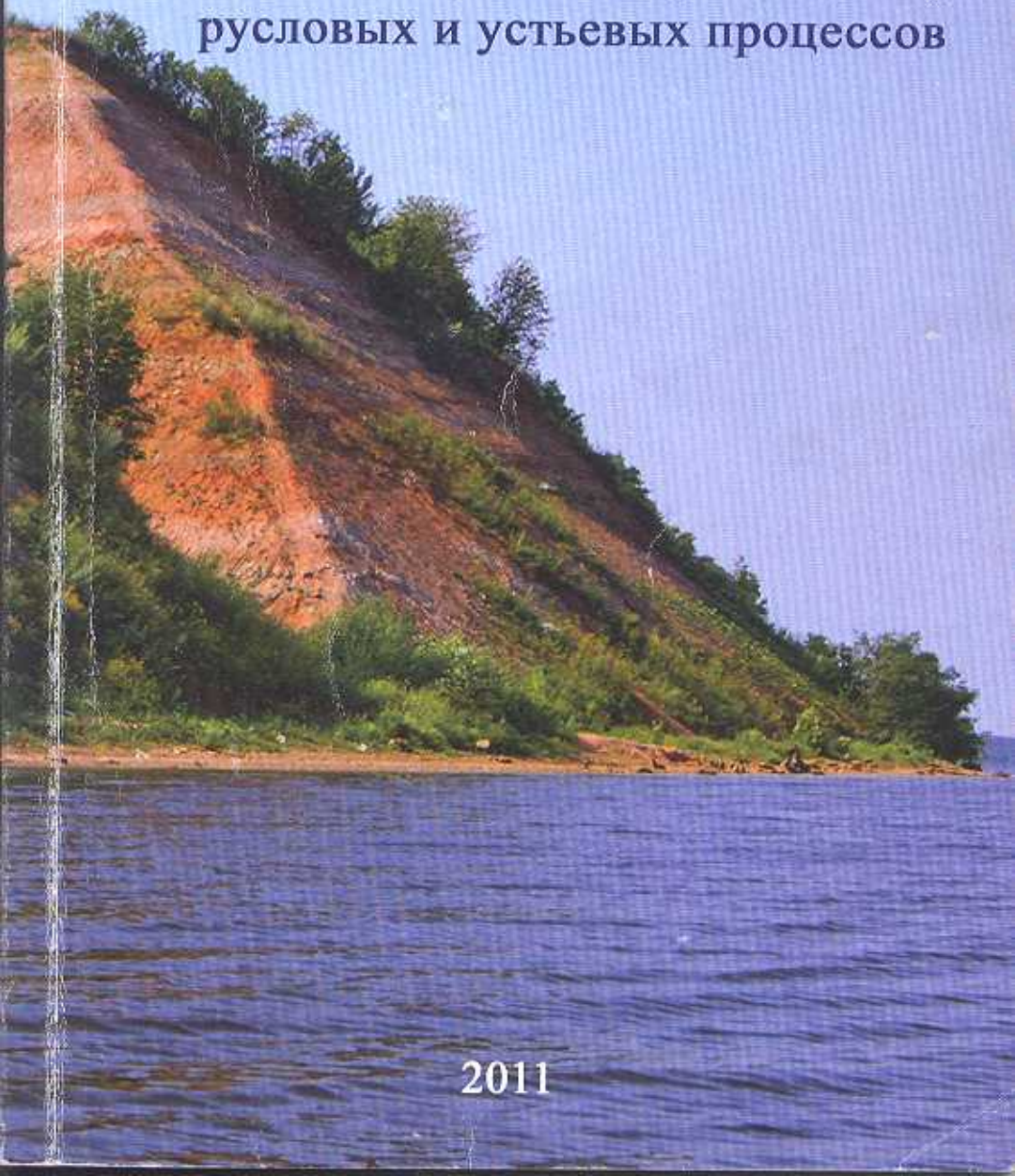


XXVI пленарное межвузовское
координационное совещание
по проблеме эрозионных,
русловых и устьевых процессов



2011

**Межвузовский научно-координационный совет по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ**

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П. Гайдара*

**Двадцать шестое пленарное
межвузовское координационное
совещание по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых
процессов**



Арзамас, 26 сентября – 1 октября 2011 г.

Доклады и сообщения

Арзамас, 2011

УДК 551.48

Двадцать шестое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Арзамас, 26 сентября – 1 октября 2011 г.): Доклады и краткие сообщения. Арзамас. 2011, 236 с.

ISBN

Сборник содержит результаты исследований учёных вузов из России, стран СНГ, Польши, Румынии, Китая объединённых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ, представленных в виде докладов и сообщений на XXV совещании совета.

Сборник рассчитан на специалистов в области русловых процессов, гидрологии рек, флювиальной геоморфологии, гидротехники, почвоведения, водных путей и мелиорации.

УДК 551.48

Редакционная комиссия:

профессор Р.С. Чалов, доцент В.В. Занозин

Сопредседатели:

*к.г.н. С.Н. Рулева (учёный секретарь), д.г.н. К.М. Беркович,
д.г.н. В.Н. Голосов, д.г.н. В.Н. Коротаев, д.г.н. Л.Ф. Литвин,
к.г.н. Н.Н. Виноградова, к.г.н. В.В. Сурков*

Подготовлен в рамках программы гранта Государственной поддержки научных исследований, проводимых ведущими научными школами (проект НШ-3284.2010.5).

Печатается по постановлению Президиума

*Межвузовского научно-координационного совета по проблеме
эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ*

© Коллектив авторов, 2011

© МГУ, 2011

© Арзамасский государственный педагогический
университет им А.П. Гайдара, 2011

ДОКЛАДЫ

А.Л. Варенов¹, А.С. Завадский², А.М. Тарбеева²

*¹Нижегородский государственный педагогический университет им.
М. Горького, ²Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова*

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ КУДЬМЫ)*

Малые реки являются основной структурной единицей речной сети в любых природных условиях, наиболее быстро и интенсивно реагируя на естественные и антропогенные изменения в бассейне. Формирование русел малых рек в значительной степени определяется местными (региональными) физико-географическими условиями, что выражается в возможности выявления различий в морфологии и динамике русел даже в пределах небольшой территории. Хозяйственное освоение Приволжской возвышенности тесно связано с интенсивным использованием малых рек, что нередко проявляется в значительной антропогенной трансформации их естественного водного и руслового режимов. Изучение механизмов формирования русел малых рек в естественных физико-географических и антропогенно-преобразованных условиях необходимо для разработки критериев устойчивости русел рек разных порядков к различным формам изменения факторов русловых процессов и обоснованию принципов их сохранения и восстановления на освоенных территориях.

Природные условия бассейна Кудьмы. Бассейн Кудьмы расположен в северной части Приволжской возвышенности, которая характеризуется большим разнообразием природных условий и имеет давнюю историю хозяйственного освоения. Кудьма берет начало на водоразделе с р. Сержей (бассейн Оки) и впадает в Волгу у п. Ленинская Слобода. Общая протяжённость реки 144 км, площадь водосбора – 3220 км²; средний годовой расход воды – 5,57 м³/с; годовой модуль стока – 3,38 л/с·км². Основные притоки: справа – Сетчуга, Шелокшонка, Ункор, Чижково, Озерка, Шава; слева – Шилокша, Шемлей, Печеть, Пукстерь, Березовка, Великая (рис. 1).

В табл. 1 приведены основные гидрографические характеристики рек бассейна Кудьмы. Согласно действующей классификации водных объектов [ГОСТ 17.1.1.02-77], все они относятся к категории «малых рек». В то же время, согласно исследованиям О.М. Пахомовой [2001], верхняя граница выделения малых равнинных рек с точки зрения механизмов развития русловых процессов определяется порядком реки $N=8-10$, рассчитанным по схеме А. Шайдеггера. При таком подходе главную реку бассейна можно отнести к категории «средняя» в нижнем течении после впадения её крупнейшего притока – реки Озерки.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 09-05-00221 и №10-05-00955).

почва промерзает до 70-90 см [Современные ландшафты..., 2006]. Продолжительный период с отрицательными температурами воздуха, значительная консервация атмосферных осадков в снежном покрове, превышение испаряемости над осадками в тёплый период года определяют гидрологический режим рек бассейна Кудьмы. Для него характерно ярко выраженное весеннее половодье, когда проходит 60-80% годового стока воды, летне-осенняя и зимняя межень с продолжительным и устойчивым ледоставом [Малые реки ..., 1998]. Летом вторжение влажного относительно холодного атлантического воздуха над тёплой подстилающей поверхностью приводит к возникновению ливней, которые способствуют развитию овражной эрозии и увеличению поступления наносов в русла рек из овражно-балочной сети [Современные ландшафты..., 2006].

В тектоническом отношении территория бассейна располагается в пределах крупного Чебоксарского макроблока, состоящего из блоков более мелкого порядка, которые соответствуют поднятиям и прогибам, выраженным в рельефе и оказывающим влияние на морфологию речных русел. На Кудьме в местах расположения Кстовского, Толстобинского и Шавского поднятий русло устойчиво располагается вдоль коренного берега, сложенного глинами татарского яруса верхней перми, образуя протяжённые прямолинейные участки. На р. Озерке в пределах локальных тектонических прогибов формируется широкопойменное свободно меандрирующее русло. На участках тектонических поднятий, где долина сужается, образуются серии адаптированных излучин, либо русло имеет прямолинейные очертания (рис. 2).

В целом, бассейн Кудьмы представляет собой возвышенную равнину, полого наклонённую с юго-востока на северо-запад. Наибольшие абсолютные высоты, превышающие 200 м, расположены в верховьях Кудьмы и Озерки; устье Кудьмы расположено на отметке 63,6 м абс.

Основная часть бассейна расположена на эрозионно-аккумулятивной равнине, юго-западная его часть – на денудационно-зандровой равнине [Баканина, 2003]. Генезис окружающих равнин определяет литологию отложений, ландшафтные характеристики и уровень хозяйственного освоения региона, что отражается на различиях в характеристиках стока воды и составе руслообразующих наносов.

Эрозионно-аккумулятивная равнина сложена осадочными породами суглинистого механического состава. Её территория характеризуется наибольшей степенью эрозионного расчленения и сельскохозяйственной распаханности в пределах бассейна Кудьмы. Денудационно-зандровая равнина представлена песками и супесями, её территория покрыта преимущественно лесной растительностью.

Механический состав слагающих поверхность горных пород, приподнятость и расчленённость рельефа, весенний сток воды со склонов благоприятствуют развитию овражной эрозии, что приводит к увеличению поступления наносов в русла малых рек и является одной из причин их обмеления [Пияшова, 2002].



