

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 551.312.4 : 621.113

С. Л. ВЕНДРОВ, И. Н. СТЕЖЕНСКАЯ

АККУМУЛЯЦИЯ НАНОСОВ В КРУПНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БЕРЕГОВ

Интенсивность и масштаб экзогенных процессов на крупных водохранилищах различны в зависимости от их типа. Водохранилища можно разделить на три группы: а) равнинные — с напором порядка 15—25 м и площадью зеркала не менее нескольких сотен км²; б) водохранилища в горных районах, с высотой напора на гидроузле порядка 200 м и выше; в) промежуточная группа с напором 50—100 м, к которой следует отнести крупные водохранилища в пределах плоскогорий, сооружаемые в глубоко врезанных речных долинах, а также на плоскогорьях с пересеченным рельефом и в предгорьях.

Примером крупных существующих, строящихся и планируемых водохранилищ названных трех групп могут служить: 1) группа равнинных водохранилищ — Камско-Волжского и Днепровского каскадов, Цимлянское, Верхне-Свирское, Новосибирское (15—25 м); 2) группа горных — Ингурское (410 м) и Нурекское (273 м), Саяно-Шушенское (212 м), Токтогульское (180 м); 3) группа промежуточная — Средне-Енисейское (54 м), Осиновское (55 м), Мингечаурское (65 м), Бухтарминское (67 м), Богучанское (75 м), Усть-Илимское (91 м), Красноярское (100 м), Братское (106 м) и другие водохранилища.

Среди крупных водохранилищ Европейской части страны резко преобладают равнинные водохранилища. В Сибири, по планам предстоящего строительства, часть крупных водохранилищ можно отнести к горным (например, Саяно-Шушенское, расположенное в пределах хребтов Саянского, Мирского и Нуртушибинского), а большинство — к промежуточной группе. В числе последних надо назвать предгорное Красноярское водохранилище, расположенное вдоль западных окраин Манского и Бельинского Белогорья. Большинство же крупных сибирских водохранилищ промежуточной группы расположены в пределах речных долин, глубоко врезанных в обширные плоскогорья, например существующие, строящиеся и проектируемые водохранилища Ангарского каскада. Енисейские водохранилища, расположенные ниже Красноярского, также отнесены нами к промежуточной группе по признаку размеров напора, величина которого обусловлена их положением на границе с Сибирским плоскогорьем.

Иные, по сравнению с европейскими водохранилищами, условия рельефа делают весьма ценными исследования формирования чаши водохранилищ, построенных и строящихся в Сибири в настоящее время.

Масштабы экзогенных процессов, формирующих берега и дно новых водоемов, в первую очередь связаны с протяженностью береговой ли-

нии и размерами площади дна. Длина берегов крупных водохранилищ составила к концу шестидесятих годов 33 тыс. км, в том числе на равнинных — 26,5 тыс. км (без береговой линии подпертых озер). Протяженность берегов водохранилищ Сибири, Дальнего Востока и Казахстана (включая строящиеся) составит 4,5—5 тыс. км. Если принять без корректировки планы строительства крупных гидроузлов на перспективу до 1983—1985 гг., намечаемые «Генеральной схемой комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР на 20 лет», то протяженность берегов крупных водохранилищ возрастет с 33 до 50—60 тыс. км. Из них 80—85% прироста падает на водохранилища Сибири, Дальнего Востока, Казахстана и Средней Азии.

Площадь дна существующих водохранилищ, включая подпертые озера, — 120 тыс. км²; в том числе в Сибири, на Дальнем Востоке, в Казахстане и Средней Азии — почти 50 тыс. км², а без подпертых озер соответственно 75 и 12 тыс. км². Площадь дна крупных водохранилищ через 15—20 лет может увеличиться до 250 тыс. км², из которых 180 тыс. км²¹ будет приходиться на азиатские районы страны. Поэтому объемы разрушаемых горных пород в сумме с объемами наносов, перемещаемых и откладываемых на дне, достигнут астрономических величин.

