

Л. Л. РОЗАНОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЕНИЙ РЕЛЬЕФА И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВЯЗИ С МЕЖЗОНАЛЬНЫМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ СССР

Прогрессирующее понижение уровня Каспия и повышение солености Азовского моря — главная (но не единственная) причина постановки и широкого обсуждения проблемы переброски части стока северных рек в бассейн Волги и Дона.

Вопрос о переброске стока северных рек в южные районы нашей страны имеет полувековую историю (О влиянии..., 1967; Саруханов, 1969). В настоящее время в общей схеме возможных решений переброски стока северных рек в бассейн Волги намечились восточная (через Каму) и западная (через Шексну) системы проектируемых гидросооружений (Саруханов, 1974; Братцев, 1975).

Основные варианты восточной системы связаны прежде всего с переброской стока из бассейна р. Печоры путем: а) создания серии водохранилищ в ее среднем и верхнем течениях, б) бесплотинного отъема стока из Нижней Печоры и передачи его вверх по р. Ижме, в) отсечения стока уральских притоков Печоры (Саруханов, 1969, 1974; Братцев и др., 1976, 1977, и др.). В системе западного направления перераспределения водных ресурсов предусматривается забор воды рек Сухоны, Малой Северной Двины и озер Ладожского, Онежского, Лача, Воже, Кубенского (Саруханов, 1974; Колбутов, Путилова, 1977, и др.). Особо важное значение приобретает перспектива создания пресноводного водохранилища в Онежской губе Белого моря (посредством дамбы от Карельского берега через Соловецкие острова к северной оконечности Онежского полуострова) с полезным отбором воды, превышающим в 1,5 раза первоочередной объем по другим проектам переброски стока всех северных рек и озер (Березнер, 1978; Братцев и др., 1979, и др.).

Методические предпосылки прогноза влияния переброски речного стока на рельеф и геоморфологические процессы. Поскольку создание гидротехнических сооружений прямо и косвенно отражается на рельефе, то анализ геоморфологических аспектов играет важную роль в оценке последствий межзонального перераспределения водных ресурсов. При этом большое практическое значение имеют вопросы прогноза динамики существующих и вновь возбуждаемых геоморфологических процессов (Герасимов, 1970, 1976).

Технические предположения по перераспределению водных ресурсов предусматривают создание на Европейском Севере СССР серии крупных водохранилищ многолетнего регулирования. Результаты полевых наблюдений и обобщенные материалы исследований (Опыт и методика..., 1961; Вендров, 1966, 1970; Инженерно-географические проблемы..., 1972; Финаров, 1970; Качугин, 1975; Печеркин, Каченов, 1979; Прогнозы переработки..., 1979, и др.) дают основания утверждать, что на берегах и в прибрежной полосе проектируемых водохранилищ Европейского Севера СССР могут развиваться абразия, аккумуляция, гравитационное обрушение, оползневые процессы, овражная эрозия, в ряде случаев суффозия, карст. На их интенсивность существенное влияние окажет уловенный режим водохранилищ — продолжительность стояния нормального подпорного уровня (НПУ) и величина сработки (Бахтиаров и др., 1969; Колбутов, 1973, и др.). В методическом отношении при

оценке переработки берегов водохранилищ заслуживает внимания прогнозирование их развития на основе анализа систем взаимосвязанных подводных и надводных форм рельефа (Финаров, 1969; Финаров, Колбутов, 1969; Кузнецова и др., 1977, и др.). С масштабом отступления берегов и количеством приносимых реками наносов тесно связано переформирование дна водохранилищ (Вендров, 1970; Маккавеев, 1970; Вендров, Стеженская, 1970, и др.).

Существенное влияние окажет гидротехническое строительство на геоморфологические процессы в речных долинах (Маккавеев, 1970). Так, возведение плотин повысит местные базисы эрозии, вследствие чего влияние водохранилищ на русловой режим выше плотин не ограничится только зоной затопления и подпора, а постепенно будет распространяться вверх по течению рек. Русловой режим рек ниже плотин также значительно изменится, так как произойдет трансформация стока воды и наносов водохранилищами. В результате этого будут интенсивно развиваться эрозийные процессы в руслах ниже плотин, изменится живое сечение русел, уровни в реке снизятся, что особенно будет заметно при малых расходах воды. Значительную глубинную эрозию ниже плотин следует ожидать в приустьевых участках притоков из-за снижения уровня половодья в основной реке.

