

«Гидрология водохранилищ»

**Александрова А.Э.
Школа №1499 ДО 6**

Москва

Водоохранилище — это искусственный водоем, созданный для накопления и последующего использования воды и регулирования стока.

Водоохранилища стали сооружать еще в глубокой древности для обеспечения водой населения и сельского хозяйства. Одним из первых на Земле считают водоохранилище с плотиной Садд-эль-Кафара, созданное в древнем Египте в 2950—2750 гг. до н. э. В XX в. водоохранилища стали сооружать повсеместно. В настоящее время их на земном шаре более 60 тыс.; ежегодно в строй вступает несколько сот новых водоохранилищ. Общая площадь всех водоохранилищ мира более 400 тыс. км², а с учетом подпруженных озер — 600 тыс. км². Суммарный полный объем водоохранилищ достиг почти 6,6 тыс. км³. Многие реки земного шара — Волга, Днепр, Ангара, Миссури, Колорадо, Парана и другие — превращены в каскады водоохранилищ. Через 30—50 лет водоохранилищами будет зарегулировано $\frac{2}{3}$ речных систем земного шара.

8.1. НАЗНАЧЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ НА ЗЕМНОМ ШАРЕ

Приблизительно 95 % объема всех водохранилищ мира сосредоточено в крупных водоемах с полным объемом более $0,1 \text{ км}^3$. В настоящее время таких водохранилищ более 3000. Большинство из них расположено в Азии и Северной Америке (по 31 %), а также в Европе (20 %).



Саратовское водохранилище.



Воронежское водохранилище.

В России сейчас насчитывается **103** крупных водохранилища объемом более **0,1 км³** каждое. Их суммарный полезный объем и площадь равны соответственно **339 км³** и **101 тыс. км²**. Всего же в России, по оценкам К. К. Эдельштейна (1998), более **2 тыс.** водохранилищ.

Интересно проследить изменение количества и объема крупных водохранилищ мира в XX в. . В начале века таких водохранилищ было всего 41, а их суммарный объем не достигал и 14 км³. Наиболее интенсивное сооружение водохранилищ происходило в послевоенные годы, в 80-90-е годы крупных водохранилищ стали строить меньше.

Крупнейшие водохранилища мира и России.

| Водохранилище | Страна | Река, озеро | Объем, км ³ | | Площадь, км ² | | Напор, м | Год заполнения |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|----------|--------------------------|---------------------------------|----------|----------------|
| | | | полный | полезный | полная | в том числе подпружинного озера | | |
| Виктория (Оуэн-Фолс) | Уганда, Танзания, Кения | Виктория Нил, оз. | 205 | 205 | 76 000 | 68 000 | 31 | 1954 |
| Братское | Россия | Ангара | 169 | 48,2 | 5470 | — | 106 | 1967 |
| Кариба | Замбия, | Замбези | 160 | 46,0 | 4450 | — | 100 | 1963 |
| Насер (Садд-эль-Аали) | Зимбабве, Египет, | Нил | 157 | 74,0 | 5120 | — | 95 | 1970 |
| Вольта | Судан, Гана | Вольта | 148 | 90,0 | 8480 | — | 70 | 1967 |
| Красноярское | Россия | Енисей | 73,3 | 30,4 | 2000 | — | 100 | 1967 |
| Вейское | Россия | Везь | 68,4 | 32,1 | 2420 | — | 98 | 1974 |
| Усть-Илимское | Россия | Ангара | 59,4 | 2,8 | 1870 | — | 88 | 1977 |
| Куйбышевское | Россия | Волга | 58,0 | 34,6 | 5900 | — | 29 | 1957 |
| Байкальское (Иркутское) | Россия | Ангара, оз. Байкал | 47,6 | 46,6 | 32 970 | 31 500 | 30 | 1959 |
| Виллоиское | Россия | Виллой | 35,9 | 17,8 | 2170 | — | 68 | 1972 |
| Волгоградское | Россия | Волга | 31,4 | 8,2 | 3115 | — | 27 | 1960 |
| Онтарио | Канада, | Св. Лаврентия оз. | 29,9 | 29,9 | 19 560 | 19 500 | 23 | 1958 |
| (Ирокуэй) | США | Онтарио | | | | | | |
| Саяно-Шушенское | Россия | Енисей | 29,1 | 14,7 | 633 | — | 220 | 1987 |
| Рыбинское | Россия | Волга | 25,4 | 16,7 | 4550 | — | 18 | 1949 |
| Цимлянское | Россия | Дон | 23,6 | 11,5 | 2700 | — | 26 | 1953 |
| Кольмское | Россия | Кольма | 14,6 | 6,5 | 440 | — | 117 | 1983 |
| Онежское (Верхнесви-ское) | Россия | Свирь, оз. Онежское | 13,8 | 13,1 | 9930 | 9700 | 17 | 1952 |

Изменение количества (числитель) и полного объёма(км³)(знаменатель) крупных(более 0,1 км³) водохранилищ мира.

| Часть света | До 1900 | 1901-1950 | 1951-1960 | 1961-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | Всего |
|-----------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Северная Америка | 25 | 342 | 178 | 216 | 113 | 34 | 23 | 931 |
| Центральная и Южная Америка | 8,4 | 344,7 | 254,4 | 534,0 | 339,0 | 176,9 | 24,1 | 1681,5 |
| | 1 | 22 | 30 | 54 | 88 | 51 | 34 | 280 |
| Европа | 0,3 | 8,8 | 28,8 | 96,9 | 251,5 | 349,1 | 159,8 | 895,2 |
| Азия | 9 | 104 | 113 | 172 | 94 | 76 | 35 | 603 |
| | 3,3 | 121,7 | 175,0 | 189,4 | 103,6 | 49,3 | 14,3 | 656,6 |
| Африка | 5 | 47 | 161 | 215 | 222 | 138 | 149 | 937 |
| | 1,7 | 17,9 | 293,6 | 640,0 | 484,1 | 321,5 | 226,3 | 1985,1 |
| Австралия и Новая Зеландия | 1 | 15 | 21 | 24 | 57 | 52 | 15 | 185 |
| | 0,1 | 15,0 | 381,1 | 364,4 | 173,7 | 56,6 | 25,2 | 1016,1 |
| Всего в мире | 41 | 540 | 524 | 699 | 601 | 363 | 258 | 3026 |
| | 13,8 | 518,7 | 1153,0 | 1840,2 | 1394,3 | 959,3 | 450,2 | 6329,5 |

Самую большую площадь имеет водохранилище Вольта находящееся в Республике Гана(Африка), а из подпруженных озер — Виктория. Водоохранилище Виктория имеет также самый большой объем. Наиболее крупные по объему водохранилища России — Братское, Красноярское, Зейское, а по площади — Куйбышевское и Рыбинское. В 90-х годах XX в. на земном шаре было сооружено еще несколько крупных водохранилищ, не упомянутых в таблице.

