

Задание на 6.11.2020 г.
Лабораторное занятие

1.4. Методы прогноза переработки берегов водохранилищ

1.4.1. Метод прогноза переработки берегов Г.С. Золотарева

Метод Г.С. Золотарева [31] является одним из наиболее распространенных. Он основан на учете геологических, геоморфологических и гидрологических данных и применим для равнинных и горных водохранилищ, расположенных в разных природных условиях. По этому методу переработку берега можно прогнозировать на два срока: *через 10 лет после наполнения водохранилища и на конечный срок, т.е. когда скорость разрушения берега не будет иметь практического значения.*

Сущность метода состоит в следующем. Для всех типичных в инженерно-геологическом отношении участков широкой части водохранилища подготавливаются инженерно-геологические разрезы (рис. 6).

Построение профиля прогноза на этих разрезах начинается с определения глубины расположения бровки уступа береговой отмели – точки *A*. Сразу произвольно определить местоположение этой точки трудно, поэтому построение профиля прогноза повторяют 2-3 раза, пока положение точки *A* не будет обосновано соответствующим образом, указанным ниже.

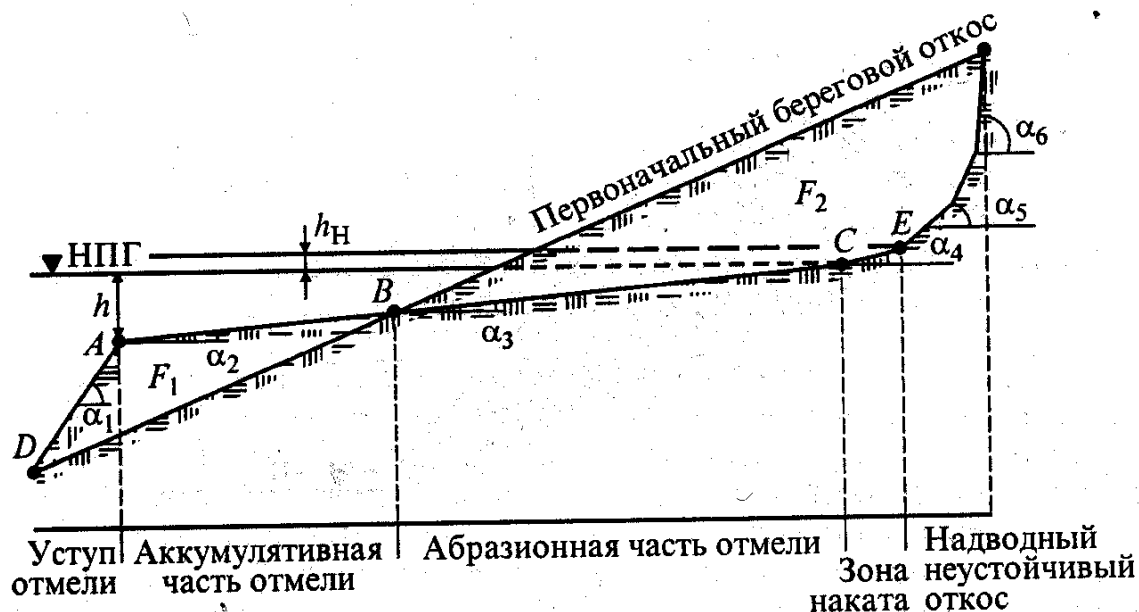


Рис.6. Расчетная схема для прогноза переработки берегов водохранилищ по методу Г.С. Золотарева

Метод рекомендуется для участков, сложенных легкоразмываемыми песками и суглинками, для 10-летнего срока глубину расположения точки A принимать равной 1,5 высотам волны 20 %-ной обеспеченности, т.е. повторяемостью 20 раз в 100 лет. Для конечного срока переработки глубину расположения точки A следует принимать: а) для легкоразмываемых пород равной 2,5-3,0 высотам волны 5 %-ной обеспеченности; б) для трудноразмываемых пород – глин, мергелей и аналогичных пород – 2,0-2,5 высотам волны 1-2 %-ной обеспеченности. Для водохранилищ с малой сработкой уровней глубину расположения точки A для 10-летнего срока откладывают от линии НПГ, а для конечного срока – от горизонта сработки безледного периода в маловодный год.