Наиболее надежные прогнозные оценки изменения динамики существующих и вновь возбуждаемых геоморфологических процессов могут быть получены методом современных и палеогеографических природных аналогов проектируемых долинных водохранилищ. Еще Ф. П. Саваренский (1935) обратил внимание на необходимость изучения истории формирования рельефа и применения аналогий при расчетах величины переработки берегов водохранилищ. Прогнозирование на основе анализа ранее существовавших на Европейском Севере СССР долинных озер, т. е. естественных природных моделей, — весьма перспективное направление в познании последствий территориального перераспределения водных ресурсов и его влияния на рельеф и геоморфологические процессы (Розанов, 1979). Этот вывод основывается на том, что древние озерные бассейны и предполагаемые долинные водохранилища по своим параметрам близки между собой; кроме того, древние бассейны принимали, а проектируемые будут принимать речные потоки, сходные по основным гидрологическим характеристикам, и наконец, на почти полном совпадении географического положения, геологических и тектонических условий ранее существовавших и проектируемых водных бассейнов.

При оценке изменений современных экзогенных инженерно-геологических и рельефообразующих процессов в результате переброски стока северных рек необходимо считаться с влиянием современных движений земной коры (Братцев и др., 1979). Для севера Русской равнины характерны наиболее интенсивные абсолютные опускания на фоне всей Европейской части СССР (Лилиенберг и др., 1972). Максимальные отрицательные скорости современных движений земной коры здесь достигают 12 мм/год. Поскольку в условиях севера Русской равнины (где предполагается создание ряда водохранилищ) современные тектонические движения проявляются унаследованно от голоцен-позднеплейстоценовых, то данные о последних также можно использовать при прогнозировании изменений геоморфологических процессов, особенно тех районов, современный структурный план которых изучен еще недостаточно.

Известно, что наибольшие по масштабам и поэтому самые значимые в практическом отношении изменения рельефа и рельефообразующих процессов происходят на берегах и в чаше водохранилищ. При составлении прогнозных оценок их переформирования прежде всего необходимо учитывать исходный рельеф чаши и склонов, литологический

состав пород, уровенный режим, течения и вероятное ветровое волнение. Повышению точности прогноза способствует применение математической модели, которая позволяет определить линейную переработку берегов водохранилищ на заданное число лет в зависимости от высоты берегов, потока волновой энергии и плотности слагающих грунтов (Максимчук, 1979).

Вероятные изменения рельефа и геоморфологических процессов в районах проектируемого гидротехнического строительства на северо-востоке ЕТС. Приведем некоторые примеры предполагаемых изменений рельефа и геоморфологических процессов, которые можно ожидать при переброске стока р. Печоры. Как известно, на первом этапе намечается создание Митрофановского водохранилища с отметкой НПУ, равной 120 м (Братцев и др., 1976, 1977). В результате заполнения Митрофановского водохранилища будут затоплены обширные болота на междуречье Нибель — Бол. Тэбук, по правобережью Печоры между селениями Покча — Троицко-Печорск, в бассейне Северной Мылвы. Вообще большие площади затапливаемых болот — характерная особенность проектируемых долинных водохранилищ восточного варианта переброски речного стока.

Митрофановское водохранилище, располагаясь в пределах современной долины Печоры шириной до 15 км, будет иметь ложе, выстланное, помимо торфяников, озерно-аллювиальными мелко-, средне- и крупнозернистыми песками с включением гравия и гальки. Форма чаши водохранилища, наследуя поверхности террас р. Печоры с их эрозийными уступами, в целом будет довольно изменчивой, что приведет к сложной динамике береговых процессов, не одинаковой даже в близко расположенных районах. Борта Митрофановского водохранилища в основном слагают валунные суглинки, супеси, глины московского оледенения. На ряде участков (пос. Митрофан-Дикост, селения Покча, Усть-Илыч и др.) береговая полоса будет окаймлена песками озерно-речной террасы микулинского межледниковья.

В тектоническом отношении чаша Митрофановского водохранилища, за исключением приплатинного участка, будет располагаться в пределах Нибельско-Печорской депрессии с отрицательными скоростями современных движений земной коры 4—5 мм/год. Для района локального Скаляпского опускания установленные величины отрицательных деформаций террасовых уровней Печоры по сравнению со средними расчетными достигают для третьей террасы 9, второй 4, первой 2 м (Розанов, 1977). В условиях общего опускания района водохранилища вызванные им неблагоприятные последствия (абразия, подтопления и др.) будут развиваться динамично.