Протяженность абразионных, оползневых, осыпных, обвальных и других отступающих берегов крупных водохранилищ — около 15 тыс. км. Объемы перерабатываемых на них ежегодно горных пород — 230—270 млн. м³. До 95—98% этого объема откладывается на дне в пределах этого же или другого водохранилища (2—5% растворяется). Следовательно, общий объем «земляных работ», выполняемых в водохранилищах в настоящее время (разрушение пород, транспортировка и отложение наносов), можно оценить в пределах 450—500 млн. м³ ежегодно, в том числе до 100 млн. м³ в Сибири². Осадочная толща на дне формируется в новом литологическом и петрографическом качестве, с новыми примесями, в том числе органическими, обладает большей плотностью и большим удельным весом. Соотношение между удельным весом абразионных, оползневых и других активно разрушаемых берегов и общей длиной береговой линии различно в зависимости от типа крупных водохранилищ. Для равнинных водохранилищ в Европейской части страны оно колеблется (исключая верхние зоны) от 40 до 50%. На водохранилищах промежуточной группы, глубоко врезаемых в плоскогорья, несколько увеличивается доля абразионных берегов (до 60%). В крупных водохранилищах, расположенных в предгорьях, и особенно граничащих с плоскогорьями или окраинными частями горных хребтов, оно иногда вдвое меньше.

Приведенные выше цифры характеризуют дополнительный к ранее существовавшему (в условиях естественного режима реки) потоку наносов объем разрушенного, перемещенного и вновь отложенного грунта. Чтобы полностью оценить объем наносов, поступающих в крупные водохранилища, нужно к продуктам абразии добавить продукты эрозии: водной — склоновой и русловой (современный аллювий) и ветровой (продукты дефляции):

Объемы поступающего обломочного материала можно приближенно оценить, основываясь на данных Г. В. Лопатина (1952) для крупных рек с поправками на уменьшение русловой эрозии в результате подпора. Приближенные расчеты показывают, что к 230—270 млн. м³, поступающих на дно водохранилищ в результате разрушения берегов, добав-

¹ Перспективные длины берегов и площади дна исчислены без Нижне-Ленского и Нижне-Обского водохранилищ, сооружение которых противоречит интересам комплексного использования природных ресурсов обширных территорий.

² Эти масштабы позволяют иллюстрировать значение человеческой деятельности как геологического фактора (Сидоренко, 1967, 1970).

ляется ежегодно в среднем около 300 млн. м³ аллювия и другого обломочного материала разной крупности, вносимого притоками, включая селевые потоки. При этом, как и в объемах абразивного материала, межгодовая неравномерность их очень велика. На первых стадиях формирования чаши равнинного водохранилища эти продукты не смешиваются между собой. Абразивный материал отлагается преимущественно в нижней (приплотинной) зоне, отчасти и в средней, а аллювий — в верхней зоне водохранилища и в зоне выклинивания подпора. Уже через 2—3 года начинается движение донных осадков по направлению к плотине и формирование фаций смешанных наносов.

Количественную оценку поступающих продуктов дефляции в настоящее время дать трудно. Однако объемы эти очень велики. Для примера укажем, что небольшие заливы, затоны и бухты левобережья нижней Волги еще при естественном ее режиме нередко при суховейных ветрах заносились песком в большей степени, нежели в результате работы водного потока. При пыльных бурях на акватории водохранилищ в течение часов и суток вносятся десятки миллионов тонн пыли и песка. Опираясь на исследования Б. А. Федоровича по золовым процессам в аридной зоне, мы предполагаем, что объемы продуктов дефляции, поступающих в водохранилища в безлесных районах, могут превышать объемы продуктов абразии или водной эрозии.

И не только в безлесных. Так Б. А. Попов (Ин-т географии АН СССР) в 1968—1969 гг. наблюдал весьма интенсивный ветровой перенос песка на Мологском плесе Рыбинского водохранилища; аккумулятивные песчаные отмели под крутыми берегами, ориентированными по ветрам господствующих румбов, при обсыхании в конце лета (в результате снижения уровня воды в водохранилище) сдувались в воду, активизируя тем самым абразию при последующем повышении уровня воды. В другом природном районе страны А. М. Мордовин (Хабар. компл. ин-т СО АН СССР) в 1969 г. наблюдал на залесенных берегах озер и протоков Удыл-Кизинской низменности (нижнее течение Амура) свежие скопления песка эолового происхождения мощностью в 3—4 и более метров; при раскапывании песчаной толщи можно было нередко обнаружить на глубине в 40—80 см слой погребенного снега — прошлогоднего или давностью в несколько лет.