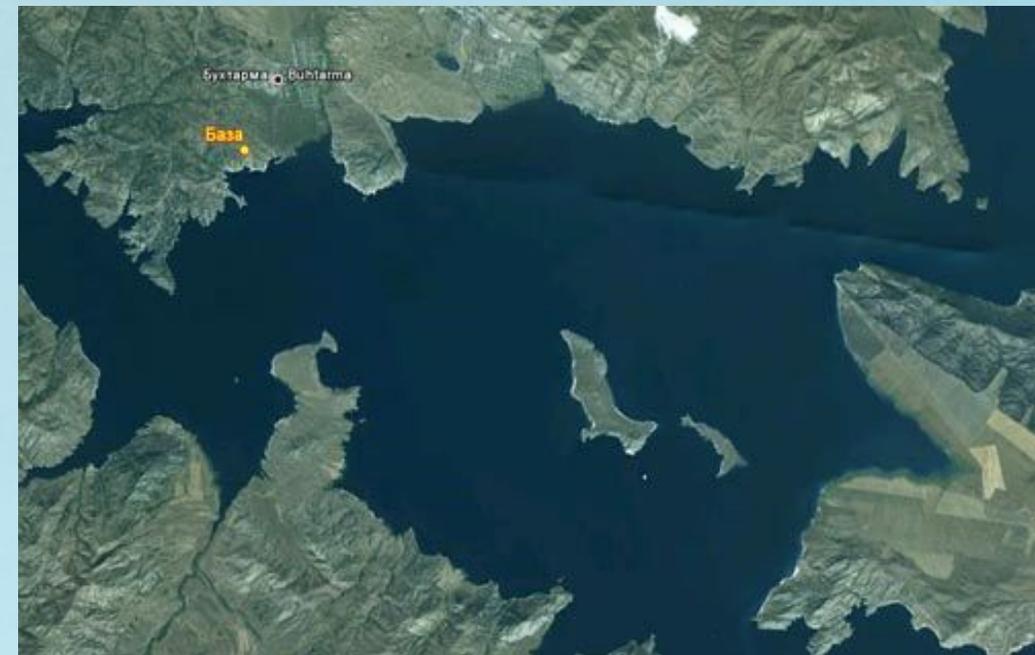
В Южной Америке были построены водохранилища Сан-Феликс с полным объемом 54,4 км³, Урра-1 (34,3 км³), Ронкадор (33,6 км³), Илья Гранде (30,0 км³).

Сооружение водохранилищ — пример техногенного вмешательства в природу в условиях неравномерного естественного распределения водных ресурсов в пространстве и особенно во времени.

Водоохранилища решают целый ряд важнейших социально-экономических задач, удовлетворяя потребности человека в воде или защищая 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.

С помощью водохранилищ регулируют речной сток для гидроэнергетики, с целью предотвращения наводнений. Водоемы используют также для рыбного хозяйства, водного транспорта, рекреации (отдыха людей), водного спорта.



Бухтарминское водохранилище



RiverPilgrim.livejournal.com | Михаил Архипов

Рыбинское водохранилище

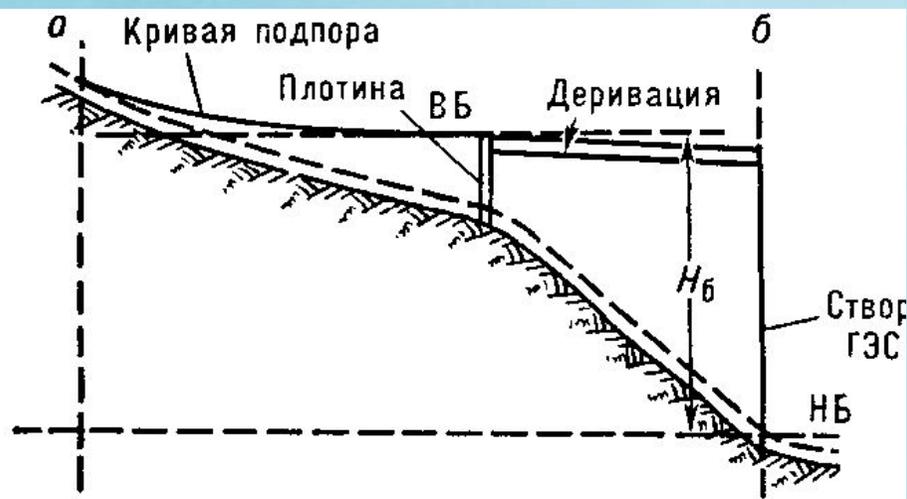
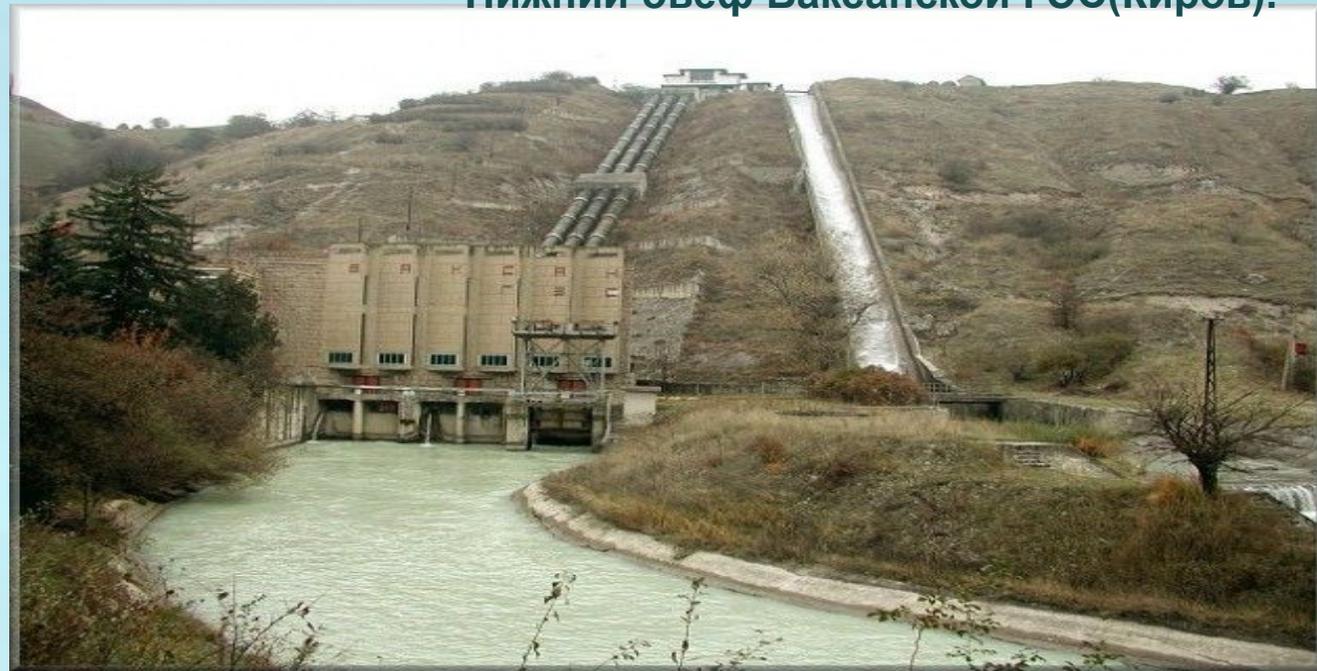


Рис. 3. Смешанная схема концентрации падения реки плотиной и деривацией: ВБ — верхний бьеф; НБ — нижний бьеф; H_b — напор брутто.