Значительная вытянутость основной акватории Митрофановского водохранилища (около 60 км) предопределяет большой разгон и суммарную энергию волн, что скажется особенно заметно при преобладании в безледный период ветров северных и южных румбов. Активная волновая деятельность будет способствовать развитию интенсивных абразионных процессов на большей части береговой линии водохранилища. В первую очередь это коснется береговых склонов с большой крутизной (например, между селениями Покча и Троицко-Печорск). Определение положения береговой линии по крутизне берега при НПУ 125 м позволили Б. А. Корнилову (1970) оценить темп абразии в целом невысоким, но этот вывод, по нашему мнению, недостаточно обоснован. Роль волнения как фактора разрушения берегов может быть достовернее оценена на основе как морфологии подводно-надводного рельефа, так и литологии отложений.

С формированием крутых абразионных обрывов тесно будет связано оврагообразование, особенно на участках, подвергшихся интенсивной хозяйственной деятельности (вырубка леса, распашка целины

и т. д.). Оползневые процессы оживятся прежде всего в местах древних и современных оползней (Троицко-Печорский, Мылвинский, Илычский районы).

В пределах непокрытых водой участков озерно-речной террасы (IV геоморфологический уровень по представлениям автора) произойдет подтопление и подъем уровня грунтовых вод, что приведет к заболачиванию. Весьма вероятно интенсивная фильтрация воды под дамбу из Нибельского залива водохранилища, последствием чего будет заболачивание части бассейна р. Ижмы. Оживление эрозионных процессов следует ожидать в нижних течениях рек Лемью, Вуктыла, Подчерья, Щугора и др. в связи с понижением (из-за задержки плотинами) весеннего половодья на Печоре. Это может привести, вероятно, к более интенсивной аккумуляции наносов в русле Печоры.

На втором этапе переброски стока р. Печоры планируется строительство плотины ниже устья Щугора и создание Усть-Войского водохранилища с отметкой НПУ до 95 м. Возможно, будет осуществлена схема с двумя бьефами — Усть-Войским с отметкой НПУ 86 м и Дутовским с отметкой НПУ 88 м, что уменьшило бы площадь затопления (Братцев и др., 1976, 1977). Усть-Войское водохранилище в основном затопило бы пойму и надпойменные террасы Печоры. В тектоническом отношении его акватория попадает в пределы Печорского вала (между селениями Усть-Воя и Андроновы) и Дутовской депрессии (между селениями Подчерье и Пашня). Значительная вытянутость в субмеридиональном направлении северного плеса (до устья Лемью около 80 км) при средней ширине 15—20 км в условиях частой повторяемости ветров северных румбов в безледный период может вызвать активную волновую деятельность, которая будет способствовать интенсивной абразии, особенно на участке между устьями Лемью и Вуктыл. Следует обратить внимание, что в районе существенного переформирования берегов находится новый город газодобытчиков Вуктыл. Врезанные войские меандры тоже могут подвергнуться значительной абразионной обработке. Ввиду большой крутизны подводного склона процесс разрушения берегов здесь может быть весьма продолжительным. В северной части Усть-Войского водохранилища вероятны потери от фильтрации воды, а также оживление древнего карста. Ниже Усть-Войского гидроузла русло Печоры, по-видимому, временно будет сильно заполняться наносами, что создаст на некоторый период трудности для судоходства.

Рассмотренные вероятные изменения рельефа и геоморфологических процессов по одному из вариантов восточного направления переброски речного стока на Европейском Севере СССР указывают на важность их учета при составлении комплексного прогноза влияния гидротехнического строительства на природу и окружающую среду.

ВЫВОДЫ

Технические вопросы в проблеме территориального перераспределения водных ресурсов в Европейской части СССР все более уходят на второй план, уступая главное место экологическим аспектам переброски речного стока. Научный прогноз изменений природных условий при переброске речного стока не может обойтись без оценки ожидаемых последствий. По-видимому, критерием существенного воздействия на природу и окружающую среду можно считать необратимые последствия, а критерием несущественного изменения природы и окружающей среды — обратимые.