В ближайшие 20—30 лет рост абразии будет продолжаться, поскольку эффективная борьба с этим бедствием только готовится. В то же время можно полагать, что за пределами текущего столетия интенсивность и объем потока наносов, поступающих в водохранилища, снизятся. Основанием для этого служат следующие предположения.

Во-первых, трудно представить, чтобы человек XXI века, во много раз лучше нас вооруженный техникой, знанием природных процессов и умением управлять ими, продолжал бы мириться с современными масштабами водной и ветровой эрозии, волновой абразии, оползневых явлений.

Во-вторых, по представлениям авторов в будущем изменятся исходные принципы организации водного хозяйства и использования водных ресурсов, в частности, поверхностных вод. Освоение новых источников электроэнергии и способов ее получения, внедрение для транспортировки воды трубопроводов больших диаметров, успехи в добыче пресных вод или изготовление пресных вод из соленых — все это позволяет считать, что крупные водохранилища, образованные путем затопления плодородных пойменных земель, лесных массивов и других ценных территорий, станут менее целесообразными. Поэтому прогнозы заиления крупных водохранилищ на период более 40—50 лет, по нашему мнению, не имеют практического смысла.

Перечислим основные источники поступления наносов и главные практические последствия этого процесса для эксплуатации крупных водохранилищ разных групп.

На равнинных водохранилищах основными источниками заносимости являются: первый и основной — продукты абразии и другие формы разрушения берегов и дна до глубины 6—8 м; второй — продукты эрозии, в том числе (в северных и южных широтах) преимущественно современный аллювий, особенно в верхних зонах водохранилищ, в южных — также и продукты дефляции; третий — продукты распада фитопланктона (Вендров, 1959, 1966).

Состав начальных («базальных») фаций наносов водохранилищ зависит и от подготовки ложа водохранилища к затоплению. Большие площади дна Рыбинского водохранилища первоначально были покрыты наносами, в состав которых входили топляки, древесная и торфяная крошка; с ее участием были сложены волноприбойные вдольбереговые валы. Аналогичная картина имела место в Камском водохранилище, а возможно и в Братском.

По мере формирования нового дна начальный слой покрывается другими наносами (Вендров, 1960).

В горных водохранилищах основными источниками поступления наносов служат, во-первых, обломочный материал, приносимый речным потоком, включая сели, и, во-вторых, продукты разрушения (оползания) бортов водохранилища.

В крупных водохранилищах промежуточной группы, глубоко врезанных в плоскогорья, источники наносов в общем примерно те же, что и на равнинных, с той, однако, разницей, что продукты абразии и оползней могут иметь еще больший удельный вес.

В предгорных водохранилищах главными источниками наносов являются продукты эрозии — в северных и средних широтах преимущественно водной, а в южных еще и ветровой. Меньший удельный вес имеют продукты отдельных местных очагов волновой абразии, оползней и осыпей. Об этом свидетельствуют данные по Мингечаурскому водохранилищу (Халилов, 1969).

Практические последствия заносимости водохранилищ различны. Если в горных водохранилищах главное и по существу единственное последствие — сравнительно быстрое уменьшение объема водохранилищ, то на равнинах этот процесс, как известно, затягивается. Однако изменение объема сливной призмы в размерах, которые необходимо учитывать в водохозяйственных расчетах (10—15%), и здесь сказывается через 15—30 лет. Например, Куйбышевское водохранилище, имевшее первоначальный объем порядка 50 км^3 (округляем, имея в виду различные уровни затопления), уже сейчас, через 14 лет после начала заполнения водой, содержит около 5 км^3 вновь отложенных в пределах чаши наносов. Исследования последних лет заставляют считать, что заиление нижних зон равнинных водохранилищ идет интенсивнее, чем это ранее предполагалось.

