

УДК 626.8

СООРУЖЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В.Н. Карнаухов, П.К. Черник, кандидаты технических наук
Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Среди комплекса мелиоративных мероприятий, предупреждающих или ликвидирующих неблагоприятное влияние излишков воды на хозяйственную деятельность человека, одним из важнейших является осушение земель. Если не обеспечен сброс избыточных вод, то в отдельные годы действие всех остальных видов мелиорации может быть сведено к нулю из-за переувлажнения, т.е. все усилия земледельца в таких случаях оказываются бесполезными. На естественных же болотах без осушения эффект от хозяйственной деятельности во все годы остается незначительным.

На территории республики осушение земель имеет многовековую историю. Оно велось в незначительных объемах вплоть до середины XX столетия и в основном было направлено на сброс избыточных вод по открытым каналам. При этом использовался зарубежный опыт, где на тот период времени такие работы проводились в больших объемах.

В 60-е гг. XX столетия на территории республик были начаты крупномасштабные работы по осушению земель. Специфические рельефные и природно-климатические условия, обусловившие сильную заболоченность, которая, например, в отдельных районах Полесья достигала до 70%, потребовали развития новых направлений в различных отраслях знаний, таких как инженерная геология, гидрология, речная гидравлика, земледелие, почвоведение и др. Эти знания требовались для обоснования мелиоративных мероприятий применительно к местным условиям и разработки конструкций мелиоративных систем нового уровня, обеспечивающих надежное регулирование водного режима.

В связи с новыми задачами Институт мелиорации и водного хозяйства были разработаны различные конструкции мелиоративных систем, представляющие собой комплекс инженерных сооружений различного назначения, которые позволяли не только сбрасывать избыточные воды, но и регулировать водный режим на мелиорируемых территориях. Данные статистической отчетности свидетельствуют о том, что в Беларуси около 85% протяженности малых и средних рек длиной от 10 до 100 км (68,5 тыс. км) в той или иной степени подверглись регулированию стока и русла с целью создания благоприятного водного режима на мелиоративных системах общей площадью около 3,4 млн. га (16,4% территории республики).

При осуществлении таких грандиозных по масштабу проектов мелиорации земель было спрямлено около 10,5 тыс. км рек-водоприемников, построено более 170 тыс. км каналов, 4,3 тыс. км дамб, 20 тыс. км дорог, 2,3 тыс. шлюзов-регуляторов на магистральных каналах, 26 тыс. труб-регуляторов, 900 прудов и водохранилищ с общей длиной земляных плотин и дамб более 750 км.

Малые уклоны рек на крупных болотных массивах требовали разработки способов их регулирования и использования в качестве водоприемников мелиоративных систем, а специфические инженерно-геологические условия – способов расчета устойчивости русел отрегулированных рек и каналов, а также разработки эффективных типов креплений на участках с неустойчивыми грунтами. В институте было разработано новое научное направление в области регулирования рек и расчета устойчивости русел рек и каналов, сочетающее совместное решение вопросов гидравлики и механики грунтов. Этому направлению посвящены 4 монографии, ряд нормативных документов и рекомендаций для проектирования, был получен ряд авторских свидетельств и патентов.

В средствах массовой информации появляются публикации о том, что спрямление малых рек было ошибочным. Однако в тот период этот способ не имел альтернативы. Подавляющее большинство спрямленных рек являлись водоприемниками для крупных массивов, осушаемых болот. Эти реки, протекающие по болотным массивам, на тот период не имели большого рекреационного значения.

Стоимость осушения болот с механическим водоподъемом и сохранением русел рек в естественном состоянии значительно превосходила стоимость самотечного осушения. Кроме того, на том этапе практически отсутствовало ресурсное обеспечение для осуществления больших объемов работ по осушению с помощью машинного водоподъема. Одной из причин широкого применения самотечного осушения является также факт, что после введения в интенсивное сельскохозяйственное использование значительных пойменных территорий, до освоения служивших естественными аккумуляторами наносов, резко увеличилось количество наносов, поступающих непосредственно в русла рек, что требовало увеличения их транспортирующей способности путем увеличения уклонов и скоростей. Второй немаловажной причиной, особенно актуальной в последнее время, является подтвержденный факт понижения поверхности осушенного массива на значительную величину за счет уплотнения и сработки торфа. Поэтому дорогие, материалоемкие системы с механическим водоподъемом пришлось бы через непродолжительный период времени перестраивать. Другие страны при осушении болот в аналогичных условиях на первом этапе также проводили спрямление рек.