Рис. 2. Влияние геоморфологических условий на формирование русла р. Озерки

Западная часть изучаемой территории относится к закарстованным районам [Ступишин, 1964; Инженерные изыскания..., 1999]. Она включает верхнее и среднее течение Кудьмы и её притоки на этом участке. Площадь распространения карстующихся пород в границах административных районов, составляет в Кстовском районе – 2%, Богородском – 55%, Дальнеконстантиновском (юго-восток бассейна, бассейн р. Озерки – 0%.

Влияние карста сказывается в формировании речного стока, которое выражается в уменьшении модуля поверхностного стока в закарстованных районах по сравнению с другими частями Приволжской возвышенности, а в морфологии русел – в образовании суходолов в верховьях рек Сетчуги и Шилокши.

Одним из важнейших факторов, влияющих на регулирование стока, поступление наносов в реку и сохранение протяжённости речной сети, является степень залесённости водосбора [Чалов, 2008]. Общая лесистость бассейна Кудьмы составляет 27,3%. Большая часть её бассейна характеризуется малой залесённостью и активным использованием земель как сельскохозяй-

ственных угодий на протяжении последних столетий. Верхнее течение Кудьмы, бассейн р. Сетчуги, верховья р. Уннора, водораздел между реками. Кудьмой и Ункором имеют высокую степень сохранения лесов и отличаются пониженными темпами отмирания верховий рек (менее 1-2 км за последние 60 лет) [Чернов, 2009].

Реки бассейна Кудьмы испытывают антропогенное воздействие, связанное с интенсивным хозяйственным использованием и давним освоением территории. Антропогенное воздействие проявляется как косвенно – изменением условий формирования стока воды и наносов на водосборе (вырубка лесов, распашка земель), так и в прямом (механическом) воздействии на пойму и русла рек.

В XVIII-XIX вв. влияние на развитие русловых процессов оказывало сооружение мельничных плотин и водяных лесопильных цехов. Впоследствии также сооружались запруды в дорожных и рыбохозяйственных целях. В настоящее время в верховьях рек Пукстеря, Сетчуги, Шемлея, Пе-

чети и ряда других существуют единичные или целые каскады прудов. Строятся и временные земляные плотины.

С 30-х годов XX в. проводятся крупные мелиоративные мероприятия, одной из задач которых являлась разработка торфяных месторождений, расположенных в пойме рек бассейна Кудьмы (например, месторождения Большое и Малое Крашево, в верхнем течении Озерки и др.). Водная мелиорация явилась наиболее значительным видом антропогенного воздействия на малые реки. Проводилось осушение болот, спрямление русел, ликвидация мелколесий и других элементов ландшафта, играющих важную роль в формировании стока и его режима. Другим существенным фактором явилось интенсивное освоение пойм малых рек для развития овощеводства [Бабурин, 1994]. Особенно крупная мелиоративная компания была проведена в 1970-1980-х гг. в целях создания укрупнённых сельскохозяйственных угодий [Колбовский, 2007].

На участках некоторых рек бассейна Кудьмы русло коренным образом изменено, спрямлено, полностью перенесено или преобразовано в систему мелиоративных каналов (среднее течение Кудьмы, нижнее течение Ункора, Чижково, Выползово, Модана и др.). На спрямлённых участках отмечается врезание русла.

На Кудьме имеются места искусственного стеснения русла. Таковы, например, шлюз около п. Буревестника, ниже которого русло реки врезается; обвалование русла около д. Ионовки, где затопление поймы происходит лишь в границах валов. В нижнем течении имеется несколько крупных пойменных карьеров по добыче песка.

Машиномелиоративными станциями в разное время, а на некоторых участках и в настоящее, ведётся сооружение дренажных систем (п. Буревестник, с. Лукино).

Характеристика русла Кудьмы и её притоков. Русло Кудьмы по длине можно разделить на 3 участка: верхнее течение (0-20 км) – от истока до впадения р. Сетчуги; среднее течение – от впадения р. Сетчуги до устья р. Озерки (20-90 км) и нижнее течение (90-144 км) – от впадения р. Озерки до устья. Участки различаются по уклонам, морфологии русла и особенностям антропогенной трансформации. Аналогичное деление русла характерно для Озерки, Сетчуги и других рек.

В *верхнем течении* русло формируется в залесённой части водосбора, имеет относительно повышенные уклоны, местами составляющие 2,2‰. Ширина дна долины 0,5-1 км, ширина русла – до 2-3 м. Русло формируется в песчаных отложениях, поэтому для него характерны свободные условия развития русловых деформаций. В настоящее время на этом участке существенное воздействие на русловую режим оказывает деятельность бобров, которые строят плотины и роют в пойме каналы, в русле наблюдаются многочисленны заломы. В аналогичных условиях формируются русла лесных притоков Кудьмы – рек Сетчуги и Павы.

Основным видом антропогенного воздействия на русло Кудьмы и её притоков было строительство водяных лесопильных цехов (лесопилок). Для их строительства создавались искусственные каналы на пойме длиной

до 1,5-2 км, по которым поступала вода на мельницу, приводящая в движение деревообрабатывающие механизмы. С этой же целью создавались пруды. На картах середины XIX в. такие лесопилки показаны в районе урочища Костина Гора (10 км от истока), в районе современного п. Лесного (в 15 км от истока). Ряд аналогичных лесопилок располагался в залесённой части р. Сетчуги. В верховьях Кудьмы располагался небольшой пруд, созданный для функционирования стекольного завода. До настоящего времени лесопилки не сохранились, но остались пойменные каналы, дамбы и остатки гидротехнических сооружений.



Рис. 3. Искусственное спрямление русла в среднем течении Кудьмы

Среднее течение – наиболее подверженный хозяйственному преобразованию участок Кудьмы. Ширина дна долины здесь составляет 1,5-3 км. Средний уклон русла на участке – 0,32‰, средняя ширина русла – 10-15 м. Для участка в естественных природных условиях было характерно чередование свободно меандрирующего и прямолинейного адаптированного русла (при его подходе к коренным берегам). В результате хозяйственной деятельности русло претерпело существенные изменения. Аналогичные преобразования характерны для большинства притоков Кудьмы – рек Озерки, Пукстери, Шемлея и др.

На картах XIX в. на Кудьме отмечено более 10 плотин и мельниц, которые располагались практически в каждом селе. По-видимому, это были мельницы, т.к. эта часть бассейна в то время уже была почти полностью распаханна.

На картах 30-х годов XX в. в пойме Кудьмы в среднем течении показаны большие залежи торфа. С 1930-х гг. по настоящее время проводятся мелиоративные работы: осушение пойменных болот для добычи торфа, спрямление целых участков извилистого русла. В настоящее время русло почти на всем протяжении канализировано (рис. 3).

Канализация русла, также как и спуск мельничных прудов, разрушение плотин привели к существенному врезанию русла р. Озерки на всем участке среднего течения за последние 100-150 лет. Здесь некогда заболоченная пойма превратилась в незатапливаемую террасу высотой до 5-6 м, а шпоры врезавшихся излучин имеют ярко выраженную ступенчатость (рис. 4).

Нижнее течение Кудьмы представляет собой приустьевой участок, на который в половодье распространяется подпор от Волги. Ширина поймы здесь достигает 6 км. Уклоны русла 0,14‰. Русло извилистое, шириной до 40-50 м, пойма гривистая.



Рис. 4. Врезающееся русло р. Озерки в районе с. Белозерово

На пойме Кудьмы в нижнем течении наблюдаются следы малых излучин, часть из которых формировалась ещё в середине XIX в. Современные старицы на пойме имеют шаг, в 2-3 раза меньший, чем у современных излучин. Распространение аналогичных малых излучин в лесной зоне отмечалось другими исследователями. Н.И. Маккавеев с соавторами [Экспериментальная геоморфология, 1969] связывали трансформацию форм излучин с изменениями характера землепользования, в частности с вырубкой лесов. А.Ю. Сидорчук [2010] связывает формирование малых излучин с изменениями климата и оценивает время их формирования средним голоценом.

Прямое (механическое) антропогенное преобразование русла на данном участке практически не оказывалось. Планировалось затопление нижнего течения Кудьмы водами Чебоксарского водохранилища. Однако оно не было заполнено до проектного уровня, что сохранило естественный режим реки. В настоящее время основным видом антропогенного воздействия на русло является добыча песка в прирусловой части поймы.

Закключение. Условия формирования, интенсивность и направленность русловых деформаций на малых реках севера Приволжской возвышенности тесно связаны как с естественными факторами, так и различающимися по виду и продолжительности антропогенными воздействиями, что в комплексе определяет региональную специфику развития их русел. Основным фоновым процессом на протяжении XX в. являлась деградация русел малых рек, интенсивность которой определяется степенью залесённости водосборов. В пределах исследуемой территории эти процессы минимальны в юго-западной части. В западной части бассейна наиболее широко развиты карстовые процессы, приводящие к уменьшению поверхностного стока и образованию суходолов. Периоды интенсивного хозяйственного воздействия человека на реки в отдельных частях бассейна Кудьмы различались по времени. В XIX в. существенное влияние оказывало строительство лесопильных цехов, мельниц, прудов, широко применявшееся в верховьях Кудьмы и южной залесённой части её бассейна. До настоящего времени эти сооружения практически не сохранились, и здесь происходит восстановление естественного руслового режима рек.

В среднем и нижнем течении Кудьмы, в нижних частях впадающих на этом участке в неё притоков период наиболее активного антропогенного изменения руслового и водного режимов начинается в 30-е годы XX в. Он был связан со спрямления излучин, обвалованием русел, регулированием стока системами плотин, масштабными мелиоративными мероприятиями. С начала XXI в. активно возобновляется строительства прудов в верхних и средних течениях притоков Кудьмы и Озерки, в основном для рыбохозяйственных целей.

ЛИТЕРАТУРА

Бабурин В.Л. Малые реки – каркас цивилизации // Малые реки. М.: МЦ РГО – ИГ РАН. 1994.

Баканина Ф.М., Пожаров А.В., Юртаев А.А. Ландшафтное районирование Нижегородской области как основа рационального природопользования // Великие реки – 2003. Н. Новгород: ЮНЕСКО. 2003.

ГОСТ 17.1.1.02-77. Межгосударственный стандарт. «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов». 1978.

Инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. ТСН 22-308-98 НН. Администрация Нижегородской области. Комитет архитектуры и градостроительства. Н.Новгород. 1999.

Колбовский Е.Ю. Ландшафтоведение. М.: Академия. 2007

Малые реки волжского бассейна М.: Изд-во МГУ. 1998.