Основные же отрицательные хозяйственные последствия для равнинных водохранилищ — неустойчивость форм и режима наносов, затрудняющая эксплуатацию водозаборных сооружений, причалов и водных подходов к ним, тоневых участков и других рыбохозяйственных объектов, зон отдыха и т. д. Сюда же относится уменьшение биопродуктивности бентоса. В то же время положительная сторона этого явления — увеличение запасов илов, большей частью плодородных.

Хозяйственная острота последствий перемещения и отложения наносов для предгорных водохранилищ меньше, чем для ранее названных групп, поскольку абразионные явления здесь носят локальный характер, а населенность берегов существенно меньше. Тем не менее актуальность изучения режима обрушения берегов и аккумуляции наносов в районах населенных пунктов, водозаборов, головных сооружений оросительных каналов не снимается. Особенно актуальной она остается для крупных водохранилищ, глубоко врезанных в плоскогорья.

Здесь большие неожиданности таит в себе активизация оползней в периоды заполнения водохранилища на глубину в десятки метров, особенно если в один сезон происходит большое и быстрое повышение уровня воды. Примером послужило Красноярское водохранилище в 1969 г.; по наблюдениям экспедиции Лаборатории гидрологии водохранилищ Сиб. ин-та энергетики Минэнерго (руков. лабор. С. Г. Бейром) быстрое обводнение трещиноватых скальных берегов (Белынское нагорье) привело к сползанию огромных массивов объемом в десятки тысяч кубометров, преимущественно в местах, где трещиноватость породы имеет падение в сторону водохранилища. Соображения о сохранении прибрежных территорий, устойчивости береговых склонов, безопасности сооружений, к сожалению, мало учитываются при разработке режимов регулирования крупных водохранилищ, особенно для первоначального наполнения бьефов с высоким напором.

В новых работах ряда авторов — В. А. Ключевой (1969), В. М. Широкого (1966), Н. А. Зиминовой, В. П. Курдина (1968), С. А. Лопухина (1966) — показана пространственная и качественная динамика донных отложений равнинных водохранилищ. Охарактеризуем наиболее важные черты этих процессов.

1. В устьевых частях крупных заливов, в верхней и средней зонах водохранилища отмечается повсеместный быстрый рост мощности илистых отложений за счет аллювия притоков. За 10—12 лет мощность этих отложений на очень больших площадях превышает 30—40 см.

2. Идет медленное, но неуклонное движение донных грунтов к плотине, и в нижней зоне появляются все более крупные очаги илистых отложений, частично принесенных из других районов водохранилища.

3. Развитие на равнинных водохранилищах процессов цветения (сине-зеленые водоросли) непрерывно поставляет на дно богатые органическими фосфорными соединениями большие массы скелетов фитопланктона. Поэтому здесь сравнительно быстро формируются богатые запасы донных плодородных илов. Остановимся на перспективах их использования.

Если частичное (путем снижения НПГ) или полное осушение отдельных равнинных водохранилищ для сельскохозяйственного использования земель можно считать дискуссионной проблемой будущего, то поиски резервов местных удобрений и дополнительных к существующим ресурсам сельскохозяйственных земель — проблема достаточно актуальная, притом не только для освоенных районов. Здесь уместно сослаться на предложение Б. А. Николаева, который, говоря о поисках резервов местных удобрений в связи с проблемой комплексной разведки на площадях прарек Западной Сибири, упоминает о возможности рефулирования и доставки по трубопроводам ценных удобрений илистых озерных отложений.

Идея рефулирования плодородных илов со дна водоемов, в принципе весьма заманчивая для озер, должна быть рассмотрена и применительно к крупным равнинным водохранилищам, прежде всего на тех участках, где эти илы достигают большой мощности, тем самым ухудшая условия эксплуатации водоема в ирригационных, транспортных, рыбохозяйственных, коммунальных и других целях. Плодородные илы на дне водохранилищ формируются во всех природных географических зонах. И всюду ощущается острая нужда в повышении плодородия земель, непосредственно примыкающих к новым берегам водохранилищ, которые до их образования использовались в сельском хозяйстве меньше, чем ниже расположенные приречные территории — в силу своих сравнительно более низких агротехнических свойств.

