вызывается таянием высокогорных снегов и ледников (Памир, Тянь-Шань, Кавказ).

*Весеннее* дождевое половодье проходит на реках Средней Европы и Северной Америки.

*Весенне-летнее* дождевое половодье характерно для районов с муссонным климатом.

*Осеннее* дождевое половодье наблюдается в реках экваториальной зоны (Амазонка, Нил, Нигер).

*Зимнее* половодье охватывает районы со средиземноморским климатом.

*Паводок* это многократно повторяющаяся фаза водного режима, характеризующаяся интенсивным и кратковременным увеличением расходов и уровней воды, вызываемым дождями и снеготаянием во время оттепелей. Они могут повторяться в различные сезоны года.

*Межень -* это фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в определенный сезон и характеризующаяся малой водоносностью и низким уровнем вод вследствие уменьшения питания реки.

Выделяют летнюю и зимнюю межень:

*Летняя* межень характерна для рек степной и полупустынной зон, в этот период река питается преимущественно подземными водами.

*Зимняя* межень типична для рек континентального климата, часто совпадает с периодом ледостава. В этот период река питается грунтовыми водами. В районах с суровым климатом малые реки иногда промерзают до дна.

Сезонные фазовые изменения водности рек фиксируются с помощью *гидрографа*, который представляет собой график колебаний водности реки, то есть изменения расхода воды (м3/с) в данном створе реки в течение года (рис. 13). Гидрограф позволяет проводить предварительные расчеты объемов воды, относящихся к различным видам питания и на основании этого осуществлять классифицирование рек.

Рис. 13. Гидрограф реки с весенним половодьем

1 – грунтовое питание, 2 – снеговое питание, 3 – дождевое питание

Haиболee распространенной классификацией рек по водному режиму является классификация Зайкова Б.Д., в которой все реки разделены на три большие группы:

- *Реки с весенним половодьем,* *обусловленным таянием снега*, характеризуются высоким весенним половодьем и низкой летней и зимней меженью (Восточная Европа, Сибирь).

* *Реки с половодьем в теплую часть года* характеризуются невысоким растянутым половодьем, обусловленным дождями, таянием ледников и высокогорных снегов, и низким стоком в холодную часть года (Дальний Восток, Средняя Азия, Кавказ).
* *Реки с паводочным режимом* характеризуются отсутствием половодья и наличием ряда дождевых паводков в течение года (Причерноморье, Крым, Карпаты, Северный Кавказ).

**§6. Речной сток**

*Сток* - это главный элемент материкового звена глобального круговорота веществ и энергии на Земле. Он включает поверхностную и подземную части. Сток, проходящий по поверхности земли, называется поверхностным стоком (его нельзя отожествлять с поверхностными водами). Он состоит из речного стока и стока льда покровных ледников.

*Речной сток* включает сток воды, сток наносов, сток растворенных веществ и сток тепла, осуществляемый рекой.

*Сток воды* (водный сток) - это одновременно и процесс стекания воды в речных системах и характеристика количества стекающей воды. Он определяет все другие виды перемещения веществ и тепла и является их движущей силой.

Сток образуется в результате выпадения дождей или таяния снега. Основными факторами стока, определяющими его развитие, являются климат, характер подстилающей поверхности и антропогенная деятельность. Последняя оказывает прогрессирующее влияние на сток. Другие природные факторы оказывают опосредованное воздействие на сток, усиливая или ослабляя стоковые процессы.

Для количественной оценки стока рек применяются следующие характеристики:

*Расход воды* (Q, м3/с)– объем воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени.

*Объем стока* (W, м3) – количество воды, протекающее в русле реки через данный замыкающий створ, за определенный промежуток времени (за год):

W = TQ,

где T – время, число секунд в году (31,54 · 106с), Q – средний расход, м3/с.

*Норма стока* (Qo, м3/с) – средняя арифметическая величина стока (расхода), вычисленная за длительный (более 50 лет) период. Также она рассчитывается по формуле:

Qo = AF/T,

где А – слой стока, мм; F – площадь водосбора, км2; T – время, число секунд в году (31,54 · 106с).

*Модуль стока* (М, л/с·км2) – количество воды, стекающей с единицы площади (1 км2) за единицу времени (с):

M = Q/F,

где Q – средний расход, м3/с; F – площадь водосбора, км2.

*Слой стока* (А, мм) – слой воды в мм, равномерно распределенный по площади F и стекающий с водосбора за некоторый промежуток времени:

A = W/F,

где W – объем стока, м3; F – площадь водосбора, км2.