Охрана и рациональное использование малых рек и пойменных земель Горьковской области (методические рекомендации). Горький: Знание. 1985.

Пахомова О.М. Гидролого-морфологические характеристики русел рек и порядковая структура речной сети. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ. 2001.

Пияшова С.Н. Овражная эрозия Нижегородского Поволжья. Автореф. дисс... канд. геогр. наук. Казань: КГУ. 2002.

Сидорчук А.Ю. Среднеголоценовый этап пониженной водоносности рек и его выражение в морфологии речных излучин // Древние и современные долины и реки: история формирования, эрозионные и русловые процессы. Волгоград: Перемена. 2010.

Современные ландшафты Нижегородской области. Н.Новгород: Изд-во Волго-Вятской акад. гос. службы. 2006.

Ступишин А.В. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья. Казань: КГУ. 1964.

Терентьев А.А., Фридман Б.И. Влияние тектоники на изменение гидрологического режима Горьковской области // Водные ресурсы, их использование и охрана. Горький: НГПИ им. М. Горького. 1985.

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т.1. Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ. 2008.

Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Крона. 2009.

Экспериментальная геоморфология. Вып.2. М.: Изд-во МГУ. 1969.

Н.П. Канатьева¹, Н.Г. Добровольская², С.Ф. Краснов², Л.Ф. Литвин²,
Л.С. Савитенко¹

¹Арзамасский государственный педагогический институт имени А.П. Гайдара,

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ФАКТОРЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ НИЖЕГОРОДСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ В ПОРЕФОРМЕННЫЙ ПЕРИОД*

Конец XX и начало XXI веков отличаются глубокими изменениями природно-антропогенных факторов земледельческой эрозии почв. Социально-экономические реформы в России обусловили значительное регионально дифференцированное сокращение площади используемой пашни, т.е. вывод пахотных земель из сельхозоборота и трансформацию засеваемой пашни в залежь и другие угодья с высокой почвозащитной способностью. Новое территориальное распределение пашни изменило и эрозионный потенциал рельефа – этого «вершителя судеб эрозии» [Соболев, 1948]. Экономика обусловила заметные изменения структуры посевов, т.е. изменилась и почвозащитная способность агроценозов. Всё это происходило на фоне глобальных изменений климата, в том числе эрозионного потенциала ливневых осадков и талого стока.

Северное Приволжье – регион типичный для центральной северной лесостепи Восточно-Европейской равнины как в отношении интенсивности и структуры самой эрозии почв, так и проявлений её основных факторов. Здесь преобладает земледельческая эрозия со среднемноголетней интенсивностью в 15-20 тонн с гектара в год. Для периода 1960-1980 гг. средний региональный показатель эрозионного индекса дождя (R_{30}) равен 5,6 единицам. По сезонному распределению (R_{30}) эта территория характеризуется равными величинами индекса в июне и августе (по 20% годовой суммы индексов) и июльским максимумом – 41% от годовой суммы. Максимальные предвесенние запасы воды в снеге с учётом осадков при самом снеготаянии – около 100 мм, дата разрушения снежного покрова конец марта – первая декада апреля. Согласно районированию севера Евразии по внутригодовому распределению эрозионного индекса дождя (R_{30}) Северное Приволжье относится к 11 району, охватывающему всю лесостепь и зону южной тайги западнее средней Волги [Ларионов, 1993].

Динамика климатических факторов. Наиболее существенные почвенно-климатические факторы талой эрозии – предвесенние запасы воды в снеге, влажность и глубина промерзания почвы, т.е. параметры, обеспечивающие потенциальный слой стока и определяющие его основные потери. Все эти параметры за период 1961-2006 гг. претерпели достаточно значимые изменения. Анализ данных Гидрометслужбы (метеостанции Сергач, Арзамас, Лукоянов, Канаш, Болдино) свидетельствует об абсолютном и относительном росте снегозапасов с 1960 гг. до настоящего времени, который

* Работа выполнена по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-3284.2010.5).

составляет по разным пунктам наблюдений от 4 до 23 см, а в целом для региона – 13,9 см или 42,6%.

Другим существенным фактором, обуславливающим величину талого склонового стока, являются его потери, зависящие от глубины промерзания и влажности поверхностного слоя почвы. Динамика максимальной глубины промерзания почв рассматривалась по данным двух метеостанций – Сергач и Арзамас, где температура почвы фиксировалась на глубинах 0,2, 0,4, 0,8 и 1,2 м. Поскольку фактическая изотерма нулевой температуры всегда располагается ниже фиксированного уровня нулевой температуры, такую оценку промерзания можно назвать гарантированной глубиной промерзания [Канатьева и др., 2010].

Наблюдается общая слабая тенденция к снижению гарантированной глубины промерзания – для Сергача она снизилась с 0,87 м в период потепления в 1966-1977 гг. до 0,48 м в последнее десятилетие. Для Арзамаса такого снижения не произошло. Для обоих пунктов прослеживается чёткая корреляция между глубиной промерзания и периодическими изменениями температуры воздуха. В холодные периоды [Клиге, 2006] для Сергача глубина промерзания составляла 0,87 и 0,93 м, а в два тёплых 0,68 и 0,48 м. Такое же, но более слабое, соответствие с амплитудой средних многолетних около 0,2 м наблюдается и для м.с. Арзамас. Если принять за пороговую для образования стока, т.е. и безусловного отсутствия смыва на зяби, величину промерзания в 0,3-0,5 м (по А.Т. Барабанову [1993]), то в лесостепной зоне доля вёсен, в которые сток с зяби возможен, по метеостанции Сергач составляет для конца первого холодного периода 83%, 1961-1966 гг. в первый тёплый – 36%, во второй холодный – 67%, в последний тёплый – 29%. За последние годы (1999-2006) глубина промерзания ни разу не превышала 0,4 м. Для метеостанции Арзамас, доля возможных случаев стока на зяби снизилась с 20% до 6% в современный тёплый период. Глубина промерзания в 0,8 м наблюдалась в Арзамасе единственный раз за последние 17 лет – в 1997 г.

Таким образом, для Северного Приволжья в целом, несмотря на заметный рост предвесенних запасов воды (46%), талый смыв почвы со склонов под наиболее эрозионно-опасным агрофоном – зябью, сократился в начале XXI в. по сравнению с 60-ми гг. XX в. как минимум в 2,5-3 раза.

Динамика эрозионного потенциала дождя. Эрозионный потенциал дождевых осадков оценивался различными показателями: эрозионным индексом дождя (R30) модели USLE, величиной слоя осадков дождей со слоем более 10 мм, количеством стокообразующих экстремальных ливней за период с 1960 по 2006 гг. по метеостанциям Арзамас, Лукоянов, Канаш, Тёмников и Нижний Новгород. Анализ пространственно-временной динамики годовых R30 по десятилетним периодам не выявил слабые и противоречивые тенденции их изменений. Только в Нижнем Новгороде происходил устойчивый рост индекса R30, составивший 61,7% от начального. На метеостанции Тёмников, напротив, произошло его снижение на 28,2% [Канатьева и др., 2010].

Изменение годовых величин слоя ливневых осадков представляется более упорядоченным. Так, по данным метеостанции Лукоянов за 40 лет средний многолетний слой увеличился с 66,2 мм до 136,2 мм, т.е. более чем

вдвое, а по метеостанции Тёмников на 64 мм. На остальных станциях прирост составил за эти 20 лет от 8 до 15 мм, но по метеостанции Арзамас отмечено снижение на 13 мм. Доля экстремальных ливней по всем пунктам наблюдений не превышает 10-14%, а в большинстве случаев – нескольких процентов. В целом для региона можно говорить о её снижении до 7% и снижении вклада в R_{30} на 7-8%.

Почвозащитная способность агроценозов. Смена форм собственности на землю, отказ от планово-распределительной системы в экономике и переход к рынку не могли не сказаться на структуре посевных площадей и на почвозащитной способности агроценозов и способов обработки. Эрозионные последствия этих изменений оценивались на примере Починковского района. Период, в течение которого изучались особенности структуры посевных площадей района, охватывает 24 года – с 1985 по 2009 гг. Опорными для оценки приняты 1985, 1990, 1999 и 2009 гг. Первые два года характеризуют состояние агроценозов в дореформенный период.

Основные показатели использования обрабатываемых земель Починковского района очень близки к показателям выделенных А.Н. Ракитниковым [1984] региональных подтипов использования земель. Так, доля зерновых культур в структуре агроценозов района составляла в 1985 г. 51,6%, многолетних трав – 17%, кукурузы на силос – 7,3%, картофеля – 4,3%. Несколько превосходила типовую доля чистых паров – 11,5%. Такое соотношение культур не обеспечивало надёжной защиты пахотных земель от эрозии, тем более, что почвозащитных методов обработки (безотвальной, минимальной и т.п.) не применялось

Особенностью данного периода развития сельского хозяйства страны является полная реорганизация хозяйств, способов возделывания культур и их видового состава. Однако структура посевных площадей – наиболее динамичного из всех основных факторов эрозии, оказалась с точки зрения сохранения почвозащитных свойств агроценозов достаточно устойчивой и консервативной. Соотношение площадей пашни, занимаемой основными культурами, определяющими тип использования земель (яровыми и озимыми зерновыми, кукурузой, многолетними травами, чистым паром), по сравнению с дореформенным периодом почти не изменилось. При этом качественный состав (набор культур) изменился заметно. Структура посевов значительно упростилась. К 2009 г. исчезли посевы конопли, технических культур, корнеплодов и, главное, картофеля, который занимал 4,3% площади пашни. В середине периода резко возросли посевы многолетних трав (на 37%), площади которых в дальнейшем стали быстро снижаться – до 72,5% в 2009 г. по отношению к дореформенному уровню. Такие изменения в целом увеличили почвозащитную способность агроценозов, поскольку «выпавшие» культуры относились к культурам, плохо защищающим почву, как при талой, так и при ливневой эрозии. Однако количественно эти изменения оказались малозначимыми. Расчёты показали, что при ливневой эрозии эрозионный индекс растительности агроценозов пашни в целом для района (при сохранении отвальной обработки) снизился бы в 2009 г. лишь на 0,015 единиц, или на 4,4%, по сравнению с 1985 г. Увеличение почвозащитной способности агроценозов в

период весеннего снеготаяния было не намного больше – на 14,6% в 1999 г. и на 7,3% в 2009 г. по сравнению с дореформенной.

В последние годы в районе стали внедряться безотвальная и минимальная обработки почв. В пределах пашни подобная обработка повышает защищённость почвы как минимум на 20%. При условии повсеместного внедрения повышение почвозащитной способности районного агроценоза составит на пашне 23% по отношению к 1985 г. Таким образом, рост специализации сельскохозяйственной отрасли, упрощение структуры агроценозов пашни не вызвали заметного повышения почвозащитной способности агроценозов, которого можно ожидать только с внедрением новых способов обработки.