Бьеф (фр. bief) — часть реки, канала, водохранилища или другого водного объекта, примыкающая к гидротехническому сооружению. К сооружениям, у которых могут быть бьефы, относятся плотина, шлюз, гидроэлектростанция и другие. Существуют верхний бьеф, располагаемый выше по течению, и нижний, располагаемый по другую сторону гидротехнического сооружения. Верхним бьефом часто является водохранилище. Бьеф, образованный двумя или несколькими водоподпорными сооружениями и расположенный на водораздельном участке водной системы или водотока, называется **раздельным**.

Нижний бьеф Баксанской ГЭС(Киров).



Гидрологическим режимом водохранилищ управляет человек, который выбирает заранее нужные параметры водоема и технические приемы его эксплуатации. Многие черты гидрологического режима водохранилищ определяются хозяйственными потребностями и регулируются. 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.

Водохранилища — своеобразные водные объекты, новый природно-техногенный компонент ландшафта. Они преобразуют режим рек, влияют на окружающую среду. Потребности практики заставляют изучать режим водохранилищ, разрабатывать стратегию рационального управления ими, принимать меры по предотвращению некоторых негативных последствий сооружения этих водоемов. Поэтому вполне правомочно говорить о возникновении нового раздела гидрологии — гидрологии водохранилищ.

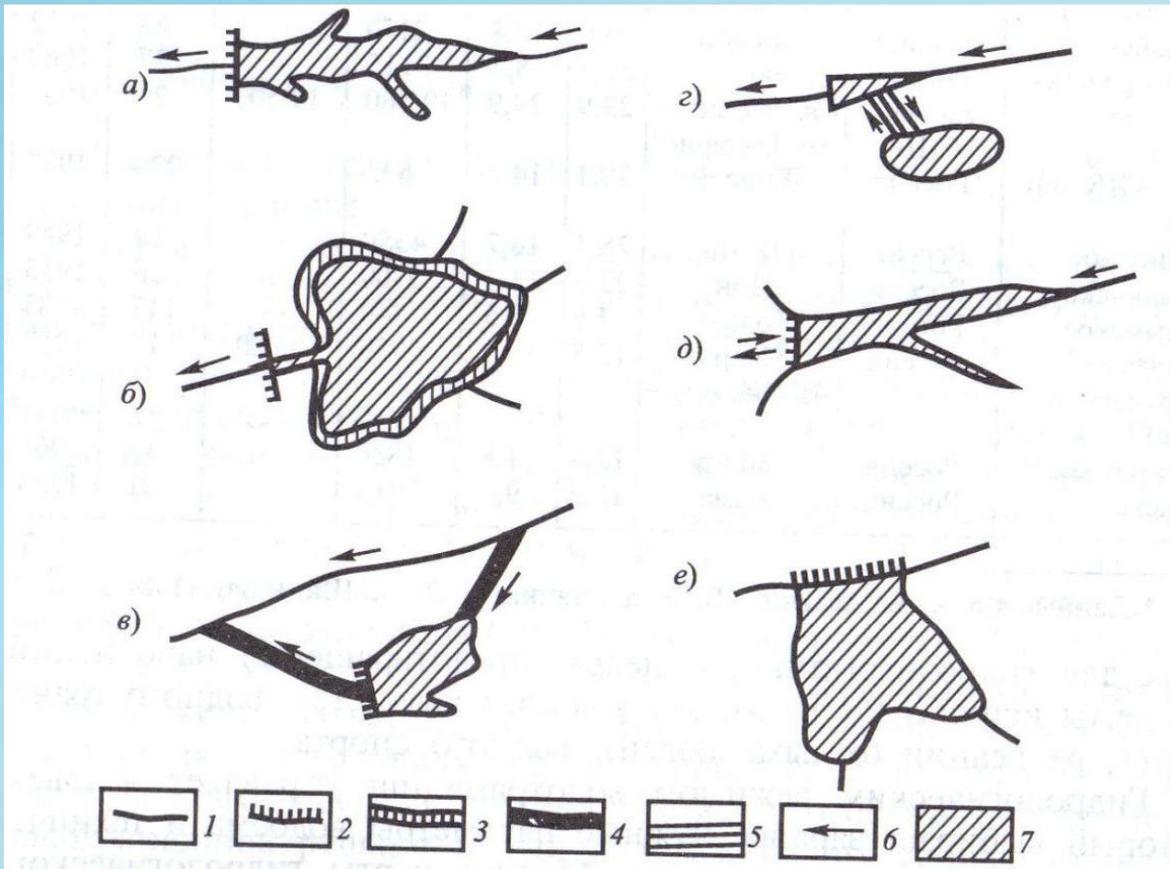


Воронка в водохранилище Ladybower, Великобритания

8.2. ТИПЫ ВОДОХРАНИЛИЦ

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

По морфологическому строению ложа, согласно К. К. Эдельштейну, водохранилища делятся на *долинные* и *котловинные* (или озёрные).



Основные типы водохранилищ (по А. Б. Авакяну, В. П. Салтанкину, В. А. Шарапову (1987)):

- a** — долинное запрудное;
 - б** — котловинное запрудное (подпруженное озеро); **в** — котловинное наливное;
 - г** — котловинное наливное при гидроаккумулирующей электростанции;
 - д** — долинное запрудное в эстуарии при приливной электростанции;
 - е** — котловинное запрудное в опресненном морском заливе;
- 1 — река; 2 — плотина; 3 — затопленная при подпоре береговая зона озера; 4 — подводящий и отводящий каналы; 5 — водоводы; 6 — направление течения; 7 — зеркало водохранилища

К **ДОЛИННЫМ** относятся водохранилища, ложем которых служит часть речной долины. Такие водохранилища возникают после сооружения на реке плотины. Главный признак таких водохранилищ — наличие уклона дна и увеличение глубин от верхней части водоема к плотине. Долинные водохранилища подразделяются, в свою очередь, на **русловые**, находящиеся в пределах русла и низкой поймы реки, и **пойменно-долинные**, водой которых помимо русла затоплена также высокая пойма и иногда участки надпойменных террас. К котловинным (озерным) водохранилищам относятся подпруженные (зарегулированные) озера и водохранилища, расположенные в изолированных низинах и впадинах, в отгороженных с помощью дамб от моря заливах, лиманах, лагунах, а также в искусственных выемках (карьерах, копанях). Небольшие водохранилища площадью менее 1 км² называют **прудами**.



Можайском водохранилище.
Рельеф дна достаточно равномерный с выраженным русловым.



Пойменное озеро в поймах рек Оки и Жиздры.

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. К наливным водохранилищам относятся, например, водохранилища гидроаккумулирующих электростанций.



Кайраккумское водохранилище в Таджикистане образовалось в результате горных обвалов(завально-запрудное озеро).

Иваньковское водохранилище, которое часто зовут Московким морем.