Второй возможный путь использования илов водохранилищ в настоящее время для сельскохозяйственных целей — осушение заиленных мелководий, в первую очередь в широких устьях притоков. Отчленение

мелководий от водохранилищ после нескольких лет пребывания их под водой имеет, по нашему мнению, преимущество по сравнению с их отделением до затопления водохранилища, потому что дамба в этом случае возводится не насухо, а с воды, а сельскохозяйственная ценность временно затопленных земель повышается. Таким образом, например, мог бы быть использован мелководный Чирской залив Цимлянского водохранилища (затопленные низовья долины р. Чир), который в устье имеет ширину до 12 км. Емкость его для водохранилища невелика. В затопленном состоянии он создает трудности для сухопутных сообщений и является источником больших потерь воды на испарение. Между тем мощность илов, по данным С. А. Лопухина (Цимлянская гидрометеобсерватория) и В. А. Ключевой (Ростовский университет), достигла уже в 1965 и 1966 гг. в затопленных руслах и пойменных понижениях 30—40 см и более.

Скорость и масштабы динамики берегов и дна крупных водохранилищ существенно зависят от местных природных условий, в частности, от длительности безледного периода (как фактора, в значительной мере определяющего ежегодную длительность абразии при открытом русле), которая тесно связана с широтным и долготным положением водоемов. Рассмотрим указанные изменения для трех речных систем (одна из которых уже превращена в каскад водохранилищ) Волга — Кама — Печора, Обь и Енисей.

Потенциальные возможности увеличения абразии за счет большей длительности этих процессов в течение года при движении с севера на юг в Сибири растут медленнее, чем в Европейской части страны, причем наиболее медленно в бассейне р. Оби; Енисей занимает как бы промежуточное положение. Так, к западу от Урала для того, чтобы длительность абразии увеличилась на 20—25% по сравнению с пунктом, расположенным на 65,5° с. ш. (Усть-Цильма), надо спуститься на юг на 5—7° (до Березняков и до Рябиново). К востоку от Урала для такого увеличения надо продвинуться к югу на Енисее на 8—9° (от Туруханска до с. Казачинское и с. Залив), а на Оби на 12° (от с. Мужы до с. Камень на Оби и Барнаула). При сравнении пунктов, расположенных на одинаковых широтах по обе стороны от Урала, видно, что увеличение длительности абразии на Камско-Волжской трассе происходит интенсивнее по отношению к северной точке соответствующей трассы (65,5° с. ш.) в два-три раза, чем на Оби, и в полтора-два раза, чем на Енисее.

Оценка интенсивности абразии и других экзогенных процессов на водохранилищах в связи с изменением длительности безледного периода будет полнее, если сопоставить сроки его начала и конца с распределением характеристик ветрового режима по отдельным месяцам полугодия. Рассмотрим по месяцам скорость ветра и число случаев с силой ветра более 15 м/сек, поскольку эти штормовые ветры создают основной абразийный эффект. В таблице сопоставление произведено для двух характерных лет: для года с повышенной атмосферной циркуляцией (в числителе) и для «среднего» года (в знаменателе). Из таблицы следует, что для различных участков трассы Печора — Кама — Волга наибольшая средняя скорость ветра отмечается в мае и октябре. Наибольшее число штормовых ветров приходится на май (за исключением Волгограда, где максимум смещается с мая на июнь) и сентябрь — октябрь. При этом отличие от летних месяцев (июль — август) весьма значительное. Подобные сопоставления были сделаны и по долине Оби и Енисея, также по четыре пункта для каждой реки. Картина совершенно аналогичная, даже без исключений, подобных Волгограду. Сокращение длительности безледного периода на реках в условиях подпора происходит в основном за счет более позднего вскрытия и раннего замерзания. Поэтому на тех водохранилищах, существующих и проектируемых, которые в период активного действия ветров (май, сентябрь а иногда и октябрь) скованы