Если бы осушение проводилось с помощью механического водоподъема или другим способом с сохранением русла, то практически невозможно сохранить естественный режим малых рек из-за влияния на него бурного параллельного развития других отраслей народного хозяйства и существенных изменений в природно-территориальных комплексах, а также в природных факторах.

Изменения в ландшафтах, вызванные спрямлением рек, в значительной степени были компенсированы строительством прудов и водохранилищ. Кроме того, в последнее время в институте разработаны приемы по восстановлению рекреационных функций отрегулированных рек в зоне населенных пунктов, которые позволяют в процессе рекон-

струкции мелиоративных систем создать условия, превосходящие естественные до проведения работ по мелиорации.

Несмотря на предпринятые меры реки-водоприемники и каналы, как и естественные водотоки, также заиляются, что является неизбежным процессом. Так, например, отрегулированные притоки выносят в р. Припять в весенний период в среднем до 30% поступивших наносов, остальная часть твердого стока задерживается в руслах притоков и на их поймах. Прогноз для Полесья, выполненный по укрупненным показателям, свидетельствует, что при сохранении сложившегося состояния поймы р. Припяти в междумбовом пространстве будет заиляться в среднем на 1 см в год, что за 50 лет составит около 0,5 м. Для обеспечения безаварийного пропуска расчетных паводковых расходов в недалеком будущем потребуется подсыпка дамб обвалования.

В связи с тем, что возможности государства по финансированию работ по поддержанию рек-водоприемников в работоспособном состоянии ограничены, в институте разрабатываются энергосберегающие технологии углубления трансформированных участков рек и каналов, в том числе с использованием возобновляемой энергии потока воды. Совершенствуются также методы расчета гидравлического и руслового режимов с использованием современной вычислительной техники, что позволяет решать чрезвычайно сложные задачи, решение которых ранее осуществлялось приблизительно и с большим запасом. Еще Галилей в свое время заметил, что рассчитать движение небесных тел легче, чем движение воды в ручье.

В качестве базовой при назначении мероприятий по управлению водным и русловым режимами рек-водоприемников на современном этапе была предложена новая концепция "безопасных пороговых пределов", учитывающая законы равновесного состояния природных речных комплексов. В связи с повышением требований по охране природы современные научные исследования по обоснованию приемов преобразования речных русел позволили рекомендовать и реализовать ряд инженерных мероприятий по управлению гидравлическим и русловым режимами малых рек в свете предлагаемой концепции.

В настоящее время в Республике Беларусь введены ограничения на спрямление русел рек при осушении в целях снижения отрицательных экологических последствий. Спрявление допускается в исключительных случаях при надлежащем экологическом обосновании. Одновременно за последние годы доведена до практического применения геоморфологическая теория руслового процесса. Это позволило приступить к решению первоочередной и актуальнейшей в настоящее время задачи – преобразованию ранее канализированных и подлежащих реконструкции рек-водоприемников мелиоративных систем в водотоки, по своим формам, параметрам и характеру руслового и гидравлического режимов близкие к естественным рекам. При применении таких решений на малых реках при реконструкции мелиоративных систем они постоянно совершенствуются для уменьшения или исключения отрицательного влияния регулирования на экологию речных систем.

Необходимость строительства на мелиоративных системах большого количества сооружений потребовала уточнения методов оценки фильтрационной устойчивости и подбора обратных фильтров дренажных устройств применительно к местным грунтам. Указанные методы были разработаны для крупных гидротехнических сооружений. Использование их для сооружений мелиоративных систем, класс капитальности которых был значительно ниже, приводило к значительному удорожанию строительства. Разработанные в институте методы оценки фильтрационной устойчивости грунтов и подбора обратных фильтров позволили значительно снизить стоимость строительства.