*Коэффициент стока* (α, безразм.) – отношение величины (объема или слоя) стока к количеству выпавших на площадь водосбора атмосферных осадков, обусловивших возникновение стока:

α = А/Х,

где А - слой стока, мм; Х – количество осадков, мм. Коэффициент стока изменяется от 0 до 1.

Эти характеристики являются исходными для решения многих гидрологических задач.

**§7. Движение воды в реках**

Движение воды можно классифицировать по изменению гидравлических характеристик водного потока во времени и в пространстве, по гидравлическому режиму (ламинарное, турбулентное), по состоянию водной поверхности (спокойное, бурное), а также по действующим физическим силам.

Выделяют два гидродинамических режима движения воды: *ламинарный* и *турбулентный.* При ламинарном режиме частицы воды движутся по параллельным траекториям без перемешивания; при турбулентном режиме их движение имеет хаотический характер, в потоке формируются вихри и активизируются процессы перемешивания воды, скорости течения непрерывно изменяются по величине и направлению. Ламинарный режим может переходить в турбулентный при увеличении скорости течения.

Гидродинамический режим потока характеризуется безразмерным *числом Рейнольдса Re,* равным

*Re ≈ vh/υ,*

где v - скорость течения (м/с), h - глубина или толщина слоя воды (м), υ - кинематический коэффициент вязкости, зависящий от характера жидкости и ее температуры.

Критическое значение числа Рейнолъдса *Reкр.* соответствующее переходу от ламинарного к турбулентному режиму, лежит приблизительно в диапазоне от 300 до 3000.

Если фактическое число Рейнольдса в водном потоке больше 3000 -режим турбулентный, меньше 300 - ламинарный, в диапазоне *Re* от 300 до 3000 - переходный.

В реках, озерах и морях число *Re* всегда значительно выше критического значения, и режим движения воды турбулентный. Ламинарный режим характерен для подземных вод в мелкозернистых грунтах (вследствие малых размеров пор и малых скоростей движения воды) и для ледников (вследствие очень большой вязкости льда и очень малых скоростей его движения).

Движение воды можно классифицировать по изменению гидравлических характеристик водного потока во времени и в пространстве, по гидродинамическому режиму (ламинарное, турбулентное), по состоянию водной поверхности (спокойное, бурное), а также по действующим физическим силам.

Спокойные потоки имеют плавную форму свободной поверхности, препятствия обтекаются ими также плавно. Бурные потоки имеют неровную форму поверхности со стоячими волнами, в местах препятствий образуются резкие перепады уровня. Для определения состояния потока (спокойное или бурное) используют безразмерное *число Фруда* Fr, равное

*Fr = V2 /gh*,

где h - глубина потока, g - ускорение свободного падения. Критическое значение числа Фруда FrKp равно 1. При числе Fr, равном 1, поток находится в критическом состоянии. Если число Фруда больше 1, то поток бурный, если меньше 1 - спокойный. Бурные потоки характерны для горных рек, спокойные - для равнинных рек и течений в водоемах.

В речном потоке обычно действует одна активная массовая сила - Fg - продольная составляющая силы тяжести, обусловленная продольным уклоном водной поверхности. При продольном равновесии между этой силой Fg и силой трения у дна и берегов (Тдно) можно вычислить V - среднюю скорость течения потока по *формуле Шези*:

,

где V - средняя скорость течения, hсp - средняя глубина потока, I - уклон водной поверхности, С - коэффициент Шези, который вычисляют по *формуле Маннинга*:

*С = hl/6/ п*

где n - коэффициент шероховатости речного русла, определяется по специальным таблицам, h - глубина потока.

Согласно формуле Шези, скорость течения в речном потоке тем больше, чем больше глубина русла и уклон водной поверхности, и меньше шероховатость русла.

*Сила Кориолиса*(Fк) действует на движущийся поток с массой воды – m и направлена перпендикулярно движению в северном полушарии Земли - вправо, а в южном - влево. Она равна

*Fк = 2mvsinφ*

где v - скорость течения воды, w- угловая скорость вращения Земли, равная 7,27×0,00001, φ - географическая широта места.

На изгибе речного русла центробежная сила приводит к отклонению течения в поверхностных слоях в сторону вогнутого берега, что создает поперечный перекос уровня воды, разнонаправленные течения на поверхности и у дна и, таким образом, поперечную циркуляцию на изгибе русла. Это явление описывается формулой

*Iпоп=V2/gr*

где Iпоп - поперечный уклон водной поверхности на изгибе потока, V - скорость течения, g - ускорение силы тяжести, r - радиус изгиба русла. Величина перекоса уровня ΔНпоп между обоими берегами равна

*ΔНпоп = IпопВ*

где В - ширина русла.