Пункт	С. ш.	Среднемесячные скорости по отношению к средней скорости за полугодие						Число случаев с силой ветра более 15 м/сек					
		V	VI	VII	VIII	IX	X	V	VI	VII	VIII	IX	X
1. Усть-Цильма	65,5°	1,22 1,13	1,18 1,03	0,88 0,80	0,99 1,00	0,88 1,00	0,85 1,05	14 7	8 1	5 2	1 0	5 6	1 1
2. Чердынъ	60,5°	1,16 1,04	0,84 0,88	0,85 0,75	1,06 1,04	0,87 0,95	1,22 1,22	6 7	8 7	4 1	4 0	10 3	1 3
3. Ярославль	57,5°	0,94 1,20	0,99 0,89	0,94 0,81	0,96 0,84	0,69 1,04	1,51 1,22	6 1	2 3	6 2	0 0	0 2	5 2
4. Волгоград	48,5°	1,07 1,09	0,85 1,11	0,85 0,94	0,92 1,11	0,98 0,79	1,37 0,96	6 1	17 1	9 8	9 5	5 3	9 5

льдом, интенсивность абразионных процессов уменьшится в наибольшей степени.

Если с этих позиций сравнить потенциальные возможности абразии на трех рассмотренных трассах по их длине, то можно сделать два вывода.

1. Сдвиг сроков начала и конца безледного периода и уменьшение его длительности, в сочетании с внутрисезонными особенностями режима ветров, в большей мере снижает потенциальные возможности абразии на водохранилищах Енисея, меньше на Оби и еще меньше на Печорско-Камско-Волжской трассе.

2. Территориальная граница наибольшего сокращения длительности абразии смещается к югу при движении с запада на восток. На Европейской трассе она захватывает лишь северные водохранилища, поскольку южные вскрываются раньше, чем проявляется действие наиболее сильных ветров. На данном этапе исследований, учитывая небольшое количество рассмотренных пунктов, ее можно условно провести на р. Оби по 61° с. ш., а на Енисее продвинуть к югу до 55° с. ш. Это означает, что на Енисее берега водохранилищ не только по геоморфологическим и гидрогеологическим показателям, но и по срокам ледовых фаз и внутрисезонному режиму ветров будут находиться в более благоприятных условиях, чем берега водохранилищ Оби и тем более Волги.

На плоскогорных и в предгорных районах существенную роль играет изрезанность береговой линии крупных водохранилищ. На равнинах и в предгорьях она существенно отлична: заливы в притоках (речках, оврагах, балках) водохранилищ в предгорьях и на плоскогорьях значительно уже и короче вследствие более крутого падения притока в долину основной реки. В сочетании с глубоким подтоплением (в силу высокого напора на плотине) это приводит к большому количеству подводных каньонов, иногда к фиордовому типу берега. Поэтому мощные вдольбереговые потоки наносов, которые на равнинных водохранилищах имеют важное значение для спрямления береговой линии и создания защитных отмелей, в предгорных водохранилищах не получают развития, существенно меньше участвуя в формировании берегов.

Одновременно с пространственными различиями важно учитывать также общие временные закономерности. Ориентация только на «средние» гидрометеорологические характеристики неизбежно приводит к ошибкам в таких прогнозах, так как реальные годы редко похожи на «средние». В практических целях прогнозы на 10—20 лет³ нужны для сметных соображений и для проведения «красных линий» на генпланах.

³ Прогнозы деформаций и заносимости водохранилищ на более длительные сроки, в частности на так называемую конечную стадию переработки берега, весьма условны ввиду неизбежных изменений масштабов экзогенных процессов.

Для осуществления же конкретного строительства и эксплуатации нужны прогнозы на 2—3—5 лет. Полезно при этом ориентироваться на общие тенденции межгодовых изменений климатических ритмов в рамках 2—5—7—11—25 лет. Это содержит некоторую условность, но большая условность и большая вероятность погрешности заключена в ориентировке на средние величины го принципу «будущее равно прошлому». Современная гидрологическая практика все больше прибегает к вариантам прогнозов разной вероятности, что целесообразно внедрить и в прогнозы деформации берегов и дна, интенсивность которых тесно связана с гидрометеорологическими условиями года и группы лет.

Повышенное количество зимних и летних осадков предопределяет ускоренное или более значительное заполнение водохранилища, большую продолжительность высоких уровней. Увеличение количества осадков связано с активизацией циклонических процессов, поэтому годы с более высокими уровнями в водохранилище всегда являются годами с увеличенными скоростями ветра. Вот почему более влажные (и более ветреные) годы — это годы повышенной абразии, оползней, увеличения количества доставляемого в водохранилище аллювия. Примером может служить Куйбышевское водохранилище, на котором после снижения активности абразии в конце пятидесятых годов последняя временно усилилась в начале шестидесятых как следствие увеличения зимних осадков, летних скоростей ветра. Учет климатических ритмов увеличит надежность прогнозов интенсивности экзогенных процессов.