На основании данных аналоговых модельных исследований трехмерной фильтрации, физического моделирования и натурных наблюдений учеными института разработана методика гидротехнического расчета мелиоративных регулирующих сооружений с учетом пространственного растекания фильтрационного потока. К этому времени методы гидротехнического расчета были разработаны для крупных гидротехнических сооружений для условий плоской (двухмерной) фильтрации. Полученные разработки позволили проектировать рациональный подземный контур шлюзов-регуляторов, водосбросных и др. сооружений мелиоративных систем, характерной особенностью которых является пространственная схема фильтрации. Разработаны также конструкции шлюзов-регуляторов, бетонных водосбросных плотин, сопрягающих сооружений с использованием в качестве противofильтрационных элементов подземного контура пленочных материалов. Эти разработки особенно актуальны для Полесья, где практически отсутствуют местные глинистые грунты, пригодные для устройства таких элементов.

С началом крупномасштабных работ по мелиорации в республике возникла необходимость строительства большого количества сельскохозяйственных дорог на осушаемых болотах. В настоящее время значительная часть построенных в составе проектов мелиорации земель дорог расположена на осушенных болотах. Строительство такого количества дорог по действующим в то время нормативам связано с огромными объемами работ по транспортировке минеральных грунтов для отсыпки земляного полотна, что нереально не только из-за большой стоимости работ, но и вследствие ограниченных технических средств для их выполнения. Поэтому остро встал вопрос о разработке конструкций и технологий строительства дорог на болотах, обеспечивающих снижение объемов работ по транспортировке минеральных грунтов при устройстве земляного полотна.

В институте разработаны методы расчета устойчивости дорожных конструкций, возводимых непосредственно на биогенных грунтах, позволяющие рассчитывать при проектировании оптимальную толщину земляного полотна с учетом изменяющихся в широком диапазоне показателей свойств этих грунтов по трассе дороги, а также максимально использовать местные материалы. Были разработаны различные конструкции дорожных покрытий, в том числе с использованием нетрадиционных материалов, которые в настоящее время применяются и на дорогах общего пользования, а также на предприятиях стройиндустрии.

По результатам исследований в институте по данному направлению изданы две монографии, ряд нормативных документов и рекомендаций для проектирования, получены авторские свидетельства на конструкции и способы строительства сельскохозяйственных дорог на болотах.

В поймах рек, значительная часть площади которых заболочена, при необходимости строительства водохранилищ и прудов часто невозможно выбрать створы для плотин и дамб с благоприятными инженерно-геологическими условиями. Перенос намечаемых створов на участки с благоприятными условиями не позволяет обеспечить требуемые параметры водохранилищ.

В связи с этим вопрос разработки технологий возведения земляных плотин и дамб непосредственно на биогенных грунтах, характеризующихся сильной сжимаемостью и малой, иногда чрезвычайно малой прочностью, вместо устройства искусственных оснований (как требовали действующие в тот период нормативы), что значительно удешевляло процесс строительства, приобрел особую актуальность.

В институте разработаны методы расчета устойчивости земляных плотин и дамб и технология возведения их на слабых основаниях, сложенных биогенными грунтами. Технология предусматривает такой режим загрузки слабого основания путем регулирования интенсивности отсыпки грунта в насыпь, при котором на любой стадии строительства обеспечивается устойчивость сооружения за счет возрастания прочности биогенных грунтов в результате их уплотнения. Предложенная технология позволяет возводить земляные плотины и дамбы непосредственно на биогенных грунтах без их удаления и замены на более прочные минеральные грунты. В сравнении с применяемым ранее вариантом устройства искусственного основания достигается снижение объемов работ по транспортировке грунтов от 40 до 55% для средних условий. При большей высоте насыпи и мощности залежи эти значения, естественно, возрастают.

Много внимания уделялось разработке технологических приемов, обеспечивающих повышение надежности сооружений при неравномерной осадке, а также устойчивости сооружений, возводимых на биогенных грунтах с чрезвычайно низкой прочностью и большой мощностью залежи.