От точки A , под углом α_1 проводят линию, намечающую уступ подводной отмели, а под углом α_2 – ее поверхность. Линию под углом α_2 доводят до точки B (пересечение с первоначальной поверхностью склона).

От точки B до точки C (до пересечения с линией НПГ) под углом α_3 намечают поверхность абразионной части отмели. Угол α_3 определяют в

зависимости от степени размываемости пород, срока прогноза и высоты волны.

Выше точки C устанавливают зону наката волны. Высоту зоны наката вычисляют по формуле (8) Н.Н. Джунковского. Высота зоны наката равна примерно 0,3-0,4 высоты волны. Угол α_4 , т.е. угол наклона берега в зоне наката определяют по данным лабораторных исследований или по таблице. Г.С. Золотарев рекомендовал для 10-летнего срока ширину и высоту зоны наката волны принимать в 2 раза меньше, чем для конечного срока, т.е. рассчитанной по формуле Н.Н. Джунковского.

Над зоной наката выше точки E намечается надводный откос, контур которого устанавливают по углу естественного откоса пород α_5 (α_6) и форме, какую породы приобретают в естественных обнажениях.

Выполнив первое построение прогноза переработки берега для 10-летнего и конечного сроков, определяют соотношение площадей аккумулятивной части отмели F_1 и размываемой части склона F_2 . Если соотношение $F_1:F_2$ соответствует принятому проценту аккумуляции (табл. 3), то построение и прогноз считается правильным. Если это соотношение не соответствует принятому проценту аккумуляции, производят повторное построение, перемещая точку A ближе или дальше от берега, добиваясь нужного соотношения площадей аккумуляции и размыва. В этом заключается обоснование расположения точки A на профиле прогноза.

Таблица 3

Углы естественного откоса, принимаемые при построении профиля прогноза переработки берегов водохранилищ (по Г.С. Золотареву и Д.Н. Раши)

Породы	Угол откоса отмели, α_1 , град	Угол наклона отмели α_2 и α_3 для стадий, град		Угол наклона зоны наката α_4 для стадий, град		Аккумуляция, объем, %
		10-лет	конечной	10 лет	конечной	
Пески тонко- и мелко-зернистые, разно-	<10-12	1 ⁰ 30'	1 ⁰	5 ⁰	3 ⁰	5-10

среднезернистые		3 ⁰	2 ⁰	6 ⁰	4 ⁰	10-15
Пески крупные, Галечник и щебень с песчаным заполнителем, Галечник и щебень с глинистым заполнителем	<18-20	5 ⁰	3 ⁰	10 ⁰	6 ⁰	15-20
		10-12 ⁰	8-10 ⁰	18-20 ⁰	15-18 ⁰	20-35
Супеси, Суглинки, Глины, Лессы	<8-10	8-10 ⁰	6-8 ⁰	15-18 ⁰	14-16 ⁰	20-25
		1 ⁰ 30'	1 ⁰	4	3	3-5
		1 ⁰ 30'	1 ⁰	4	2-3	<3
		2 ⁰	1 ⁰ 30'	6	8	0
		1 ⁰ 30'	1 ⁰	4	2	<3

1.4.2. Метод прогноза переработки берегов Е.Г. Качугина

Метод основан на следующем положении – интенсивность подмыва и разрушения берегов водохранилищ пропорциональна энергии волнения в данном месте. Подмыв берегов во времени постепенно затухает и характеризуется кривой параболического типа.

Исходя из этих соображений, Е.Г. Качугин [17] разработал метод прогноза переработки берегов водохранилищ с учетом энергии волнения и размываемости пород, т.е. двух главных характеристик, определяющих развитие процесса абразии. Основой этого метода является эмпирическая формула 9:

$$Q = EK_p K_b t^b, \quad (9)$$

где Q – количество размытой породы берега за время t лет, м³/м;

E – средняя энергия волнения в данном пункте, тс·м;

K_p – коэффициент размываемости пород;

K_b – коэффициент, учитывающий высоту берега;

t – время размыва, годы;

b – показатель степени меньше единицы, зависящий от скорости затухания размыва.