**§8. Движение речных наносов**

*Речными* *наносами* называются твердые минеральные частицы, переносимые потоком и формирующие русловые, пойменные и донные отложения (аллювий). Они образуются из продуктов выветривания, денудации и эрозии горных пород и почв.

Эрозия поверхности водосборов и склоновая эрозия зависят от интенсивности дождей и снеготаяния, неровностей рельефа, рыхлости грунтов, растительного покрова. Русловая эрозия зависит от скорости течения водопотоков и устойчивости грунтов, слагающих дно и берега рек.

Наиболее важные характеристики наносов следующие:

* *Геометрическая крупность* (Д, мм) - то есть диаметр частиц.
* *Гидравлическая крупность* (W, мм / с) - то есть скорость осаждения частиц наносов в неподвижной воде.
* *Плотность* частиц и отложений (ρ, кг/м3).
* *Мутность воды* (s, г/м3), то есть весовое количество взвешенных наносов (г) в единице объема воды (м3).
* *Расход наносов* (R, кг/с) - это количество наносов (в кг) проносимое рекой через поперечное сечение в единицу времени (с).

Влекомые наносы - это наносы, перемещающиеся речным потоком в придонном слое и движущиеся скольжением, перекатыванием и сальтацией (то есть перескакиванием).

На каждую частицу наносов, лежащую на дне реки действуют две силы: сила лобового давления текущей воды и противоположная сила трения, удерживающая частицу на дне.

Влечение частиц описывается *законом Эри* и соответствующей ему формулой

Wr = AV6

где Wr - вес частицы, влекомой потоком, V - природная скорость потока, А - коэффициент пропорциональности.

Из формулы Эри следует, что увеличение скорости течения, например, в 3 раза приводит к увеличению веса частиц в 729 раз (в 4 раза – в 4096 раз).

Это объясняет, почему на равнинных реках переносится лишь песок, а бурная горная река (р. Терек) переносит гравий, гальку и огромные валуны. В горных районах при интенсивных дождях могут возникать кратковременные потоки грязекаменного и водно-каменного характера, несущие огромные скопления наносов. Эти потоки называются *селями.*

В текучей воде вследствие турбулентного характера течения твердые частицы могут находиться во взвешенном состоянии, обуславливая мутность воды. Взвешенные наносы в речном потоке распределены неравномерно: в придонных слоях мутность максимальна и уменьшается по направлению к поверхности.

Движение взвешенных наносов характеризуется формулой:

Rbз = SQ

где Rbз - расход взвешенных наносов, кг/с; S - мутность воды, кг/м3;Q - расход воды, м3/с.

*Стоком наносов* называется суммарное количество влекомых и временных наносов, проносимое рекой через поперечное сечение в единицу времени.

 Для рек обычно используют формулу годового стока наносов:

Wн = R∙31,54×106

где R - средний расход наносов, кг/с; 31,54×106 – количество секунд в году.

*Модулем стока наносов* называется сток наносов в тоннах с 1 км2 площади водосбора (Мн, т/км2). Модуль годового стока наносов равен:

Мн = R∙31,54×106/F

где F- площадь.

**§9. Термический и ледовый режим рек**

В ледовом режиме рек выделяется 3 фазы: замерзание, ледостав и вскрытие.

*3амерзание* рек происходит глубокой осенью. Когда температура воды снижается до 0 градусов Цельсия, начинаются ледовые явления, выраженные различными формами льда.

*Сало* - начальная фаза осенних ледовых явлений. Это плывущие куски ледовой пленки из игольчатых кристаллов льда.

*Забереги* - узкие полоски неподвижного тонкого льда у берегов, образующихся одновременно с сало.

*Внутриводный (глубинный) лед* образуется перед началом ледостава в толще воды. Одновременно на дне встречаются скопления *донного льда*. Иногда донный лед образует большие скопления - *ледяные плотины*.

*Снежура (снежница)* образуется в виде снеговых комковатых рыхлых несмерзающихся масс на водной поверхности.

*Шуга* - комковатые скопления внутриводного льда, плывущие на поверхности реки. К ней добавляется битый лед и снежура, образуя шугоход.

С появлением первых ледяных форм начинается *осенний ледоход*, который продолжается 7-12 дней и предшествует ледоставу. Непосредственно перед ледоставом формируются зажоры, заторы и пятры.