Изучение биогенных грунтов в основании земляных плотин Солигорского водохранилища на р. Случь, Ляховичского на р. Щара, Дубровского на р. Усяж и др., а также в ряде дамб обвалования позволило разработать предложения по режиму отсыпки грунтов для этих сооружений. По результатам исследований и натурных наблюдений на указанных, а также и на других объектах разработаны рекомендации по проектированию земляных плотин и дамб на биогенных грунтах. Земляные плотины, построенные на биогенных грунтах по рекомендациям института, не имеют аналогов. Оригинальные решения по данному направлению исследований защищены авторскими свидетельствами.

При разрушении плотин водохранилищ с большим объемом воды и с относитель-

но высоким напором могут возникать чрезвычайные ситуации. Для обеспечения высокой надежности эти плотины отсыпаются из минеральных грунтов. Большинство же дамб обвалования на мелиоративных системах имеют небольшие поперечные размеры и относятся к низкому классу капитальности сооружений. В то же время их отсыпка из минеральных грунтов из-за низкой проходимости транспортных средств является трудной задачей. Поэтому, учитывая низкий класс капитальности сооружений и сложные гидрогеологические условия работы, были разработаны рекомендации по использованию торфа в теле насыпи для строительства дамб обвалования с напором до 3 м.

При проектировании мелиоративных мероприятий обязательным этапом проектных работ является проведение инженерно-геологических изысканий и изучение свойств грунтов на объекте. Специфической особенностью инженерно-геологических изысканий для мелиоративного и водохозяйственного строительства является то, что эти работы приходится выполнять на объектах, имеющих большую площадь, а для линейных сооружений (земляные плотины, дамбы, дороги) – большую протяженность. Для достоверной оценки инженерно-геологических условий и принятия экономичных инженерных решений необходимо выполнять большое количество определений показателей свойств грунтов в лабораторных условиях. Стоимость этих работ составляет ощутимую долю от стоимости разработки проекта и строительства. Процесс же определения показателей свойств биогенных грунтов и илов, которые повсеместно распространены на территории республики и с которыми постоянно приходится иметь дело при проектировании объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства, является более трудоемким и длительным, чем процесс определения показателей свойств минеральных грунтов. Например, определение в лабораторных условиях показателей сжимаемости, которые необходимы для расчета осадки сооружений и объемов работ для биогенных грунтов и илов, обладающих реологическими свойствами, продолжается в течение нескольких месяцев. Такой же срок необходим и для определения показателей прочностных свойств, которые требуются для расчета устойчивости сооружений.

Естественно, что для обеспечения достаточной репрезентативности и достоверности при изучении биогенных грунтов и илов только для одного линейного сооружения требуется длительный промежуток времени и большое количество приборов, которыми проектные организации не располагают. Учитывая сложившуюся при инженерно-геологических изысканиях для мелиоративного и водохозяйственного строительства ситуацию, в институте разработана методика определения показателей свойств биогенных грунтов и илов, предусматривающая определение в лабораторных условиях только двух показателей физических свойств водонасыщенных биогенных грунтов и илов, стоимость определения которых составляет 22% от стоимости работ по определению показателей физико-механических свойств по традиционной методике (требуется определять шесть показателей). Остальные четыре показателя для сооружений низкого класса по предла-

гаемой методике устанавливаются расчетным путем. При разработке методики впервые были учтены специфические особенности водонасыщенных биогенных грунтов и илов, которые заключаются в том, что твердая фаза состоит из минеральной и органической составляющих с разными свойствами. Кроме того, методика позволяет значительно удешевить процесс изучения биогенных грунтов и илов и сократить сроки проектирования.

В настоящее время по данному направлению проводится изучение изменения физических и агрофизических свойств торфяных почв во времени в процессе их сельскохозяйственного использования для разработки прогноза сработки органического вещества и принятия решений по характеру использования этих почв на различных стадиях их трансформации.

Summary

Karnaikhov V., Chernik P. Works of reclamative systems

The basic outcomes of investigations of the Institute directed on development of designs and computational methods of elements of reclamative systems are indicated in a historical section: rivers-catch-waters and canals, controlling arrangements for conditions of spatial spreading filtration stream, inverse filters of drainage arrangements, agricultural roads on drained bogs, earthen weirs and dams on weak bases, and also the methods for determination of parameters of properties of biogenous soils and silts at geologic site engineering for reclamative construction and parameters of change of properties of peat soils during their working out.