С позиций критерия существенности воздействий на природные условия следует отметить, что любые затопления приводят к необратимым последствиям в отношении того рельефа, который оказывается скрытым акваториями. Рельеф прибрежной полосы водохранилищ,

оказавшийся под воздействием абразионных, оползневых процессов, гравитационного обрушения, будет уничтожен и, следовательно, по отношению к нему также можно говорить о необратимых последствиях переброски речного стока.

Сложнее дать оценку с позиции критерия существенности воздействий на геоморфологические процессы. Водохранилища — это искусственные водоемы, уровень которых по сравнению с озерами далеко не стабильный. Особенности эксплуатации водохранилищ могут приводить к нарушению уже достигнутого состояния динамического равновесия и возбуждению ранее прекратившихся геоморфологических процессов. Поэтому с известной долей условности обратимыми последствиями, вероятно, можно считать возникновение обвальных, осыпных, оползневых деформаций берегов, которые по достижении стадии динамического равновесия исчезают.

К необратимым последствиям переброски стока, по-видимому, можно отнести аккумуляцию на дне чаши водохранилищ и абразию в прибрежной полосе. Необратимыми последствиями, вероятно, следует также считать вновь возбуждаемые геоморфологические процессы в руслах рек: регрессивную аккумуляцию и, как следствие ее, боковую эрозию выше зоны подпора, а также глубинную эрозию ниже плотин.

Исходя из критерия существенности воздействий переброски речного стока на рельеф и геоморфологические процессы, наибольшие необратимые последствия следует ожидать по трассе Усть-Войского, Митрофановского, Комсомольского и Фадинского гидроузлов, меньше необратимых последствий в рельефе возникает по трассе рек Ижма — Вычегда — Южная Кельтма. Ввиду использования естественных водных емкостей — озер, пожалуй, наиболее благоприятны в отношении масштабов необратимых последствий в рельефе и геоморфологических процессах трассы западного варианта переброски речного стока — бассейны рек Онеги и Северной Двины.

ЛИТЕРАТУРА

- Бахтиаров В. А., Колбутов А. Д., Финаров Д. П., Широков В. М. Анализ влияния эксплуатационного режима водохранилищ различного типа на устойчивость берегов. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 53. Л., «Энергия», 1969.
- Березнер А. С. Предварительные соображения о создании объединенной водохозяйственной системы Европейской части СССР. Сб. научных трудов В/О «Союзводпроект», № 49, «Проблемы территориального перераспределения стока рек». М., 1978.
- Братцев А. П. Новый взгляд на проблему переброски части стока р. Печоры на юг. В сб.: «Проблемы рационального использования естественных ресурсов и охраны природы в Коми АССР». Сыктывкар, 1975.
- Братцев А. П., Ветошкина Н. Н., Подопрелов В. П. Влияние переброски стока р. Печоры в бассейн р. Волги на природные условия и народное хозяйство Коми АССР. Серия препринтов «Научные доклады», вып. 26. Сыктывкар, 1976.
- Братцев А. П., Ветошкина Н. Н., Подопрелов В. П. Основные схемы переброски стока р. Печоры в бассейн р. Волги. В сб.: «Использование и охрана природных ресурсов севера Коми АССР». Сыктывкар, 1977.
- Братцев А. П., Коронкевич Н. И., Львович М. И., Розанов Л. Л. Совещание по оценке влияния переброски речного стока на природу и окружающую среду Европейской части СССР. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 3, 1979.
- Вендров С. Л. Динамика берегов крупных водоемов в связи с использованием водных ресурсов. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 2, 1966.
- Вендров С. Л. Проблемы преобразования речных систем. Л., Гидрометеиздат, 1970.
- Вендров С. Л., Стеженская И. Н. Аккумуляция наносов в крупных водохранилищах при формировании берегов. «Геоморфология», № 3, 1970.
- Герасимов И. П. Современные рельефообразующие экзогенные процессы. Уровень научного познания, новые задачи и методы исследования. «Современные экзогенные процессы рельефообразования» (Материалы VII пленума Геоморфол. комис. АН СССР). М., «Наука», 1970.
- Герасимов И. П. Новые пути в геоморфологии и палеогеографии. М., «Наука», 1976.
- Инженерно-географические проблемы проектирования и эксплуатации крупных равнинных водохранилищ. М., «Наука», 1972.
- Качугин Е. Г. Геологическое изучение динамики берегов водохранилищ. М., «Наука», 1975.