*Зажоры* возникают, когда во время ледохода русло реки подо льдом забивает шуга и битый лед.

*Затор* образуется при закупорке русла плывущими льдинами.

*Пятры* - это ледяные острова в виде шапки или конуса, малое сечение которого прикреплено ко дну.

*Ледостав* - это наличие сплошного ледяного покрова на поверхности реки (озера, пруда). Говорят, что река стала.

В период ледостава некоторые участки не замерзают, образуя *полыньи*, на других участках образуется толстый слой вторичного льда - *наледи* в виде наростов и бугров.

При ледоставе толщина льда в южных районах: 0,2-0,4 м, а в северных: 1-2 м. Малые реки нередко промерзают до дна.

*Вскрытие рек*начинается весной с момента перехода температуры воздуха выше 0 градусов Цельсия. Начинается таяние снега на льдах и берегах реки.

*Закраины* - полосы воды у берегов, свободные ото льда.

*Подвижки льда* - небольшие перемещения отдельных ледяных полей.

В ледяном покрове появляются промоины, прогалины, трещины.

*Весенний ледоход* образуется плывущими по реке льдинами и ледяными полями. Мощные ледоходы сопровождаются заторами, приводящими к образованию паводочной волны.

Весенний ледоход на юге Европы начинается в марте, в центральной части - в апреле, в северной Европе и Сибири - в мае.

На малых реках покров тает без весеннего ледохода.

**§10. Гидрохимический режим рек**

По величине минерализации О.А. Алекин выделяет реки четырех типов:

- реки с малой минерализацией (до 200 мг/л);

- реки со средней минерализацией (200-500 мг/л);

- реки с повышенной минерализацией (500-1000 мг/л);

- реки с высокой минерализацией (более 1000 мг/л).

Минерализация речных вод зависит от характера питания реки. Снеговое, дождевое и ледниковое питание дают минимальное количество солей. При ведущей роли грунтового питания минерализация возрастает. Поскольку в течение года доля различных видов питания и фаз водности могут существенно изменяться, меняется и минерализация. Установлено, что максимальная минерализация приходится на межень, когда превалирует подземное питание, а минимальные значения соответствуют периодам половодья и паводков.

*Ионный сток* – это сток растворенных солей. Он определяется как произведение расхода воды Q на минерализацию М, выраженную в кг/м3. Если полученный результат умножить на количество секунд в году, можно рассчитать годовой сток W растворенных солей (в т):

W = QM∙31,54×103

В пределах стран СНГ около 70% ионного стока выносится в океан, а 30% - в области внутреннего стока.

По химическому составубольшинство рек с малой и средней минерализацией относятся к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе. Они занимают около 85% территории СНГ. Около 15% занимают высокоминерализованные воды сульфатного и хлоридного классов, которые приурочены к засушливым степным и полупустынным районам Средней Азии и Казахстана. Для рек северного полушария с севера на юг характерно увеличение минерализации и смена гидрокарбонатного класса, сульфатным и хлоридным. Эта закономерность может нарушаться азональными факторами, например, выходами легкорастворимых пород (солей, гипсов), разгрузкой гидротермальных источников.

**§11. Устья рек**

*Устье реки* - это особый географический объект, охватывающий район впадения реки в приемный водоем (океан, море, озеро) и имеющий природный комплекс, который регулируется устьевыми процессами: взаимодействием и смешением речных и морских вод, отложением речных и частично морских отложений.

Различают два типа устьев:

- *Дельта* - это низменные периодически затопляемые земли со сложным многорукавным руслом, сетью водотоков и водоемов, с зарослями влаголюбивой растительности.

- *Эстуарии* - сравнительно узкие и глубокие заливы и губы воронкообразной формы или лиманы, представляющие собой нижние участки долин, затопленные морскими водами при опускании суши.

Устьевая область реки (рис.14) подразделяется на *приустьевой,* *устьевой участки реки* и *устьевое взморье*, которые разделяются морским краем дельты или вершиной лимана, лагуны, эстуария.

Рис.14. Схема речного устья.

В своем развитии устьевая область реки проходит три стадии:

* бездельтовую (Кача);
* формирования дельты выполнения залива, лимана, лагуны или эстуария (Обь);
* формирования дельты выдвижения на открытом морском побережье (Лена).

Гидрологический режим в устьевой области имеет особенности:

а) *на устьевом участке реки* (от места деления реки на рукава до морского края дельты) господствует речной режим. Проявление морского режима заключается в распространении волн морских приливов и нагонов, проникновений в реку осолоненных вод и смешивания речных и морских вод. Известно, например, что солёные воды могут распространяться вверх по Северной Двине - на 40 км, по Миссисипи – на 240 км. Мощные приливные волны в устьях и эстуариях рек известны во Франции (*маскарэ*), в Бразилии (*поророка*) и др.