Определение прогноза переработки берега водохранилища проводится по следующей схеме:

1. Определение энергии волнения E в тонна-сила-метрах (тс·м) выполняется для каждого участка береговой зоны. Поэтому предварительно определяют высоту ветровых волн (обеспеченностью 0,1 %) по методу А.П. Браславского, а затем величину энергии волнения с учетом данных о продолжительности действия ветра по специальному графику.

2. Под коэффициентом размываемости пород K_p Е.Г. Качугин понимает объем размываемой породы в кубических метрах, приходящийся на единицу энергии волнения в тонна-сила-метрах [$\text{м}^3/(\text{тс}\cdot\text{м})$] в первый год наполнения водохранилища, когда еще нет сформировавшейся отмели, т.е.

$$K_p = \frac{Q}{E_1}. \quad (10)$$

Этот коэффициент рекомендуется определять по табл.1.

3. При разрушении берегов обычно образуется отмель, на которой волны теряют часть энергии. Поэтому коэффициент, учитывающий высоту берега K_b , косвенно отражает величину потери энергии волн на отмели. Этот коэффициент численно равен произведению средней высоты берега на некий множитель c :

$$K_b = h_b \cdot c. \quad (11)$$

Величина c изменяется от 0,03 для очень легкоразмываемых пород до 0,05 для трудноразмываемых. При высоте берега 30 м и более коэффициент K_b принимается равным 1.

Прогноз переработки берегов водохранилища производят на сроки 1, 10 лет и конечный. Показатель степени b при времени размыва t характеризует отношение ширины абразионной части отмели к ширине всей

отмели и в среднем равен 0,7. Если отмель абразионная b достигает 0,95, а в случае аккумулятивной отмели этот показатель уменьшается до 0,45.

Определив основные данные для расчета количества размываемой породы в м^3 на один погонный метр берега за время t (лет) на рассматриваемом расчетном участке и рассчитав объема пород, приступают к построению профиля прогноза (рис. 7). Для этого на расчетном инженерно-геологическом разрезе отмечают зону, в пределах которой возможен размыв берега. Границы этой зоны по вертикали определяют по амплитуде колебания уровня воды в водохранилище с поправками на высоту «рабочей волны» h_p , при которой происходит наибольший размыв (ВПР – верхняя поверхность размыва).

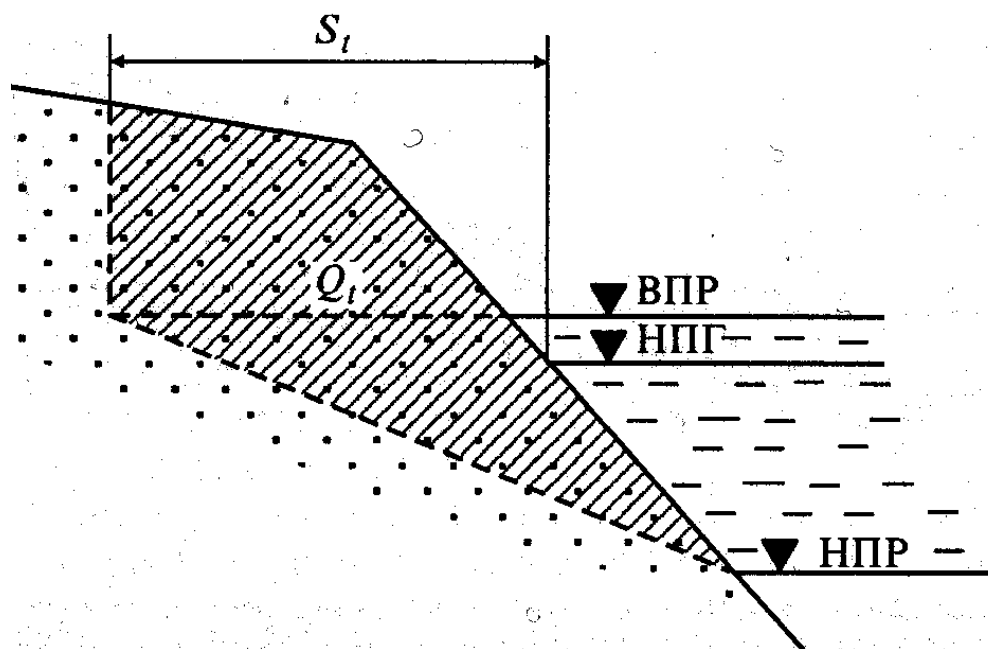


Рис.7. Расчетная схема для прогноза переработки берегов водохранилищ по методу Е.Г. Качугина