Трансформация пахотных угодий. Земледельческая эрозия [Арманд, 1956], т.е. эрозия почв обрабатываемых земель, абсолютно доминирует в агроландшафтах хозяйственно освоенных равнин. Интенсивность эрозии на пахотных склонах на один-два порядка превышает её величину для естественных кормовых угодий и лесов. Поэтому смена вида использования земель является наиболее мощным эрозионным фактором. Влияние трансформации пахотных угодий рассматривалось на примере земель Починковского района, агроландшафты которого сложной геостационарной (морфолитогенной) и геодинамической (потокосной) структуры [Солнцев, 1981; Использование..., 2006] типичны для Нижегородского правобережья. Для географии и интенсивности земледельческой эрозии первостепенное значение имеют: а) вывод пахотных земель из сельскохозяйственного оборота, б) трансформация засеваемой пашни в залежь и другие угодья с высокой почвозащитной способностью, в) изменение эрозионного потенциала рельефа, обусловленное этой трансформацией.

В период с 1985 по 2009 гг. массив пахотных земель, используемый крупными производителями сельхозпродукции, значительно сократился – с 101,2 тыс. га до 83,8 тыс. га, т.е. на 17,2%. Эрозионная судьба этих земель не выяснена, но можно полагать, что их эрозионный потенциал значительно снизился, даже если какая-то часть продолжает обрабатываться в мелких хозяйствах. Ещё больше сократилась площадь используемой пашни (посевная площадь плюс пар) – до 58,9 тыс. га, или на 24,6%. Большая часть оставшейся площади, числящаяся по статистике пашней, трансформировалась в залежь (около 21%) или через 5-10 лет закустарилась (3,6%). Почвозащитная способность на таких полях возрастает на один-два порядка величин, следовательно, общее снижение объёмов мобилизуемых на склонах наносов также составляет около 42% к дореформенному.

Насколько Починковский район типичен (в части выше обсуждаемых явлений) для всей северной лесостепи Европейской России свидетельствуют следующие данные «Федеральной сельскохозяйственной переписи» [2006]. Доли пашни выведенной из сельскохозяйственного оборота (1980-2006 гг.) в Тульской, Орловской областях, в Чувашской республике и Татарстане составляют 18,1, 14,5, 20,4, и 9,2% соответственно, а доля неиспользуемой пашни (залежной) 45, 27, 12 и 13%.

В процессе сокращения и трансформации пашни доминируют социально-экономические факторы, но определённую роль, особенно в территориальной дифференциации, исполняет и морфолитологический компо-

нент агроландшафта, обуславливающий территориальное размещение различных по естественному плодородию почв. Согласно агроландшафтному и агропочвенному районированию [Современные..., 2006], левобережье р. Алатыря входит в агроландшафтный район «Приокское Полесье» зоны смешанных и широколиственных лесов с малоплодородными светло-серыми лесными и дерново-подзолистыми супесчаными и легкосуглинистыми почвами на ледниковых отложениях, Правобережье Алатыря – в агроландшафтный район «Починковская степь» лесостепной зоны с серыми лесными почвами, выщелоченными и оподзоленными чернозёмами на лёссовидных суглинках и глинах, естественное плодородие которых в 1,5-2 раза выше. Эти почвы контрастны как по водопроницаемости, так и по противозерозионной стойкости – глинистые чернозёмы в 1,5-2,5 раз устойчивее среднесуглинистых серых лесных и в 2,5-3,0 супесчаных дерново-подзолистых почв. В результате на 2009 г. практически вся пашня левобережья заброшена. Значительная часть её закустарена. На правобережье наибольшая доля таких земель (до 50%) расположена на западе в приграничных с Окским Полесьем хозяйствах.

Динамика территориального распределения пашни сопровождается изменением эрозионного потенциала пахотных склонов (LS в модели USLE), следовательно, изменением интенсивности эрозии. Почти повсеместное снижение средних значений LS и произошло в основном за счёт приоритетного сокращения распашки крутых склонов. Как правило, снижение максимально для морфологических ареалов с большой долей заброшенной пашни, достигая 10-40%, и значительно меньше в благополучных хозяйствах. Соответственно, поскольку интенсивность смыва пропорциональна величине LS, средняя интенсивность эрозии на используемых пашнях также снизилась.

Анализ динамики основных факторов эрозии за последнее двадцатилетие выявляет существенное снижение интенсивности земледельческой эрозии на Правобережье. Основную роль в изменении пространственного распределения эрозионно-опасной пашни и снижении темпов земледельческой эрозии играли не только социально-экономические преобразования, но и тренд динамики природных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

Арманд Д.Л. Антропогенные эрозионные процессы // Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М.: Изд-во АН СССР. 1956.

Барабанов А.Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии. Волгоград. ВНИАЛМИ. 1993.

Использование GPS-b ГИС-технологий для изучения особо охраняемых территорий. Тула: Гриф и К. 2006.

Канатьева Н.П., Краснов С.Ф., Литвин Л.Ф. Современные изменения климатических факторов эрозии в Северном Поволжье // Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 17. М.: МГУ. 2010.

Клиге Р.К. Прогноз водных ресурсов бассейна Волги в результате глобальных изменений климата // Современные глобальные изменения природной среды. М.: Научный мир. 2006.

Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ. 1993.

Ракитников А.Н. О современном этапе использования земель Нечернозёмной зоны РСФСР // Почвенно-геологические условия Нечернозёмья. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1984.

Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на Европейской части СССР и борьба с ними. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР. 1948.

Современные ландшафты Нижегородской области. Ниж. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы. 2006.

Солнцев В.Н. Системная организация ландшафтов. М.: Мысль. 1981.

М.В. Веретенникова, Т.С. Дайковская, С.Н. Ковалев
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ВЛИЯНИЕ РЕЛЬЕФА НА РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ г. МОСКВЫ*

История Москвы начинается с середины XII в., когда князь Юрий Долгорукий в числе ряда "городов", возведенных для укрепления подступов к западным окраинам Суздальского княжества, основал небольшую крепость на месте поселения Дьяково, впервые упомянутого в летописях 1147 г., в месте впадения р. Неглинной в р. Москву. Это было практически идеальное место для города, которому придавалось большое значение – возвышенное, более 20 м над урезом р. Москвы, окруженное с трех сторон водными преградами, водные пути сообщения, наличие нескольких деревень, могущих обеспечить необходимыми припасами и рабочей силой [М.Н. Тихомиров, 1992]. К началу XVI века Москва уже приобрела черты городского поселения. Существовала крепость ("кременец"), посады и система оборонительных сооружений по границе. Условно граница города проходила по р. Москве на юге – р. Неглинной на западе – оборонительным валам на севере и по р. Рачке на востоке (рис. 1).

При этом городская территория занимала несколько возвышений образовавшихся в результате расчленения малыми реками и оврагами первой и частично второй террас р. Москвы.

На первом этапе развитие города шло в направлении освоения повышенных частей рельефа, представляющих собой участки высокой третьей надпойменной террасы рек Москвы и Яузы, которые приобрели вид "холма" благодаря глубоко врезавшимся в поверхность террасы речкам Неглинной, Ольховца, Черногрязки, Рачки, Пресни, Бубны и глубоким оврагам. Относительная высота этих холмов не превышает 40 м над урезом р. Москвы (не более 160 м абс. высоты).

* Подготовлен в рамках программы гранта Государственной поддержки научных исследований, проводимых ведущими научными школами (проект НШ-3284.2010.5) и при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00385).

Пониженные части территории (пойменные террасы) застраивались и заселялись в последнюю очередь, поскольку строительные работы в этих местах были сопряжены с рядом трудностей (наличие болот и заболоченных участков в сочетании с ежегодным затоплением паводковыми водами). Эти территории использовались в основном под сельскохозяйственные угодья. С ростом города возникли новые оборонительные сооружения. Строится стена Китай-города. Нагорная часть Китай-города, являвшаяся продолжением кремлевского холма, с востока была ограничена болотистой местностью. Здесь вдоль берега Москвы-реки вплоть до Яузы тянулся Васильевский луг, а сама Яуза текла в крутых берегах. С северной и восточной стороны Китай-города был ров. Яуза на восточной границе Китай-города, Москва-река на юге и р. Неглинная на западе прикрывали Москву от внезапных набегов татарской конницы. Запруженная речка Ольховка образовывала Великий пруд (будущий Красный пруд). Южная часть Занеглименья примыкала к Чертолью – урочищу, расположенному недалеко от впадения Неглинной в Москва-реку и получившему название от ручья Черторый. Между нынешними улицами Тверской и Бол. Никитская находился Успенев овраг, длиной около 1 км. Он начинался в районе Георгиевского переулочка, пересекал Тверскую улицу и территорию университета, впадал в р. Неглинную на Моховой улице, вблизи Манежа.

Оборонительный ров вдоль стен Белого города тоже был построен с учетом местных водных артерий. В западной части в ров был спущен ручей Черторый, с северной – протоки Неглинной. По восточной стороне на месте рва были отдельные озера, питавшиеся речкой Рачкой.

Второй этап начинается в XVI веке, когда расселение перешло черту Земляного города (современного Садового кольца). В течение XVII века Москва застраивалась узкими полосами вдоль радиальных дорог. Извилистые линии дорог и спусков к берегу соединяли разные уровни города. Таким образом, элементы застройки вступали в тесное взаимодействие с формами природного рельефа, подчеркивали топографические особенности территории. Постепенно засыпались овраги, часть открытых рек и ручьев переводилась в коллекторы.

К началу XVIII века в планировке Москвы сохранялось старинное деление крепостными стенами и земляным валом по современному Садовому кольцу на четыре города: Кремль, Китай-город, Белый город и Земляной город. Древние дороги к Кремлю и Китай-городу из окружавших Москву городов, сел и монастырей превратились в радиальные улицы протяженностью 2-3 версты. Вдоль дорог, продолжавших радиальные улицы, и между ними были расположены слободы и села с ярко выраженной линейной планировкой: Хамовная слобода – на юго-западе. Дорогомиловская слобода – на западе, Тверская-Ямская – на севере, Красное село – на северо-востоке, Рогожская-Ямская – на востоке, Коломенская-Ямская – на юге. Как радиальные улицы, так и отходящие от них переулочки шли не прямыми линиями, а извилисто, следуя рельефу местности, обильно рассеченному речками и ручьями с высокими и низкими берегами. Вдоль стен Кремля тянулся крепостной ров шириной 17 сажень. Набережные вдоль стен Кремля и Китай-

города были непроезжими и служили свалками мусора. Белый город пересекался р. Неглинной. Северную стену Китай-города к востоку от Неглинной и восточную его стену окружал старинный неглубокий ров, заполнявшийся талыми, дождевыми и грунтовыми водами, стекавшими с Лубянского холма.