По географическому положению водохранилища делят на *горные, предгорные, равнинные* и *приморские*. Первые из них сооружают на горных реках, они обычно узкие и глубокие и имеют напор, т. е. величину повышения уровня воды в реке в результате сооружения плотины до 300 м и более. В предгорных водохранилищах обычно высота напора 50—100 м. Равнинные водохранилища широкие и мелкие, высота напора — не более 30 м. Приморские водохранилища с небольшим (несколько метров) напором сооружают в морских заливах, лиманах, лагунах, эстуариях.



Чарвакское водохранилище (горное).



Озера Каринтии в Австрии(предгорные).

Сенгилеевское водохранилище(равнинное).

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

Водохранилище
Плещеево
(низовое).



Столбичское водохранилище(приморское).



Аянское водохранилище(верховое).

Каскады
водохранилищ
построены на
реке Волга.



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.



Красноярское водохранилище.
Осуществляет сезонное, частично многолетнее регулирование стока.

Водоохранилище Колымской ГЭС осуществляет суточное, недельное и годовичное регулирование стока в интересах энергетики.



**Через шлюзы плотины,
контролируют уровень воды в
водохранилище Xiaolangdi,
возведенном на реке Хуанхэ.**

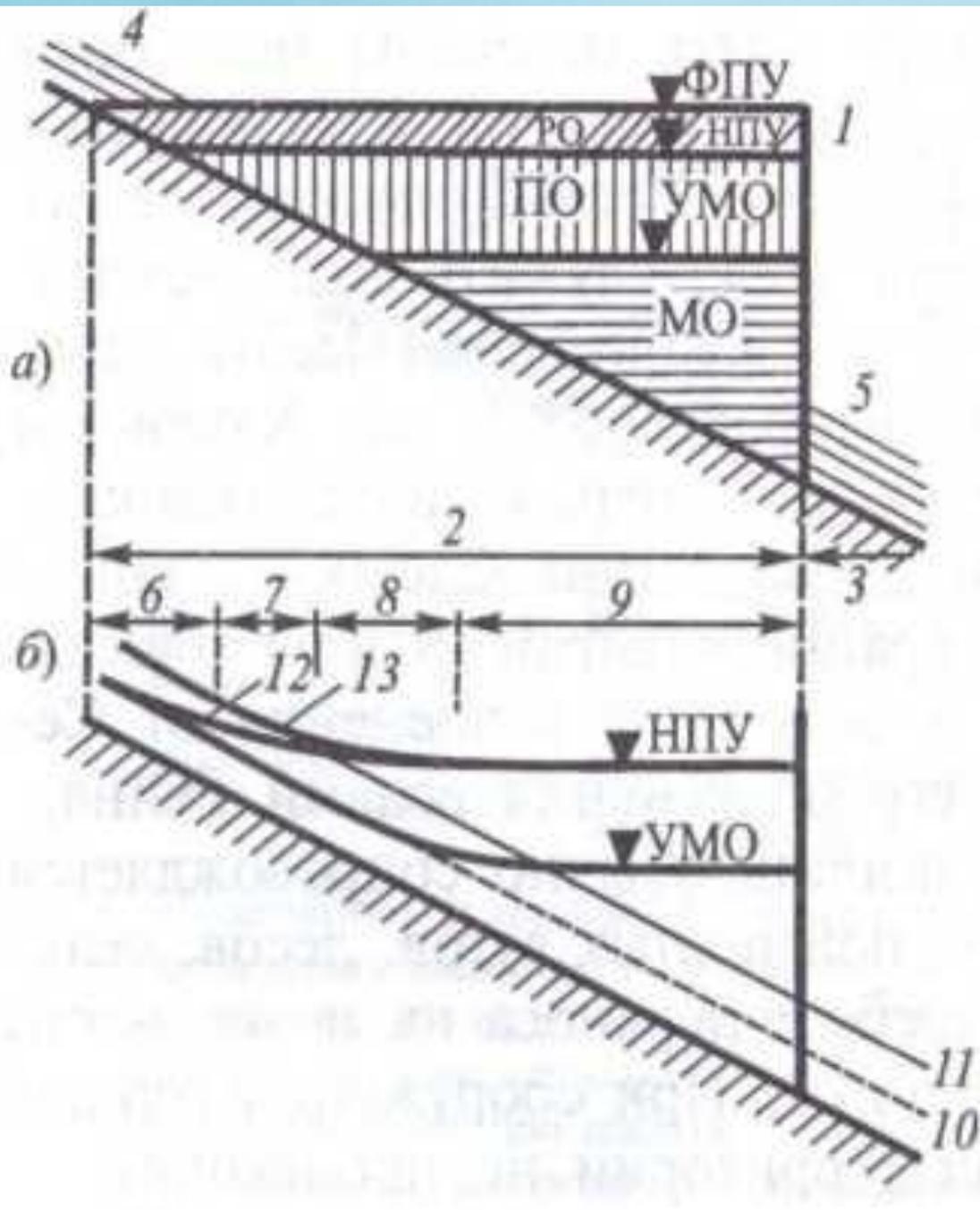


**Волгоградское
водохранилище.**

8.3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОХРАНИЛИЩ

Для морфологических и морфометрических характеристик водохранилищ применимы те же показатели, что и для озер. Из морфометрических характеристик водохранилища наиболее важны **площадь его поверхности F и объем V** . Форма водохранилища определяется характером заполненного водой понижения. Котловинные водохранилища обычно имеют озеровидную форму, долинные — вытянутую. Многие долинные водохранилища расширяются по направлению к плотине, имеют изрезанные берега и многочисленные заливы (затопленные устья притоков). Форма водохранилища изменяется с изменением уровня воды.

Любое водохранилище рассчитывается на накопление некоторого объема воды в **период наполнения** и на сброс этого же объема в **период сработки**. Накопление нужного объема воды сопровождается повышением уровня до некоторой оптимальной величины. Такой уровень обычно достигается к концу периода наполнения, может поддерживаться плотиной в течение длительного времени и называется **нормальным подпорным уровнем (НПУ)**.



Основные элементы **(а)** и зоны **(б)** водохранилища (по А. Б. Авакяну, В. П. Салтанкину, В. А. Шарапову):

- 1** — плотина;
- 2** — верхний бьеф плотины (гидроузла);
- 3** — нижний бьеф плотины (гидроузла);
- 4** — река выше водохранилища;
- 5** — река в нижнем бьефе;
- 6** — зона выклинивания подпора;
- 7, 8, 9** — верхняя, средняя и нижняя зоны водохранилища;
- 10, 11** — меженный и половодный (паводковый) уровни воды в реке до сооружения водохранилища;
- 12, 13** — меженный и половодный (паводковый) уровни воды в реке в условиях подпора;
- ФПУ** — форсированный подпорный уровень;
- НПУ** — нормальный подпорный уровень;
- УМО** — уровень мертвого объема;
- РО** — резервный объем;
- ПО** — полезный объем;
- МО** — мертвый объем

Во время высокого половодья или больших паводков, допускается временное превышение НПУ на 0,5—1 м. Такой уровень называют **форсированным подпорным уровнем (ФПУ)**. Предельно возможным снижением уровня воды в водохранилище является достижение **уровня мертвого объема (УМО)**, сработка ниже которого вообще невозможна.