Высота рабочей волны определяется как:

$$h_p = 0,7 \cdot h_{cp}. \quad (12)$$

За нижнюю границу зоны размыва (НПР) принимается положение низкого уровня 96-98% обеспеченности в безледный период, сниженное на

высоту рабочей волны. От точки, где на расчетном разрезе отмечена нижняя граница размыва намечают абразионную часть отмели.

Дальнейшее построение производят путем подбора площади на профиле в квадратных метрах, численно равной объему размыва в кубических метрах для разных периодов времени – Q_1 , Q_{10} , $Q_{кон}$. Угол наклона надводного откоса определяют по аналогии с такими же откосами, как и в методе Г.С. Золотарева.

Ширину зоны переработки определяют по расстоянию от уреза воды в водохранилище при НПГ до намечаемой бровки откоса.

1.5. Проектирование защитных мероприятий от абразии и переработки берегов

Генеральная схема инженерной защиты предусматривает разработку принципиальных положений и разрабатывается в мелком масштабе. На этом этапе имеющиеся сведения дополняют данными рекогносцировочных обследований прибрежных зон с целью выявления мест интенсивного развития абразии.

Специальные схемы инженерной защиты содержат конкретные проектные решения по основным типам сооружений. Их обосновывают расчетами локальных и региональных прогнозов развития процесса на 10, 20 и более лет, включая конечную стадию. Основанием для выполнения таких расчетов служат данные изысканий и режимных наблюдений.

Наиболее ответственными этапами обоснования инженерной защиты являются проект и рабочая документация, на которых утверждаются конкретные проектные решения по типам, конструкциям, параметрам и компонентам сооружений защиты. Основные масштабы исследований для разработки проекта – 1:1000 – 1:5000, рабочей документации – 1: 1000. На этих этапах изыскания проводятся не только на участке предполагаемого строительства, но и на прилегающей территории в зонах возможного

воздействия проектируемых сооружений на развитие береговых процессов и подпор подземных вод.

В России в настоящее время для защиты берегов водохранилищ от размыва наиболее часто применяются дамбы, облицовка береговых откосов, одерновка, отсыпка камнем и песком и на отдельных участках — сооружение ряжей. На Байкале широко применяются ряжи, волноотбойные стенки, волноломы и буны. В последние годы вдоль юго-восточного берега озера, по которому проходит Транссибирская магистраль, ведется интенсивная отсыпка рваного камня.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «абразия».
2. Какие факторы влияют на развитие процесса абразии?
3. От чего зависит интенсивность абразии?
4. Какие защитные мероприятия используют при защите от абразии?
5. Какие методы существуют для прогноза переработки берегов водохранилищ?
6. В чем сущность прогноза переработки берегов водохранилищ по методу Г.С. Золотарева?
7. Что лежит в основе метода прогноза переработки берегов водохранилищ по Е.Г. Качугину?
8. Как определяется энергия волнения и от чего она зависит?
9. Как проектируют системы инженерной защиты размываемых берегов водохранилищ?

Рекомендуемая литература

1. Бондарик Г.К. Инженерная геодинамика / Г.К. Бондарик, В.В. Пендин, Л.А. Ярг. – Москва: КДУ, 2007. – 440 с.

2. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика / Г.С. Золотарев. – Москва: МГУ, 1983. – 328 с.
3. Иванов И.П. Инженерная геодинамика / И.П. Иванов, Ю.Б. Тржцинский. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 416 с.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геодинамика / В.Д. Ломтадзе. – Ленинград: Недра, 1977. – 479 с.
5. Тржцинский Ю.Б. Инженерно-геологические особенности Иркутского амафитеатра / Ю.Б. Тржцинский, Е.А. Козырева, И.И. Верховин. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. – 124 с.
6. Учебное пособие по инженерной геологии / под ред. Г.С. Золотарева. – Москва: МГУ, 1990. – 294 с.