Рис. 1. Место заложения Москвы (Чернявский, 1912; Музей истории Москвы) [Г.В. Носовский, А.Т. Фоменко, 2009].

Во второй половине XIX века Москва превратилась в один из важнейших индустриальных центров страны. Характерной особенностью Москвы в пореформенное время является сравнительно быстрая застройка ее коренной территории в пределах Камер-Коллежского вала и заметное расширение фактической границы города за счет прилегающих к нему окраин.

Еще в 60-х годах XIX века застроенные участки занимали меньше трети города, и больше половины территории Москвы составляли сады, пруды и реки, а уже в 1882 г. пустыри занимали только 8% земли в пределах Камер-Коллежского вала, а площадь под садами и бульварами сократилась до 16%.

Правильной планировке Москвы мешали многочисленные речки, холмы, овраги, которыми была изрезана ее территория. Между холмами были низины, где застаивалась дождевая вода. Мелкие речушки и ручейки, пересекая город в разных направлениях, текли открыто, образуя болотистые места, некоторые были засыпаны, но в сырое время давали о себе знать. Не

только во время ливней, но и во время самых обычных летних дождей наиболее низкие места города покрывались водой, затоплявшей подвалы и нижние этажи зданий. Берега рек почти не имели набережных и во время половодий обрушивались вместе с расположенными на них строениями; для сообщения между разделенными водой частями города имелось всего два постоянных моста, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Прежде всего, осваивались долинныe участки – Замоскворечье и долина Яузы. Но велось строительство и вокруг Кремля на неудобных землях. Болота и овраги постепенно засыпались. Реки перегораживались плотинами и превращались в цепочку прудов, которые с течением времени заполнялись наносами.

В конце XIX и начале XX века Москва росла чрезвычайно быстро. Этот рост был связан с развитием московской промышленности, дальнейшим расширением торговли, превращением Москвы в крупный железнодорожный узел. Водные пути Москвы для перевозки судов в XIX веке были непригодны – Москва-река сильно обмелела и была шлюзована лишь к 1880 г. Территория Москвы в конце XIX века была ограничена окружной железной дорогой. Дорога была построена в 1903-1908 гг., а в 1917 г. определена в качестве границы города Москвы.

В 1926 г. – площадь Москвы составляла 23385 га. В 1931 г. Москва была выделена из Московской области как самостоятельная административная единица. К городу были присоединены: Фили – в 1931 г., Ростокино – в 1932 г., Верхние и Нижние Котлы – в 1932 г., земли с. Воробьево – в 1932 г., Измайловский парк – в 1933 г. После присоединения новых районов площадь Москвы составила 28520 га. В 1935 г. было предложено расширить площадь Москвы до 60 тыс. га – присоединить Кунцево, Ленино, Измайлово, Петрово-Кусково, Текстильщики, Люблино, Новинки-Нагатино, Терехово, Мневники, Хорошево, Щукино, Тушино, Захарково, Авиагородок, Ховрино, Лихоборы, Медведково и др. с направлением территории на запад, юго-запад и юг, где расположены наиболее здоровые, высокие и удобные территории.

К этому времени относится попытка возрождения старого – 1825 г. – плана строительства спрямляющего канала (рис. 2). Интересно, что оба варианта предусматривали использование части Андреевского оврага, начинавшегося на Воробьевых горах на месте нынешнего Дворца научно-технического творчества.

С 1952 г. начинается третий этап развития города, ознаменовавшийся выходом застройки на Теплостанскую возвышенность. Сначала в Черемушках, а после строительства метромоста в 1958 г., единственного в Москве поднимающегося на высокий берег р. Москвы, началось освоение Очаково, Беляево, Тропарёво, Ясенево.

В Юго-Западном районе и в Черемушках в проектах не учитывался рельеф местности, неоправданно расточительно перемещались многие тысячи кубометров земли, и во многих случаях глубина заложения подземных коммуникаций достигла 6-8 м. В итоге на Старокаширском шоссе, в Новых Черемушках и в некоторых кварталах Юго-запада живописный природный

рельеф уничтожался срезками и насыпями; не здания привязывались к местности, а местность к зданиям.

В 1960 г. было принято решение об увеличении площади Москвы. Новой его границей стала Московская кольцевая автомобильная дорога (МКАД), а площадь достигла 878,7 км². В 2004 г. Была установлена новая граница Москвы, во многих местах захватившая часть Подмосковья. К этому времени площадь Москвы увеличилась более чем 5000 раз (таблица).



Рис. 2. Положение спрямляющих каналов 1825 г. (А) и 1935 г. (Б)

На протяжении почти 800 лет территория Москвы увеличивалась по пути освоения низменных участков. С увеличением технических возможностей появилась возможность осваивать территории приподнятые на 120 м выше уреза р. Москвы и преобразовывать рельеф под нужды городской инфраструктуры.

Таблица. Увеличение площади Москвы

Годы	Площадь
Кремлевские стены 1495 г.	0,2
Стены Китай-города 1538 г.	0,9
Укрепления Белого города (Бульварное кольцо) 1593 г.	5,6
Укрепления Земляного города (Садовое кольцо) 1630-40 гг.	18,7
Камер-Коллежский вал 1742-1864 гг.	72,1
Московская кольцевая железная дорога 1917 г.	212,1
Границы 1935-60-х годов	356,7
Границы в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) 1960 г.	876,9
Современные границы	1071,0

Такое развитие Москвы в первую очередь объясняется сложностью рельефа территории города. Во-первых, Москва расположена на стыке трёх крупных физико-географических районов: Смоленско-Московской моренной возвышенности (Татаровские высоты), Москворецко-Окской морено-эрозионной равнины (Теплостанская возвышенность) и Мещёрской зандровой низменности (рис. 4). Основная часть современной Москвы занимает сильно расчленённые террасы р. Москвы, заболоченные территории бассейна р. Яузы и слаборасчленённую Мещёрскую зандровую низменность, тре-

тая часть города расположена на правом, сильно расчленённом возвышенном берегу р. Москвы.

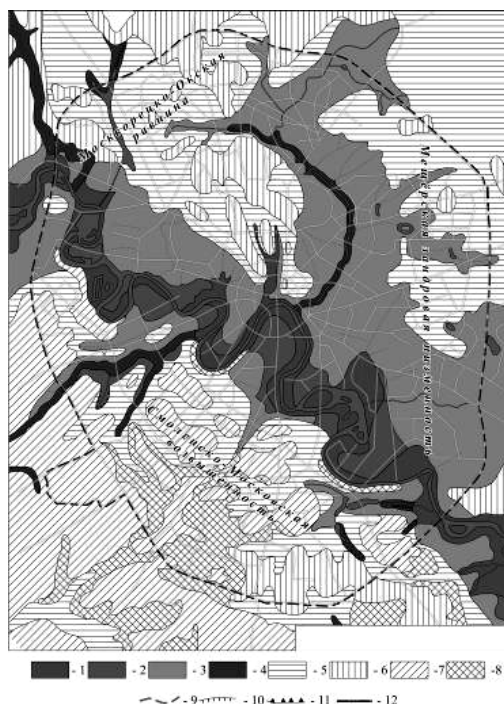


Рис. 4. Геоморфологическая карта (по Э.А. Лихачёвой [1997]). 1 – пойма; 2 – низкие надпойменные террасы; 3 – высокая третья надпойменная терраса; 4 – нерасчлененный комплекс пойм и террас малых рек; 5 – водноледниковая слабо-расчлененная равнина; 6 – плоские слабо-расчлененные поверхности; 7 – средне расчлененные поверхности; 8 – сильно расчлененные поверхности; 9 – тальвеги утраченной гидросети; 10 – с оползнями мелкого заложения; 11 – с оползнями глубокого заложения. 12 – граница Москвы в пределах МКАД.

Представление о степени расчленения территории Москвы дает Военно-топографическая карта съёмки 1830-1840 годов (рис. 5).

Множество эрозионных долин – от оврагов до малых рек, к настоящему времени засыпано. Вместе с наличием большого количества захороненных древних построек, древние эрозионные врезы создают опасность развития суффозионных процессов. Для примера: по неустановленным причинам в 2007 г. произошел провал на Ленинском проспекте, скорее всего, связанный с древним оврагом, левым притоком полузасыпанной р. Раменки. Этот овраг был засыпан в 1966 г. во время строительства проспекта. Параллельно ему была проложена трубопроводная магистраль, прекратившая работу в 2004 г. Можно предположить, что именно действующий трубопровод поддерживал условия, при которых суффозионные процессы замедлялись. В обсохшем и растрескавшемся грунте создались условия, при которых поверхностный сток, просачиваясь под землю, за три года вынес достаточное для образования провала количество грунта. То же возможно и при провале на Большой Дмитровке в мае 1998 г, где располагались верховья древнего Успенского оврага. При этом обрушилась часть дома.

В рельефе территории современной Москвы четко прослеживается три основных высотных уровня: 1 – долинный комплекс р. Москвы с высо-

тами в диапазоне – 117-126 м абс. – 145-170 м абс.; 2 – моренная равнина левобережья р. Москвы с плоскими слаборасчлененными поверхностями с высотами 160-190 м абс.; 3 – средне расчлененные поверхности с высотами 175-250 м абс.

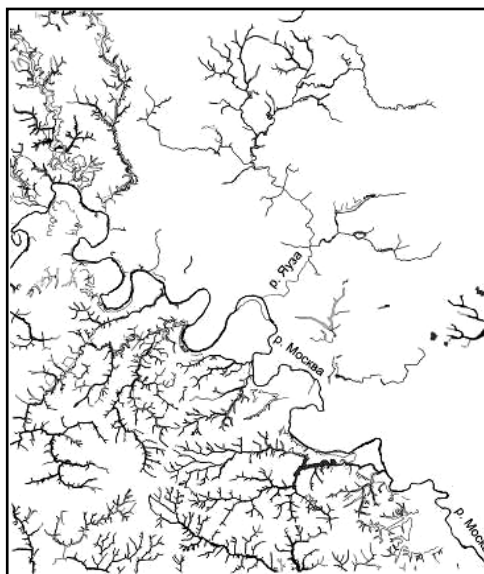


Рис. 5. Эрозионное расчленение территории г. Москвы и прилегающих районов (по Военно-топографической карте 1860 г.).