б) *для устьевого взморья* характерен морской режим. Здесь хорошо выражены ветровые и приливные течения, волновые процессы. Взморье занимает пространство от морского уреза края дельты до места, где влияние речных вод на взморье почти исчезает и соленость воды приближается к солености морских вод. Основное влияние речного режима в устьевом взморье выражается в опреснении вод и большом стоке наносов и их отложений в связи с затуханием скоростей течения речных потоков.

в) наносы, выносимые рекой, а иногда и приносимые морем, откладываясь в устьях рек, образуют косы, отмели, формируя характерный *устьевой бар*, из которого в дальнейшем образуется дельта. Зона отложения речных наносов постепенно смещается в сторону моря с выдвижением дельты в море, которое называется *устьевым удлинением*. Скорость выдвижения иногда достигает 4 км/год (например, р. Амударья).

**§12. Хозяйственное значение рек и антропогенное влияние нареки**

*Хозяйственное значение* рек заключается в том, что во многих регионах мира реки это главные источники используемых в хозяйстве вод. Основными водопотребителями являются промышленность, тепловая и атомная энергетика, коммунальное хозяйство, орошаемое земледелие. Главными водопользователями являются гидроэнергетика, речной транспорт, рыбное хозяйство, рекреация.

*Влияние хозяйственной деятельности* на реки можно подразделить на 2 группы.

Первая группа включает такие виды хозяйственной деятельности, которые связаны с изъятием, перераспределением и регулированием, то есть прямым воздействием на речной сток. Это забор вод на орошение, промышленное и коммунальное водоснабжение, регулирование речного стока с помощью водохранилищ, переброска вод из других бассейнов, нерациональное использование природных вод, их загрязнение.

Вторая группа хозяйственных мероприятий косвенно влияет на сток рек через изменение элементов водного баланса (главным образом, испарения) и через изменение условий стекания вод со склонов в речных бассейнах. Это вырубка леса и его восстановление, осушение болот, агротехнические мероприятия (вспашка, распашка целины, снегозадержание и т.д.) и урбанизация территории.

Совокупное влияние всех видов хозяйственной деятельности сказывается на общем снижении величины годового речного стока. Во всем мире сток уменьшается на 700 км3/год (по М.И. Львовичу) и соответственно этой величине возрастает испарение. Это создает угрозу водного голода для человечества. Необходимы меры по экологической оптимизации водопользования.

**§13. Реки Крыма и Украины**

В пределах Крыма насчитывается 1657 малых рек и водотоков протяженностью около 6 тыс. км. Наиболее крупными из них являются на *северном склоне Крымских гор:*

Салгир - 238 км со среднегодовым расходом воды 1,8 м3/с и со слоем стока - 140 мм/год; Мокрый Индол - 27 км, Чорох-Су - 33 км;

*на северо-западном склоне:*

Альма - 84 км, Кача - 69 км, Бельбек - 63 км, Зап. Булганак - 52 км, Черная - 41 км;

*на* *южном берегу Крыма:*

Улу-Узень - 15 км, Демерджи - 14 км, Дерекойка - 12 км, Учан-Су - 8,4 км, Вост. Улу-Узень - 16 км.

Средний речной местный сток в Крыму составляет 0,43 км3/год.

Используется в хозяйстве около 450 млн. м3/год воды из местного стока речных и подземных вод. А всего, с учетом Северо-Крымского канала используется 2,5 км3 пресной воды в год.

На Украине насчитывается более 71 тыс. рек и ручьев с общей длиной 248 тыс. км. Из них 67 тыс. (94%) малых водотоков с длиной менее 10 км, которые имеют общую длину 131 тыс. км.

Самой крупной рекой является Днепр (981 км на территории Украины от общей длины 2201 км) - водоносность 1663 м3/с.

К главным рекам Украины относятся: Днестр -1352 км, Сев. Донец -1053 км, Юж. Буг - 806 км, Дунай.

Водные ресурсы рек Украины составляет 87,1 км3/год. Общий объем водозабора на Украине достигает 34,5 км3/год, а объем используемой воды 29 км3/год. Речной сток очень зарегулирован (72%): построено 8 крупных каналов (1190 км длиной) и 10 крупных водоводов с общей длиной 1091 км (суммарная их производительность - 22,2 км3/год).