- Колбутов А. Д. К выбору критериев прогнозирования для оценки последствий переработки берегов на озерах-водохранилищах. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», дополнит. материалы к вып. 83. Л., «Энергия», 1973.
- Колбутов А. Д., Путилова Е. А. О прогнозе переработки берегов водохранилищ при переброске стока рек Сухоны и Малой Северной Двины, озер Кубенское, Лача и Воже в р. Волгу. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 122. Л., «Энергия», 1977.
- Корнилов Б. А. Физико-географические исследования в районе Печорского водохранилища. В кн. «Влияние водохранилищ лесной зоны на прилегающие территории». М., «Наука», 1970.
- Кузнецова Л. Г., Лапинская Т. Д., Финаров Д. П. Пути совершенствования прогнозирования перестроения берегов водохранилищ. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 122. Л., «Энергия», 1977.
- Лиценберг Д. А., Сетунская Л. Е., Благоволит Н. С., Горелов С. К., Никонов А. А., Розанов Л. Л., Серебряный Л. Р., Филькин В. А. Морфоструктурный анализ современных вертикальных движений Европейской части СССР. «Геоморфология», № 1, 1972.
- Маккавеев Н. И. Воздействие крупного гидротехнического строительства на геоморфологические процессы в речных долинах. «Геоморфология», № 2, 1970.
- Максимчук В. Л. Прогнозы переработки берегов водохранилищ. «Тез. докл. Всес. научно-технического совещания по динамике берегов водохранилищ, их охране и рациональному использованию», кн. 6. Вступительные докл. Черкассы, 1979.
- О влиянии переброски стока северных рек в бассейн Каспия на народное хозяйство Ком. АССР. Л., «Наука», 1967.
- Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ. Изд-во МГУ, 1961.
- Печеркин И. А., Каченов В. И. Вопросы геодинамики берегов и ложа водохранилищ. Тез. докл. Всес. научно-технического совещания по динамике берегов водохранилищ, их охране и рациональному использованию», кн. 6. Вступительные доклады. Черкассы, 1979.
- Прогнозы переработки берегов водохранилищ. Тез. докл. Всес. научно-технического совещания по динамике берегов водохранилищ, их охране и рациональному использованию», кн. 4. Черкассы, 1979.
- Розанов Л. Л. Методика структурно-геоморфологического изучения речных долин (на примере северо-востока Русской равнины). М., «Наука», 1977.
- Розанов Л. Л. Особенности развития речных долин Европейского Севера СССР в связи с проектируемым гидротехническим строительством. В кн. «История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Европейская часть СССР». Новосибирск, «Наука», 1979.
- Саваренский Ф. П. К вопросу о переработке береговых склонов реки при ее подпоре. В сб. ВИМС «Гидрогеология и инженерная геология», № 1. М., 1935.
- Саруханов Г. Л. Переброска стока северных рек. «Тр. Гидропроекта», сб. 16. М., «Энергия», 1969.
- Саруханов Г. Л. К переброске стока северных рек по Волжскому каскаду. В сб. «Волга-2» (Вторая конференция по изучению водоемов бассейна Волги). Борок, 1974.
- Финаров Д. П. Особенности стадийного развития берегов крупных водохранилищ СССР и некоторые рекомендации по составлению прогнозов их перестроения. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 53. Л., «Энергия», 1969.
- Финаров Д. П. Теоретические вопросы процесса перестроения берегов водохранилищ. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 59. Л., «Энергия», 1970.
- Финаров Д. П., Колбутов А. Д. Геоморфологический метод прогнозов и расчетов перестроения берегов водохранилищ. «Тр. координационных совещаний по гидротехнике», вып. 53. Л., «Энергия», 1969.

**METHODIC ASPECTS OF RELIEF AND RELIEF-FORMING PROCESSES
CHANGES DUE TO INTER-ZONAL RE-DISTRIBUTION OF WATER RESOURCES
IN THE EUROPEAN PART OF THE USSR**

L. L. ROZANOV

S u m m a r y

Methodical prerequisites are discussed of forecasting of effect of river flow diversion on relief and geomorphological processes. Some examples are given illustrating changes of relief and processes presumably resulting from diversion of the Pechora River. Possible changes of the relief and geomorphological processes due to inter-zonal re-distribution of water resources are to be considered using criterion of essential impact, i. e. reversible or irreversible disturbances of the dynamic equilibrium.