В соответствии с рельефом и потребностями города и его возможностей развитие территории Москвы претерпела три высотных этапа развития. На первом этапе – XII-XIV веках, городская территория занимала относительно возвышенные участки речных террас. Второй этап – XV-XIX вв., охарактеризовался освоением, хотя и неудобных, с точки зрения строительства, но легко доступных плоских территорий долины р. Яузы и моренной равнины на левобережье р. Москвы. В течении конца XIX в. начале XX в. территория города постепенно, используя небольшие перепады высот, выходит на правобережье р. Москвы. Третий этап – с середины XX в., при возросших технических возможностях, начинается активное освоение высокого правобережья.

ЛИТЕРАТУРА

- Лихачёва Э.А.* Ландшафтно-геоморфологические районы. Москва: геология и город. М.: 1997.
- М.Н. Тихомиров.* Древняя Москва. XII-XV вв.; Средневековая Россия на международных путях. XIV-XV вв. М.: Московский рабочий. 1992.
- Г.В. Носовский, А.Т. Фоменко* Царский Рим в междуречье Оки и Волги. М.: Изд-о АСТ (АСТРЕЛЬ). 2009.

Г.Г. Наумов

Московский автомобильно-дорожный институт

К СТОЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА О.В. АНДРЕЕВА

Олег Владимирович Андреев родился 24 мая 1911 года в г. Белёве Тульской губернии, в семье учителя. В 1914 году семья переехала в Москву.

В 1929 г. О. В. Андреев поступил в Московский институт инженеров транспорта. Это был первый приём вновь организованного автомобильно-дорожного факультета, который в 1930 г. был реорганизован в Московский автомобильно-дорожный институт. В 1933 г. О.В. Андреев защитил на отлично дипломный проект и был оставлен в аспирантуре МАДИ.



Олег Владимирович Андреев

Вопросы дорожно-мостовой гидравлики начали интересовать Олега Владимировича ещё в студенческие годы. Его первой научной работой был раздел дипломного проекта, посвящённый расчёту отверстий безнапорных круглых труб, опубликованный в 1935 г. во втором сборнике трудов МАДИ.

В 1939 г. О.В. Андреев защитил кандидатскую диссертацию на тему «Струенаправляющие сооружения мостовых переходов». В том же году он был утверждён в звании доцента.

Педагогическую работу О.В. Андреев начал вести с 1935 г. на кафедре изысканий и проектирования дорог МАДИ, одновременно с прохождением аспирантуры. С 1938 по 1944 г. О.В. Андреев был начальником учебной части и деканом дорожно-строительного факультета МАДИ, а с 1943 по 1946 г., в период эвакуации МАДИ в г. Янги-Юль – начальником Управления учебных заведений Народного комиссариата автомобильного транспорта РСФСР.

В 1946 г. О.В. Андреев перешёл на работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства МПС, где организовал лабораторию моделирования русловых процессов на мостовых переходах. С 1958 по 1960 г. он заведовал кафедрой дорог и мостов Московского института инженеров городского строительства. Всё это время Олег Владимирович продолжал вести педагогическую работу в МАДИ, куда после передачи дорожного факультета МИИГС он вернулся в 1960 г. В марте 1967 г. О.В. Андреев был утверждён в звании профессора.

Научная деятельность Олега Владимировича Андреева была посвящена изучению работы мостовых переходов и малых водопропускных сооружений и совершенствованию методов их расчёта и проектирования. Им впервые создана теория и разработан метод прогноза деформаций подмостовых русел, основанные на решении в конечно-разностной форме системы дифференциальных уравнений речной гидравлики, включающей уравнение баланса наносов, уравнение неразрывности потока, уравнение неравномерного, плавно изменяющегося движения потока в открытых непрямоугольных руслах. Предложенный О.В. Андреевым метод расчёта позволяет прогнозировать развитие русловых деформаций и изменение положения свободной поверхности потока во времени не только в створе мостового перехода, но и на всём протяжении зоны его влияния (выше и ниже моста). Была не только повышена надёжность и снижена капиталоемкость сооружений мостового перехода, но и получена возможность оценки его негативного влияния на окружающую среду и условия хозяйственной деятельности (подтопление ценных земельных угодий, ухудшение условий судоходства, подмыв пересекающих реку подводных коммуникаций).

Особый раздел творчества профессора О.В. Андреева составили работы по развитию теории и норм стока дождевых и талых вод к малым искусственным сооружениям, исследование процессов аккумуляции ливневых вод перед водопропускными трубами при пропуске расчётных паводков.

В качестве основных работ О.В. Андреева, получивших широкое внедрение, могут быть названы следующие:

1. Расчёт размывов под мостами на основе баланса наносов (принято Гипроавтотрансом);
2. Расчёт размывов и укреплений за малыми мостами и трубами (принято Гипротранстэи, с включением в типовые проекты и руководство);
3. Расчёт отверстий мостов в подпоре плотин (принято Главтранспроектом и включено в наставления);
4. Назначение наивыгоднейших форм входных оголовков труб (включено в типовые проекты Главтранспроекта);
5. Расчёт очертания регуляционных сооружений у мостов (многokrатно использовано авторами различных справочников и ряда книг);
6. Расчёт мостовых переходов с затопляемыми подходами (для дорог местной сети, используется в конкретных проектах).

Принципиальные положения возглавлявшегося О.В. Андреевым направления, оформившегося затем в научную школу, получили широкое признание, как в СССР, так и за рубежом (Болгария, Венгрия, Вьетнам, Ин-

дия, Канада, Китай, Польша, Румыния, Франция и др.), широко используются проектными организациями и включены в ряд действующих нормативно-технических документов. Научные работы О.В. Андреева и его школа получили полное признание после дискуссии на заседании секции гидродинамики и русловых процессов III-го Всесоюзного гидрологического съезда в 1957 г. в Ленинграде.

Перу О.В. Андреева принадлежит более 100 печатных работ, основные из них переведены на китайский и чешский языки. На его работы ссылались как отечественные (член-корр. АН СССР М. А. Великанов, проф. А.К. Бируля и др.), так и зарубежные учёные (проф. Яроцкий, Польша; проф. Вотруба, Чехословакия и др.). Две его большие работы (1956 и 1960 гг.) реферированы в США (журнал «Механика», со специальным выделением глав, содержащих собственные исследования автора). Написанные Олегом Владимировичем или при его участии учебники и учебные пособия («Проектирование мостовых переходов», «Проектирование автомобильных дорог», «Справочник инженера-дорожника», «Краткий справочник по трубам и малым мостам», учебники по гидравлике и гидрометрии для техникумов и др.) выдержали ряд изданий.

О.В. Андреев посвящал много времени работе с аспирантами. Его необыкновенная эрудиция, высочайшая интеллигентность в общении, поразительная память на цифры, факты, явления, умение ставить задачи на строгой теоретической основе и, обязательно, с инженерным выходом в результатах, богатейший научный и жизненный опыт оказывали в высшей степени положительное влияние в профессиональном формировании личности начинающего научного работника.

О.В. Андреев подготовил более 30 кандидатов и 3-х докторов технических наук. В числе его воспитанников есть кандидаты наук из Афганистана, Вьетнама, Бангладеш, Ирана и Непала. Олег Владимирович был тесно связан с производством, постоянно консультировал проектные, строительные и научно-исследовательские организации, учебные институты. Много лет он являлся членом Научного совета «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» ГКНТ СССР, членом технико-экономического совета Минавтодора РСФСР, являлся членом редакционного совета издательства «Транспорт», руководил Отраслевой дорожно-исследовательской лабораторией Минавтодора РСФСР при МАДИ. В течение ряда лет профессор О.В. Андреев был членом экспертного совета ВАК СССР по присуждению учёных степеней и званий, участвовал в работе IV гидравлического конгресса (Франция, 1967 г.).

Блестящий лектор и вдумчивый, талантливый педагог, Олег Владимирович пользовался глубоким уважением студентов, товарищей по работе и специалистов научных и проектно-исследовательских организаций.

О.В. Андреев участвовал в работе Всесоюзных научных конференций «Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов» в МГУ. Он поддержал идею создания и вошёл в состав Межвузовского научно-координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и усть-

евых процессов при МГУ, направлял для участия в его совещаниях своих учеников и сокурсников.

Профессору О.В. Андрееву были присущи два основных качества: исключительная интеллигентность и глубочайшие познания в области гидравлики, гидрологии, проектирования мостовых переходов и искусственных сооружений на дорогах, порядочность и профессионализм.

Олег Владимирович совершенно в одинаковой тональности разговаривал со студентами, аспирантами, доцентами, профессорами, специалистами научных и проектных организаций. И никогда со своим собеседником любого уровня, ни словом, ни интонацией не подчёркивал своё профессиональное превосходство. «Матёрый интеллигент ...», говорил иногда об Андрееве профессор К.П. Деллос.

Нередко перед кабинетом кафедры изысканий и проектирования дорог МАДИ выстраивалась очередь (студенты, аспиранты, преподаватели). Каждый из пришедших попасть на приём к профессору Андрееву считал за великое благо.

Запомнилась исключительная пунктуальность профессора О.В. Андреева. Если он назначал встречу для консультации или собеседования, то можно было не сомневаться, что Олег Владимирович придёт, даже если будет неважно себя чувствовать.

Его огромный научный авторитет открывал аспирантам двери многих учебных, научных и проектно-изыскательских институтов для получения необходимой для научных разработок исходной информации. По этой же причине у учеников профессора Андреева никогда не было проблем, например, с оппонентами по диссертациям. Если кого-либо из учёных он просил выступить оппонентом, то отказа никогда не было.

Направляя аспиранта в командировку, Олег Владимирович диктовал служебные и домашние телефоны специалистов других городов на память, не обращаясь к записной книжке. Потрясающая память.

Что касается научных и практических познаний О.В. Андреева в области гидравлики и гидротехники, то они были буквально безграничны. По любому вопросу он мог в любое время прочитать целую лекцию и при этом привести целый ряд примеров из практики проектирования и строительства сооружений.

Профессор О.В. Андреев прекрасно владел русским языком, читал лекции преподавателям МАДИ о технике лекторского мастерства. Это искусство – как Божий дар. Не всем дано.

Один из приёмов лекторской техники профессора О.В. Андреева выглядел весьма эффективно. По мере того, как он создавал мелом на доске расчётную схему (чаще всего поперечный профиль речной долины), его речь не прерывалась.

Досконально знал О.В. Андреев «пробелы» в СНиП'ах и других нормативных документах и по всем этим позициям имел свои соображения. Они постоянно реализовывались в диссертационных работах его учеников, причём непременным требованием профессора Андреева к диссертацион-

ным работам было наличие прямого выхода на практическую реализацию результатов научных исследований.