Объем водохранилища, находящийся ниже УМО, называется **мертвым объемом (МО)**. Для регулирования стока и периодической сработки используют объем водохранилища, находящийся между УМО и НПУ. Этот объем называют **полезным объемом (ПО) водохранилища**. Сумма полезного и мертвого объемов дает **полный объем**, или **емкость водохранилища**. Объем воды, заключенный между НПУ и ФПУ, называют **резервным объемом**.

В пределах запрудного водохранилища выделяют несколько зон: **зону переменного подпора, верхнюю, среднюю и нижнюю** .

8.4. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ВОДОХРАНИЛИЩ

Водный баланс водохранилищ.

Характерная черта структуры водного баланса водохранилищ — преобладание притока речных вод в приходной и преобладание стока вод в расходной части.

На долю осадков в большинстве случаев приходится лишь 2—3 % прихода вод, на долю испарения — обычно не более 10 % расхода вод. Основная причина этого — весьма большие значения величины удельного водосбора Φ для большинства водохранилищ.

Исключение составляют лишь либо очень большие водохранилища, либо водохранилища, расположенные в районах с весьма значительными величинами осадков и испарения. Так, в очень крупном водохранилище Вольта в Гане на долю осадков приходится 22 % приходной части водного баланса (величина осадков 1400 мм), а на долю испарения — 25 % расходной части водного баланса (испарение с поверхности водохранилища 1570 мм). Велико значение коэффициента K_z , и для водохранилищ Насер на р. Ниле ($K_z = 13\%$, $z_{\text{Тохр}} = 2000$ мм), Кариба на р. Замбези ($K_z = 14\%$, $z_{\text{вдхр}} = 1670$ мм), Лейк-Мид на р. Колорадо ($K_z = 10\%$, $z^{\wedge} = 2100$ мм). Все три последних водохранилища расположены в условиях весьма засушливого климата.

Для водохранилищ, расположенных в условиях избыточного и достаточного увлажнения, $Y_{\text{пр}} < Y_{\text{СТ}}$, т. е. ниже водохранилища происходит некоторое увеличение речного стока.

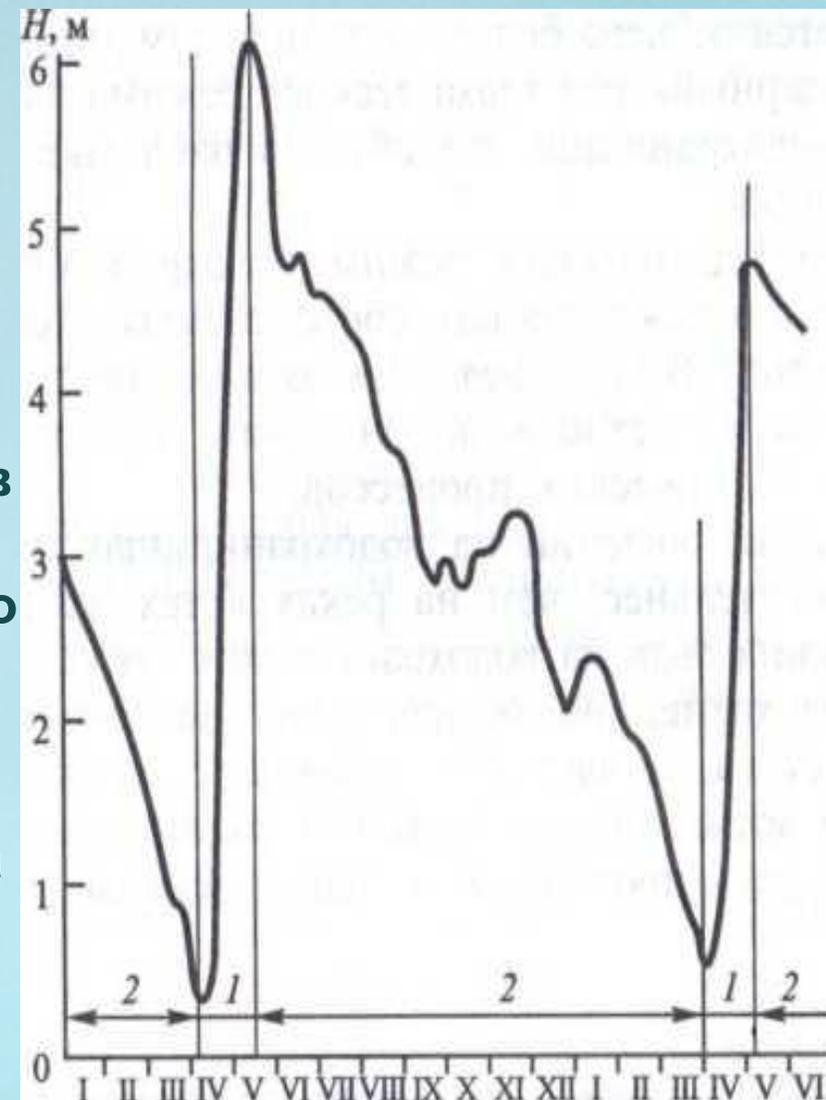
В условиях недостаточного увлажнения $Y_{\text{пр}} > Y_{\text{СТ}}$ и в водохранилищах теряется часть стока, причем тем больше, чем больше величина $Z_{\text{вдхр}} - X_{\text{вдхр}}$ и площадь водохранилища.

Интенсивность водообмена для водохранилищ обычно больше, чем для озер. Поскольку роль местных осадков и испарения в водном балансе большинства водохранилищ невелика, значения коэффициента условного водообмена для водохранилищ обычно значительно больше, чем для озер, что объясняется меньшими объемами искусственных водоемов. Для большинства водохранилищ России значения $K_{\text{в}}$ находятся в пределах 0,3—10, т. е. период условного обновления вод в этих водохранилищах составляет приблизительно от 3 лет до 1 месяца. Наибольшие коэффициенты условного водообмена для наиболее крупных водохранилищ мира составляют: Насер — 0,5—0,6; Вольта — 0,3—0,4, Кариба — 0,3, Братское — 0,5 (вода в этих водохранилищах обновляется, таким образом, приблизительно за 2—3 года).

Колебания уровня воды .

Колебания уровня воды в водохранилищах в основном являются следствием искусственно регулируемого процесса наполнения и сработки водохранилища и могут быть оценены с помощью полного уравнения водного баланса водоема.

В период наполнения, обычно во время половодья и паводков на реке, уровень воды в водохранилище может подняться на значительную величину (иногда от уровня мертвого объема до нормального подпорного уровня). На такую же величину уровень снижается в период сработки водохранилища. В равнинных водохранилищах величина сезонных колебаний уровня составляет обычно 5—7 м, на горных 50—80 м, т. е. она значительно больше, чем на озерах. Велика на водохранилищах и интенсивность сезонных повышений и понижений уровня воды. Существенно меньшие по величине колебания уровня сопутствуют недельному и суточному режиму наполнения и сработки водохранилищ. Наибольшие колебания уровня свойственны нижней зоне водохранилища, в зоне переменного подпора изменения уровня сходны с речными.