В числе важных задач будущих исследований следует обратить внимание на транспортировку и отложение наносов придонными потоками, отличными от окружающих вод высокой плотностью за счет повышенной мутности (вплоть до концентрации водно-грязевого потока). Они уже сейчас являются предметом изучения специалистов по режиму донных осадков морских шельфов и крупных равнинных водохранилищ. Морфологические особенности чаши предгорного водохранилища и условия поступления в него продуктов эрозии позволяют утверждать, что здесь роль этих течений должна быть особенно велика.

Для полной оценки рельефообразующих процессов, вызванных созданием крупных водохранилищ, нужно к масштабам явлений в чашах водохранилищ, рассмотренным в настоящей статье, добавить масштабы эрозионных и аккумулятивных процессов формирующихся в зонах выклинивания подпора, на участках рек ниже гидроузлов, в устьевых зонах и дельтах, до которых доходит влияние регулирования речного стока. Процессы эти должны быть предметом рассмотрения в отдельной статье.

ЛИТЕРАТУРА

- Вендров С. Л. Проблемы формирования рельефа чаши (берегов и дна) больших водохранилищ. Матер. II геоморфол. совещ. М., Изд. геоморфол. комиссии ОГГГ АН СССР, 1959.
- Вендров С. Л. Геоморфологические и гидрологические исследования на оз. Энгурэ (Латвийская ССР) в середине XVIII века и их значение для познания развития берегов озер и водохранилищ.—Изв. АН СССР. Сер. географ., 1960, № 4.
- Вендров С. Л. Динамика берегов крупных водоемов в связи с использованием водных ресурсов.—Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1966, № 2.
- Зиминова Н. А., Курдин В. П. О заилении Рыбинского водохранилища.—Информ. бюл. «Биология внутренних вод». «Наука», Ленингр. отд., 1968, № 2.
- Клюева В. А. Цимлянское водохранилище за 15 лет существования.—В кн.: Охрана природы нижнего Дона. Изд. Ростовск. ун-та, 1969.
- Лопатин Г. В. Наносы рек СССР. М., Географгиз, 1952.
- Лопухин С. А. Заносимость входов в бухты — убежища Цимлянского водохранилища.—В кн.: Сборник работ Цимлянск. ГМО, вып. 3, 1966.
- Сидоренко А. В. Человек, техника, земля. «Недра», 1967.
- Сидоренко А. В. Геоморфология и народное хозяйство. Геоморфология, 1970, № 1.
- Халилов Ш. Б. Заиление Мингечаурского водохранилища продуктами разрушения

берегов и смыва со склонов. Автореф. канд. дис. Баку, Ин-т географ. АН Азербайджанской ССР, 1969.

Широков В. М. Интенсивность заиления крупных искусственных водоемов лесостепной зоны на примере Куйбышевского водохранилища.— В кн.: Сборник работ «Комсомольской ГМО», вып. 6, 1966.

Институт географии
АН СССР

Поступила в редакцию
21.XI.1969

THE PROCESS OF SEDIMENTATION IN LARGE STORAGE RESERVOIRS AT THE TIME OF SHORE FORMATION

S. L. VENDROV AND I. N. STEZHENSKAY

Summary

The intensity and scale of exogenic processes in large storage reservoirs differ depending on their type. The storage reservoirs may be divided into three groups: a) plain storage reservoirs — with the hydrostatic head of about 15—25 *m* and the area of water table not less than several hundreds of square kilometers; b) storage reservoirs in mountain regions with the hydrostatic head of about 200 *m* and more; c) an intermediate group with the head of 50—100 *m*, which includes large storage reservoirs within plateaux constructed in deeply cut river valleys, as well as on plateaux with dissected relief and in submontane regions.

Considered are the regime and volumes of sedimentation in storage reservoirs of different groups. Due to a mass construction of storage water reservoirs in the USSR the sedimentation reaches great dimensions.