Принадлежность к научной школе профессора О.В. Андреева была с одной стороны почётной, а с другой – накладывала определённые обязательства на его членов как с точки зрения качества и обоснованности научных исследований, так и с позиций научной этики.

Олег Владимирович любил юмор: шутки, анекдоты и т.п. С юмором относился и к себе. На вопрос «Как самочувствие?» в последние годы жизни он часто отвечал: «Спасибо. Нормально скверно» или «Хуже, чем вчера, но лучше, чем будет завтра». Напутствие О.В. Андреева аспиранту с простудой и высокой температурой прозвучало следующим образом: «Вам надо идти домой и выпить три рюмки водки: одну с перцем, другую без перца, а третью – просто так».

В заключение хотелось бы с удовлетворением отметить, что после того, как профессор О.В. Андреев ушёл в лучший мир, его научная школа не утратила своих позиций в профессиональной среде. Исследования в области гидравлики, гидрологии и гидротехники продолжают его последователи, причём не, только в России, но и далеко за её пределами.

Основные научные труды О.В. Андреева по русловым процессам

Андреев О.В. Дифференциальная форма русловых зависимостей // Прикладные теоретические вопросы проектирования переходов через водотоки – Сб. науч. тр. МАДИ. М.: 1990. С. 6-12.

Андреев О.В. Вопросы учёта русловых процессов при проектировании мостовых переходов // Проблемы русловых процессов. Л.: Гидрометеиздат, 1953. С. 6-23.

Андреев О.В. и др. Основы расчёта мостовых переходов. М.: Высшая школа. 1971. 145 с.

Андреев О.В. Масштабные множители для моделирования русловых деформаций // Гидравлика дорожных водопропускных сооружений. Киев. 1969. С. 34-37.

Андреев О.В. Морфометрические русловые зависимости // Тр. МАДИ. Вып. 22. М.: Трансжелдориздат. 1958. С. 176-185.

Андреев О.В. Основные принципы расчёта отверстий больших мостов. М.: Автотрансиздат. 1958. 64 с.

Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. М.: Дориздат. 1949. 296 с.

Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. М.: Автотрансиздат. 1960. 295 с.

Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. М.: Транспорт. 1980. 215 с.

Андреев О.В. Расчёт русел при проектировании мостовых переходов // Тр. Первой Всесоюз. конф. по гидравлике водопропускных сооружений. М.: 1969. С. 200-206.

Андреев О.В. Расчёт русловых деформаций на мостовых переходах // Сообщ. ВНИИ транспортного строительства. № 79. 1957.

Андреев О.В. Характеристика типов руслового процесса // Русловые процессы на мостовых переходах – Сб. науч. тр. МАДИ. М.: 1986. С. 5-18.

Андреев О.В., Глаголева Т.Н., Федотов Г.А. Методика и некоторые результаты исследования переформирования речных русел под влиянием сооружений, не прерывающих транспорта наносов // Динамика и термика рек. М.: Стройиздат. 1973. С. 239-250.

Андреев О.В., Глаголева Т.Н., Федотов Г.А., Абрамов Ю.В. Основы расчёта мостовых переходов. Л.: Высшая школа. 1971. 146 с.

Андреев О.В., Журавлев М.М., Рассказов О.А. Вопросы мостовой гидравлики и гидрологии. М.: Транспорт. 1967. 200 с.

Андреев О.В., Наумов Г.Г. Основы расчёта деформаций русловых карьеров и учёт их влияния при проектировании мостовых переходов. Науч. тр. Вып. 59. М.: Гипродорнии. 1988. С. 67-80.

Андреев О.В., Наумов Г.Г., Пичугов Г.С., Журавлёв М.М. Методические рекомендации по расчёту деформаций русловых карьеров и учёту их влияния при проектировании мостовых переходов. М.: Гипродорнии – МАДИ. 1991. 49 с.

Андреев О.В., Федотов Г.А. Упрощенный расчёт общего размыва // Автомоб. дороги. 1979. № 11. С. 15-17.

Андреев О.В., Федотов Г.А. Перспективы использования двумерных математических моделей в исследованиях и проектировании мостовых переходов // Проектирование искусств. сооружений на автомоб. дорогах. Сб. науч. тр. МАДИ. М. 1983. С. 4-11.

Андреев О.В., Холин А.С., Макаров К.Н. Русловые и гидравлические расчёты при проектировании переходов через водотоки. М.: МАДИ. 1989. 50 с.

Андреев О.В., Ярославцев И.А. Вопросы учёта руслового процесса при проектировании мостовых переходов. М.: Трансжелдориздат. 1953. 40 с.

Андреев О.В., Ярославцев И.А. Защита мостовых переходов от размыва. М.: Автотрансиздат. 1959. 148 с.

Андреев О.В., Ярославцев И.А. Моделирование русловых деформаций (основные положения) // Русловые процессы. М.: Изд-во АН СССР. 1958. С. 162-172.

Андреев О.В., Ярославцев И.А. Морфометрические зависимости для расчётов размеров речных русел и прогноз русловых изменений при транспортном гидротехническом строительстве // Тр. III Всесоюзного гидрологического съезда. Том V. Секция гидродинамики и русловых процессов. Л.: Гидрометеиздат. 1960. С. 270-283.

Андреев О.В., Ярославцев И.А. Русловые деформации на участках рек с мостовыми переходами // Русловые процессы. М.: изд-во АН СССР. 1958. С. 352-372.

Андреев О.В., Ярославцев И.А., Малютин Г.А. Моделирование русловых процессов. М.: Изд. ЦНИИС. 1958. 50 с.

С.И. Федорова¹, О.Г. Водопьянова², Е.Н. Охрименко²
¹*Кубанский государственный технологический университет,*
²*ООО «ГеоАрхСтройПроект»*

АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ДЕЛЬТОВОЙ КУБАНСКОЙ РАВНИНЫ

Основную часть кубанской дельтовой равнины составляет пространство рукавов Кубани – собственно Кубань и Протока. В территорию дельты входят также высохший рукав, который впадал в Чёрное море и, частично, Прикубанские и Приазовские плавни (в соответствии с картами инженерно-геологических условий [Батурина и др., 1997] и районирования территории Краснодарского края, масштаба 1:200 000 [Водопьянова и др., 2004]). Дельтовая равнина отличается от остальной территории Краснодарского края тем, что подземные воды здесь имеют высокое положение – от 0 до 2 м от поверхности земли. Это является основным неблагоприятным фактором при выборе площадок для строительства, поскольку дренаж и возведение искусственных оснований – дорогостоящие мероприятия, требующие затрат и после строительства.

Рельеф дельтовой равнины описан Л.И. Чередниченко [1979]. Она условно делит дельтовое пространство на три составляющих её участка по высотному положению относительно уровня моря и другим морфологическим признакам, без точной привязки на картах какого-либо масштаба. Первый участок – Прикубанские и Приазовские плавни с абсолютными отметками над уровнем моря от 0,2-0,9 м до 3,5 м. Второй участок – переходный к старой дельте; абсолютные отметки над уровнем моря достигают 6,0-8,0 м. Третий участок – Старая дельта, абсолютные отметки уменьшаются с юга на север от 12,0 до 2,0 м.

О литологических особенностях, свойствах, состоянии отложений дельтовой равнины нет обобщённых и систематизированных данных, необходимых при инженерно-геологическом районировании. Анализ отчётов прошлых лет инженерно-геологических изысканий на территории дельтовой равнины для строительства в масштабе 1:5000 и 1:10000 позволяет выявить закономерности распространения отложений по их составу, состоянию и свойствам, а также схематично оконтурить границы их распространения на топографической основе. Дельтовая равнина, условно разделённая Л.И. Чередниченко на три различных участка по геоморфологическим признакам, характеризуется наличием на этих участках грунтов, различных по составу, состоянию и свойствам и, возможно, по генезису и стратиграфии.

Такое дифференцирование грунтов особенно важно при инженерно-геологическом районировании территории, поскольку оно позволяет выделять среди обширных пространств территории условно благоприятные для строительства. При этом, аллювиальные отложения рассматриваются как основание фундаментов. Ниже приведено краткое описание трёх, наиболее распространённых, геолого-литологических комплексов отложений и

их физико-механические свойства в зависимости от их положения на территории дельтовой равнины.

Первый участок. Западной границей участка является акватория Азовского моря, восточной границей плавная линия от станицы Курчанской к станице Черноерковской и до станицы Новоджерелиевской. На этом участке в разрезе преобладают илы, иловатые глины, суглинки с прослоями ила и пески с включением ракуши, т.е. «слабые» органо-минеральные грунты. По физико-механическим свойствам грунты первого участка являются неблагоприятными для строительства. Физико-механические свойства грунтов, характерные для первого участка, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-механические характеристики грунтов, распространенных на территории первого участка дельтовой равнины р. Кубани

Испытания на территории первого участка дельтовой равнины р. Русани												
Влажность природная $W_0, \%$	Влажность текучести $W_L, \%$	Влажность раската $W_p, \%$	Число пластичности, I_p	Показатель текучести I_L , д.е.	Степень влажности S_r , д.е.	Плотность, $г/см^3$			Коэффициент пористости, e	Общий модуль деформации E_k , МПа (естественный)	Сцепление, КПа	Угол внутреннего трения ϕ , град.
						части грунта, ρ_s	грунта природного, ρ_d	скелета грунта, ρ_d				
аQ _{IV} ^c – Илы суглинистые												
43	43	27	16	1,0	0,81	2,70	1,58	1,10	1,44	1,5	18	10
аQ _{IV} ^c – Глины тяжелые, пылеватые, текучие, с прослоями илов												
50	59	33	26	1,04	1,00	2,73	1,76	1,17	1,33	3	24	6
IbQ _{IV} – Глины легкие, пылеватые, с прослоями илов, текучепластичные												
50	52	30	22	0,87	0,94	2,74	1,66	1,11	1,46	3	16	9
IbQ _{IV} – Суглинки тяжелые, пылеватые, текучепластичные с прослоями ила												
35	37	22	15	0,87	0,83	2,70	1,70	1,26	1,14	2,5	10	12
mQ _{IVna} – Пески мелкие, рыхлые, с ракушей												
15					0,37	2,62	1,46	1,27	1,06	3,0	0	28
	Гранулометрический состав, %											
	> 10	10-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,005	<0,005			
	0,9	9,0	7,8	1,6	11,3	62,6	6,3	0,4	0.1			

Второй участок. Западной границей участка является плавная линия от станицы Курчанской к станице Черноерковской до станицы Новоджерелиевской, восточной границей является плавная линия по направлению от посёлка Южный к посёлку Соболевский и далее по территории г. Славянска на Кубани к станице Старонижестеблиевской. На этом участке в разрезе значительно уменьшается доля иловатых глин, иловатых суглин-