Типичный график изменения уровня воды в водохранилище в течение года:
1 — наполнение; **2** — сработка полезного объема водохранилища (I—XII — месяцы)

Так же как и на озерах, на водохранилищах (особенно на мелководьях) довольно обычны сгонно-нагонные колебания уровня. Для долинных водохранилищ наиболее значительные сгонно-нагонные колебания уровня наблюдаются в тех случаях, когда ветер дует вдоль водохранилища.

Киевское водохранилище.



Орлицкое водохранилище.

Течения в водохранилищах имеют много общего с течениями в озерах, но отличаются более сложной пространственной структурой и нестационарным характером. Наиболее сильные течения наблюдаются иногда в затопленных речных руслах, в заливах встречаются застойные зоны. В водохранилищах с большой площадью поверхности, как и в озерах, наблюдаются сильные ветровые течения, во многих водохранилищах — плотностные течения.



Бухтарминское водохранилище

Симферопольское водохранилище.

Волнение на водохранилищах зависит от их размера. Обычно оно слабее, чем на озерах, но сильнее, чем на реках. На больших водохранилищах высоты волн достигают 2—3 м. Важнейшие последствия ветрового волнения на водохранилищах — вертикальное перемешивание вод, особенно на мелководьях, абразия берегов, ухудшение условий жизнедеятельности макрофитов.



8.5. ТЕРМИЧЕСКИЙ И ЛЕДОВЫЙ РЕЖИМ ВОДОХРАНИЛИЩ

Термический режим водохранилищ отличается от термического режима рек неоднородностью распределения температуры воды по длине, ширине и глубине. Термический режим крупных и глубоких водохранилищ сходен с аналогичным режимом озер.

Однако отличается от него более нестабильным характером. Наиболее типичен «озерный» тип термического режима для слабопроточных участков водохранилищ, где обычно наблюдается температурная стратификация.

Своеобразен термический режим водохранилищ, специально используемых для охлаждения вод, сбрасываемых с тепловых и атомных электростанций. В таких водоемах-охладителях температура воды может повышаться заметно выше значений, характерных для естественного хода термических процессов.

Период ледовых явлений на водохранилищах, как и в озерах, обычно продолжительнее, чем на реках в тех же географических условиях. Толщина льда на водохранилищах также больше, чем на реках. Если водохранилище осуществляет недельное или суточное регулирование стока, то частые колебания уровня удлиняют период замерзания. Во время зимней сработки водохранилищ с сезонным и многолетним регулированием большие объемы льда оседают на берегах.

**Белоярское
водохранилище.**



**Ледовое покрытие Вилейского
водохранилища.**

**Шершнеvское
водохранилище.**





При влиянии солнечного света на воду озера, содержащиеся там бромид и хлор смешиваются, и в результате образуется канцероген бромат.

Работники Департамента по управлению водными и энергетическими ресурсами высыпают пластиковые шары в водохранилище Айвенго в Лос-Анджелесе .



Всего же планируется высыпать около 3 млн. шаров с тем, чтобы сформировать плавающее покрытие площадью свыше 7 акров для защиты воды от солнечных лучей.

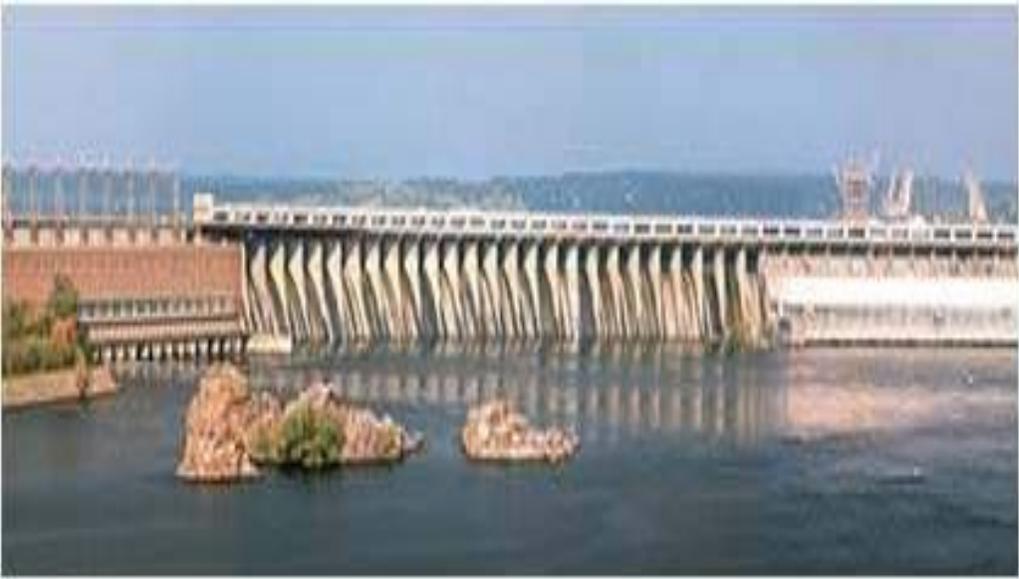
8.6.ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДОХРАНИЛИЩ

Особенности гидрохимического и гидробиологического режимов водохранилищ определяются в основном тремя обстоятельствами:

- 1) интенсивностью водообмена,
- 2) характером грунтов и растительности в зонах затопления и подтопления ,
- 3) режимом накопления и сработки вод, величиной и интенсивностью колебаний уровня воды.

Контроль за режимом гидрохимических и гидробиологических характеристик водохранилищ весьма актуален, поскольку многие из этих водоемов используются для водоснабжения, в том числе питьевого.

Чем меньше коэффициент условного водообмена водохранилища, тем сильнее выражена происходящая в результате сооружения водохранилища трансформация речного гидрохимического и гидробиологического режима в режим, характерный для озер. В глубоких водохранилищах отмечаются увеличение минерализации вод и уменьшение содержания растворенного кислорода с глубиной.



Реабилитация днепровских водохранилищ
После строительства каскада водохранилищ
Днепр превратился в озеро, а вскоре может стать
грязным болотом. Это приведет к экологической
катастрофе экосистемы реки.



В придонных слоях возможно скопление вод пониженного качества. После сооружения слабопроточного водохранилища происходит замена «речных» организмов на «озерные». Появляется озерный фито- и зоопланктон. В теплую часть года возможно «цветение» воды (это весьма неблагоприятное явление характерно, например, для водохранилищ Днепровского каскада). Формируется ихтиофауна, свойственная водоемам с замедленным водообменом.

Существенное влияние на гидрохимический и гидробиологический режим водохранилищ в первые несколько лет после их заполнения оказывают оставшиеся под водой растительность и почвенный покров. Разложение остатков растительности в зоне затопления может отрицательно повлиять на качество воды. Этот процесс ведет к уменьшению содержания кислорода в водной толще вплоть до возникновения существенного дефицита O_2 , приводящего к замору рыб.

Большие и резкие колебания уровня воды во многих водохранилищах ведут к формированию обширной береговой зоны с переменным режимом затопления и осушки, на которой не может сформироваться характерная для озер литораль со специфическими макрофитами и бентосом. Свойственная озерам зональность в распределении по глубине различных видов растительности в водохранилищах с большими колебаниями уровня выражена значительно слабее.



Зона затопления Каневского водохранилища.

Изобильненское водохранилище в Алуште практически пересохло.



8.7.ЗАИЛЕНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ И ПЕРЕФОРМИРОВАНИЕ ИХ БЕРЕГОВ

Водохранилища, как и озера, являются аккумуляторами наносов.

Отложение в водохранилище мелких (взвешенных) наносов называют **заилением**, крупных (влекомых) — **занесением**. Если не удастся различить мелкие и крупные наносы, то процесс аккумуляции всей совокупности наносов в водохранилище называют **заилением**. В результате заиления формируется толща донных отложений водохранилища.

Размыв леса на берегу.



Уровень подземных вод, водная эрозия приводит к заиливанию водоемов.



Интенсивность отложения наносов и период заиления водохранилища (т. е. время его «жизни») зависят от стока наносов реки и объема водохранилища. В равнинных водохранилищах на реках с небольшим стоком наносов ежегодное нарастание дна невелико. Так, на Ивановском и Рыбинском водохранилищах на Волге ежегодно отлагается слой наносов, равный в среднем 0,2 и 0,25 см соответственно (при максимальных значениях 1,9 и 6,0 см/год). Период заиления таких водохранилищ весьма велик. Интенсивность заиления небольших водохранилищ на реках с большим стоком наносов, в особенности в засушливых районах, очень велика. Например, в США некоторые водохранилища в пустынной зоне заполнялись наносами за 10—15 лет.

После сооружения водохранилища и повышения уровня воды в зону волновой переработки (абразии) попадают берега водохранилища — бывшие склоны долины. В результате абразии, как и на озерах, формируются береговой уступ и абразионная отмель в верхней части берегового склона. Наиболее интенсивно разрушаются сложенные лёссовидными грунтами берега водохранилищ в степной, полупустынной и пустынной зонах. За первые 10 лет существования водохранилища берег может отступить на 200 м и более.

Наиболее крупные фракции продуктов волнового разрушения берегов водохранилищ идут в основном на формирование аккумулятивной части отмели, а более мелкие отлагаются в его глубоководных местах или выносятся в нижний бьеф.

8.8.ВОДНЫЕ МАССЫ ВОДОХРАНИЛИЩ

Гидрологическая структура водохранилищ, обладает существенными особенностями. Хотя в водохранилищах, как и в крупных озерах, встречаются обе водные массы — первичная (речная) и основная (водная масса самого водохранилища, аналогичная озерной водной массе), соотношение их объемов отличается от соотношения, свойственного озерам. В крупных озерах на долю речной водной массы приходится небольшая часть общего объема вод (на Онежском озере в среднем менее 10—15 %); в водохранилищах относительный объем речной водной массы возрастает (в Рыбинском водохранилище до 35— 55 % в половодье и 10—25 % в межень). Водные массы в водохранилищах поэтому более подвижны, чем в озерах. Особенностью водохранилищ является также формирование специфической придонной водной массы в приплотинном районе как модификации основной водной массы.



О
н
е
ж
с
к
о
е

ó
з
е
р
о

Р
ы
б
и
н
с
к
о
е

в
о
д
о
х
р
а
н
и
л
и
щ
е



8.9. 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 вод суши приблизительно на 6,6 тыс. км³ и замедлению водообмена приблизительно в 4—5 раз. Так, если в естественном состоянии период условного водообмена в реках земного шара составлял в среднем около 19 сут, то в результате сооружения водохранилищ он увеличился к 1960 г. до 40 сут, к 1970 г. до 64 сут, к 1980 г. до 99 сут. Наиболее сильно замедлился водообмен в речных системах Азии (в 14 раз) и Европы (в 7 раз). Для рек бывшего СССР водохранилища увеличили среднее время пребывания вод в речном бассейне с 22 до 89 сут, т. е. в 4 раза. После сооружения каскада водохранилищ водообмен в бассейнах рек Волги и Днепра замедлился в 7—11 раз.

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.

В результате сооружения водохранилища возрастает поверхность, покрытая водой; поскольку испарение с водной поверхности всегда больше, чем с поверхности суши, потери на испарение также возрастают. Общее уменьшение стока реки по сравнению с естественными условиями (до сооружения водохранилища) может быть оценено с помощью уравнения:

$$\Delta W = (z_B - z_C) \times (F_{вдхр} - F_p) \times 10^{-6},$$

где ΔW — величина уменьшения годового объема стока, км³; Z_B и Z_C — годовое испарение с водной поверхности и суши, мм; $F_{вдхр}$ и F_p — площади водохранилища и поверхности реки на месте искусственного водоема до его создания, км².

В условиях избыточного увлажнения испарение с водной поверхности ненамного превышает испарение с поверхности суши. Поэтому при избыточном увлажнении сооружение водохранилищ практически не сказывается на уменьшении стока рек. В условиях недостаточного увлажнения, а в особенности в условиях засушливого климата, ***сооружение водохранилищ приводит к существенным потерям стока.***

Во всех водохранилищах мира, по данным ГГИ, в 1980 г. терялись на испарение 120 км³ воды в год, т. е. около 3 % стока рек мира. Наибольшие потери речного стока свойственны водохранилищам Насер (8,3 км³/год) и Вольта (4,6 км³/год). Во всех водохранилищах СССР в 1980 г. терялись 19,5 км³ воды в год. В России больше всего теряют на испарение водохранилища Бухтарминское (1,5 км³/год), Куйбышевское и Волгоградское (по 1,1 км³/год).

В то же время водохранилища служат мощными поглотителями биогенных и загрязняющих веществ благодаря процессам деструкции, осаждения и биоседиментации.



Вольта-
водохранилище,
созданное для
строительства
ГЭС.Африка,
река Гана.
Республика
Гана со
столицей Аккра.



В результате сооружения водохранилищ и отложения в них наносов **существенно уменьшается и сток наносов рек.** По расчетам автора, после сооружения водохранилищ сток наносов в устьях рек Волги, Риони, Дуная, Куры и Миссисипи сократился приблизительно в **2** раза, в устьях рек Сулака, Тибра и Нила — в **8—10** раз, в устье Эбро — в **250** раз.

Уменьшение стока наносов рек вследствие их отложения в водохранилищах может вызвать нарушение баланса наносов в устьях рек и стимулировать частичное волновое разрушение морского края дельты, как это уже произошло в устье Нила после возведения Высотной Асуанской плотины и создания водохранилища Насер в 1970 г., а также в устье Сулака после сооружения Чиркейского водохранилища в 1974 г. и устье Эбро после строительства водохранилищ Мекинеса и Рибарроха в 1964 и 1969 гг. соответственно.



**Озеро Насер,
водохранилище
на реке Нил.**



Наиболее сильное воздействие водохранилища на речной сток и природные условия долины реки ниже водохранилища связано с регулирующим эффектом водохранилищ, сооружение водохранилищ привело к увеличению на **27 %** устойчивого меженного речного стока на земном шаре.

Ниже водохранилищ полностью преобразуется водный режим рек, изменяются характер заливания поймы, русловые процессы, режим устьев рек и т. д. В зоне недостаточного увлажнения воздействие водохранилищ приводит к осыханию речных пойм и дельт, что может нанести серьезный ущерб хозяйству. Осушение пойм в зоне избыточного увлажнения — явление положительное, способствующее их хозяйственному освоению, а повышенный сток ниже водохранилищ в летнюю межень — мелиорации пойм и обеспечению на них устойчивого земледелия с весны до осени.

Влияние водохранилищ на термический и ледовый режим рек в целом аналогично влиянию озер. Наиболее характерно ***выравнивающее воздействие водохранилищ на температуру воды в реке.*** Так, на Енисее ниже Красноярского водохранилища температура воды стала в мае —июне на **7—9** и в Июле —августе на **8— 10°С** ниже, а в сентябре на **8** и в октябре на **9 °С** выше, чем до зарегулирования реки.



Волгоградское водохранилище заполнено практически полностью.



В затоплении поселка виновато руководство водохранилища.

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.



Паводки, локальные затопления земель и объектов народно-хозяйственного комплекса.



Размывание берегов Камского водохранилища.

Микроклимат прибрежной зоны водохранилища.

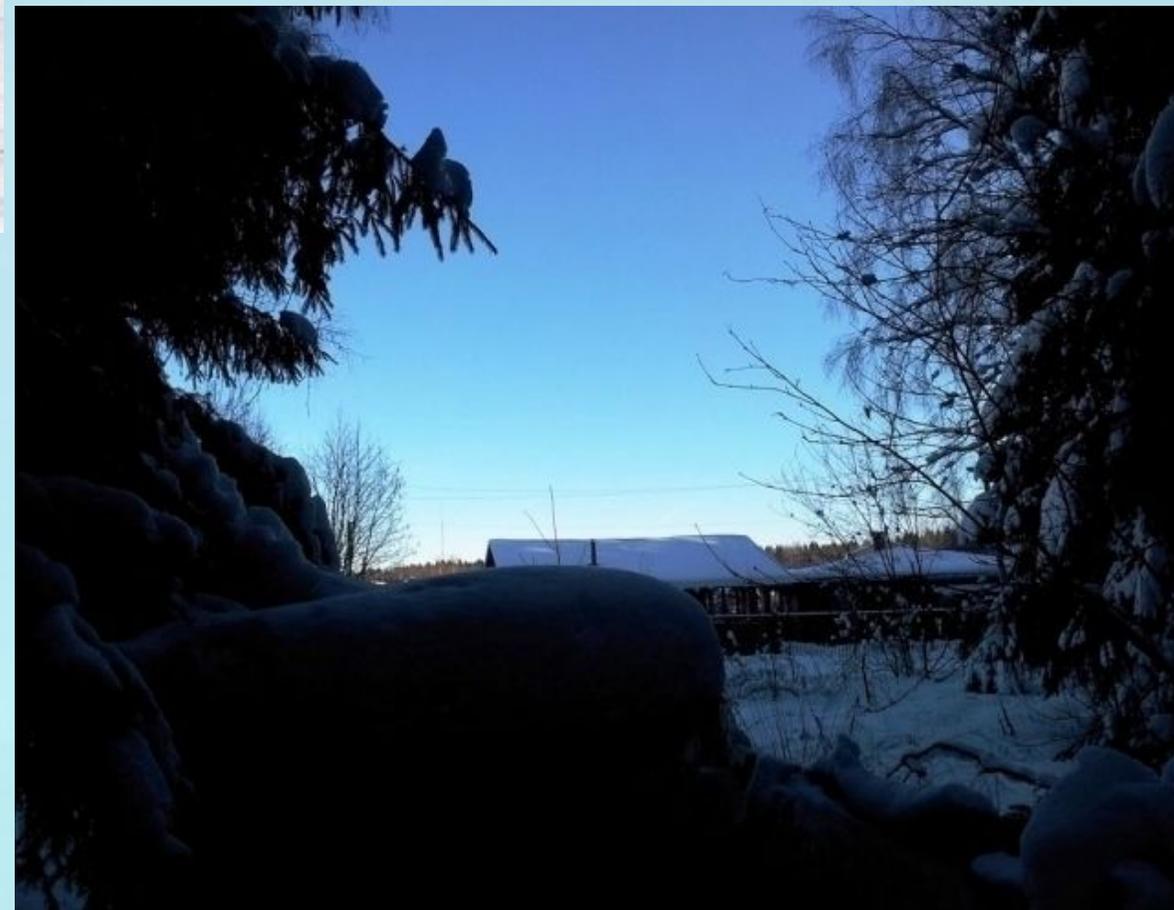




Десногорское водохранилище

Наиболее существенное негативное последствие сооружения водохранилищ — это потеря земель при их затоплении. По оценкам М. И. Львовича, суммарная площадь затопления в мире равна приблизительно 240 тыс. км², что составляет 0,3 % земельных ресурсов суши. Площади затопления на территории бывшего СССР, по данным С. Л. Вендрова, порядка 80 тыс. км².

Берег Пяловского водохранилища



Период строительства крупных водохранилищ, приводящих к большим затоплениям земель, окончился. В последнее время отдается явное предпочтение сооружению небольших водохранилищ, в частности, в горных и предгорных районах. После сооружения водохранилища изменяется почвенно-растительный покров на затопленных и подтопленных землях. Полагают, что 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.

Водохранилище в Болгарии.



Г
а
в
л
о
ь
д
с
о
к
р
а
н
и
л
и
щ
е



Нередко ухудшается качество воды вследствие возникновения в некоторые периоды года дефицита кислорода в придонных слоях, накопления солей и биогенных веществ, «цветения воды». Считают также, что сооружение водохранилищ может привести к увеличению сейсмичности района.



Вилейское водохранилище «цветет»

Водоохранилища оказывают довольно сложное и неоднозначное воздействие и на режим рек, и на природные условия сопредельных территорий. Давая несомненный положительный экономический эффект, они нередко вызывают и весьма негативные экологические последствия. Все это требует, чтобы при проектировании водохранилищ более внимательно учитывался весь комплекс гидрологических, физико-географических, социально-экономических и экологических аспектов. Возникает необходимость в экологическом прогнозе, который невозможен без помощи гидрологии.

Важное значение при этом имеют мероприятия, осуществляемые в процессе создания и эксплуатации водохранилища с целью предотвращения нежелательных последствий и максимального использования положительного эффекта от создания водохранилища. К таким мероприятиям относятся: инженерная защита от затопления территорий и объектов (населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, предприятий, мостов и т. д.); переселение жителей, перенос предприятий, дорог и т.д.; очистка ложа водохранилища от леса и кустарников, создание водоохранных зон; восстановление лесных, рыбных, охотничьих и других ресурсов; транспортное, рыбохозяйственное, рекреационное и другое освоение водоема; инженерное обустройство акватории и береговой зоны водохранилища.



В
О
Д
О
Х
Р
А
Н
И
Л
И
Щ
Е



Кальинское водохранилище

Список литературы.

1. В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов
«Гидрология»

2. <http://akinak.ucoz.ru/photo/>.

3. <http://fish.gov.ru/presscentre...>

4. <http://www.liveinternet.ru/pho...>

Спасибо за внимание