ков и почти исключается собственно илы. В тоже время опесчаненность толщи увеличивается. Наиболее характерными грунтами для этого участка являются глины, мягко- и тугопластичные суглинки и пески. По физико-механическим свойствам грунтов территория является условно благоприятной для строительства. На этом участке строительство системы оросительных и сбросных каналов позволило зарегулировать расход многочисленных водотоков. На значительной территории прекратился процесс затопления и заболачивания земель. Гидротехническое строительство оказало сильное влияние на гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории, в целом в лучшую сторону. Физико-механические свойства грунтов, характерные для второго участка представлены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические характеристики грунтов, распространенных на территории второго участка дельтовой равнины р. Кубани

Влажность природная $W_0, \%$	Влажность текучести $W_L, \%$	Влажность раската $W_p, \%$	Число пластичности, I_p	Показатель текучести I_L , д.е.	Степень влажности S_f , д.е.	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости, e	Общий модуль деформации E_k , МПа (естественный)	Сцепление, КПа	Угол внутреннего трения ϕ град.
						части грунта, ρ_s	грунта природного, ρ_d	скелета грунта, ρ_d				
laQ _{IV} – Глины легкие, пылеватые, от полутвердых до тугопластичных												
31	47	27	20	0,30	0,92	2,72	1,86	1,42	0,92	11	29	15
laQ _{IV} – Суглинки тяжелые, пылеватые, тугопластичные												
27	40	24	16	0,38	0,91	2,92	1,91	1,50	0,81	21	23	16
lbQ _{IV} – Суглинки легкие, пылеватые, мягкопластичные												
32	37	26	11	0,56	0,92	2,71	1,84	1,39	0,94	5	14	14
lbQ _{IV} – Пески пылеватые, средней плотности												
30						2,66	1,93	1,48	0,79	10	2	26
	Гранулометрический состав, %											
	>10	10-2	2-1	1-0.5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,005	<0,005			
	-	-	-	-	1,3	62,2	22,0	8,3	6,2			
lbQ _{IV} – Пески мелкие, средней плотности												
						2,66	1,92			11	0	28
	Гранулометрический состав, %											
	>10	10-2	2-1	1-0.5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,005	<0,005			
				0,4	39,5	39,0	7,1	7,0	7,0			

Третий участок. Западной границей данного участка является плавная линия от пос. Южный к пос. Соболевскому и далее по территории г. Славянска на Кубани к станице Старонижестеблиевской, восточной границей является положение станицы Марьянской. На этом участке в разрезе до глубины 10,0 м практически отсутствуют иловатые глины, иловатые суглинки. Характерными грунтами для этого участка являются глины и суглинки от полутвёрдых до тугопластичных и локально пески. В целом, территория является благоприятной для строительства. Физико-механические свойства грунтов, характерные для третьего участка представлены в табл. 3.

Таблица 3. Физико-механические характеристики грунтов, распространённых на территории третьего участка дельтовой равнины р. Кубани

Влажность природная $W_0, \%$	Влажность текучести $W_L, \%$	Влажность раската $W_p, \%$	Число пластичности, I_p	Показатель текучести I_L , д.е.	Степень влажности Sr , д.е.	Плотность, $г/см^3$			Коэффициент пористости, e	Общий модуль деформации E_k , МПа (естественный)	Сцепление, КПа	Угол внутреннего трения, ϕ град.
						части грунта, ρ_s	грунта природного, ρ_d	скелета грунта, ρ_a				
аQ _{IV} – Глины легкие, пылеватые, от полутвердых до тугопластичных												
33	48	28	20	0,21	0,96	2,73	1,86	1,4	0,95	10	29	12
аQ _{III} – Глины легкие, пылеватые, полутвердые												
25	40	21	19	0,21	0,99	2,73	2,02	1,62	0,69	24	40	21
аQ _{II} – Суглинки легкие, пылеватые, полутвердые												
20	30	18	12	0,17	0,92	2,70	2,04	1,70	0,59	25	31	24
аQ _I – Пески мелкие, плотные, насыщенные водой												
15					0,87	2,66	2,10	1,83	0,46	48	6	38
Гранулометрический состав, %												
	>10	10-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.1	0.1-0.05	0.05-0.005	<0.005			
-	0,9	1,6		43,6	36,0	4,5	4,5	4,5	4,4			

Если исходить из принципа, что можно строить везде, то вопрос заключается лишь в том, сколько вкладывать средств в мероприятия по инженерной защите, т.е. необходимо дать оценку пригодности территории для строительства с позиций экономической целесообразности. Под экономической целесообразностью надо понимать капиталовложения, необходимые

для инженерной защиты территории от опасных геологических процессов, с учётом специфических свойств грунтов, сейсмичности и рельефа.

Второй участок. Западной границей участка является плавная линия от станции Курчанской к станции Черноерковской до станции Ново-джерелиевской, восточной границей является плавная линия по направлению от посёлка Южный к посёлку Соболевский и далее по территории г. Славянска на Кубани к станции Старонижестеблиевской. На этом участке в разрезе значительно уменьшается доля иловатых глин, иловатых суглинков и почти исключаются собственно илы. В тоже время опесчаненность толщи увеличивается. Наиболее характерными грунтами для этого участка являются глины, мягко- и тугопластичные суглинки и пески. По физико-механическим свойствам грунтов территория является условно благоприятной для строительства. На этом участке строительство системы оросительных и сбросных каналов позволило зарегулировать расход многочисленных водотоков. На значительной территории прекратился процесс затопления и заболачивания земель. Гидротехническое строительство оказало сильное влияние на гидрогеологические и инженерно-геологические условия территории, в целом в лучшую сторону. Физико-механические свойства грунтов, характерные для второго участка представлены в табл. 2.

Третий участок. Западной границей данного участка является плавная линия от пос. Южный к пос. Соболевскому и далее по территории г. Славянска на Кубани к станции Старонижестеблиевской, восточной границей является положение станции Марьянской. На этом участке в разрезе до глубины 10,0 м практически отсутствуют иловатые глины, иловатые суглинки. Характерными грунтами для этого участка являются глины и суглинки от полутвёрдых до тугопластичных и локально пески. В целом, территория является благоприятной для строительства. Физико-механические свойства грунтов, характерные для третьего участка представлены в табл. 3.

Если исходить из принципа, что можно строить везде, то вопрос заключается лишь в том, сколько вкладывать средств в мероприятия по инженерной защите, т.е. необходимо дать оценку пригодности территории для строительства с позиций экономической целесообразности. Под экономической целесообразностью надо понимать капиталовложения, необходимые для инженерной защиты территории от опасных геологических процессов, с учётом специфических свойств грунтов, сейсмичности и рельефа.

Активная застройка дельтовой равнины небольшими поселениями началась с момента освоения этой территории под рисоводческое земледелие. В современный период эта территория активно не используется, поскольку объёмы сельскохозяйственных работ значительно сократились. Но на территории дельтовой равнины ведётся разведка нефтяных и газовых месторождений. После завершения разведочных работ и положительных выводов об освоении этой территории, необходимы будут рекомендации по размещению производственных помещений, нефтехранилищ и жилых посёлков.

В данный период, когда уже нами произведено обобщение и анализ инженерно-геологических и грунтовых условий, можно сделать следующие рекомендации для выбора площадок под строительство 10-12-ти этажных зданий.

1. На территории первого участка практически исключается строительство зданий с ленточным вариантом фундаментов. Рекомендуется строительство зданий со свайными вариантами фундаментов, при этом заглубление острия свай – не менее 15-18 м.

2. На территории второго участка возможно на локальных участках применение ленточных и плитных вариантов фундаментов. Строительство зданий со свайным вариантом фундаментов потребует меньшей длины свай. Необходимо уточнение глубины после конкретных изысканий.

3. На территории третьего участка практически повсеместно возможно строительство зданий с ленточным и плитным вариантом фундаментов. Строительство зданий со свайным вариантом фундаментов потребует заглубления не более 8,0-10,0 м.

Из вышеизложенного вытекает, что третий участок является наиболее благоприятным для строительства, поскольку там есть выбор вариантов фундаментов, и, в целом, любой из вариантов фундаментов будет дешевле, чем на граничащих участках дельтовой равнины.

Кроме того, территории населённых пунктов, расположенные на всей площади дельтовой равнины, являются благоприятными для застройки. За последние десятилетия в пределах населённых пунктов была произведена подсыпка искусственными грунтами, сооружены берегозащитные дамбы и хотя бы примитивные дренажные каналы для отвода ливневых вод, т. е. эти территории в какой-то степени подготовлены для дальнейшего строительства и необходимо лишь усовершенствовать мероприятия инженерной защиты.

ЛИТЕРАТУРА

Батурина А.Н., Соловьева Н.Ф. Карта инженерно-геологических условий территории Краснодарского края. Масштаба 1:200000. Краснодар. 1997.

Водопьянова О. Г., Чередниченко Л.И., Батурина А.Н., Кухарев И.Л. Карта инженерно-геологического районирования для строительства Краснодарского края. Масштаб 1:200000. Краснодар. 2004.

Чередниченко Л.И. Рельеф и четвертичные отложения Западного Предкавказья. Краснодар. 1979.

Б.И. Фридман

*Нижегородский государственный педагогический университет
им. М. Горького*

ПАЛЕОПОТАМОЛОГИЯ, ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТИНА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПРЕДОПРЕДЕЛЁННОСТЬ

Проблема определения зависимости рисунка гидрографической сети и гидрологического режима рек Нижегородской области от её тектонического строения, как и вся тема о геологической работе рек в истории их существования и палеопотамологических результатах этой работы, оказалась чрезвычайно многогранной и насыщенной фактическим материалом. Раскрывая содержание темы, мы пришли к выводу о необходимости рассмотреть следующие геологические и гидрологические обусловленности и закономерности речной сети, связанные с тектоническим строением территории: а) гидрографическая картина Нижегородского Поволжья; б) гидрографический рисунок речной сети и его тектоническая обусловленность; в) соотношение общего структурно-тектонического плана территории и характера распределения её речной сети; г) зависимость гидрологического режима рек от общих, глобальных эпейрогенических движений Русской платформы как единой структуры; д) зависимость течения рек от изменения тектонического соотношения структур; е) причины и возможности речных перехватов. В настоящей работе рассматриваются только три первых особенности: а, б и в.

В качестве тектонической основы для сопоставления тектонического строения и рисунка речной сети территории Нижегородской области используются схема блокового строения внутренней структуры фундамента и структурно-тектоническая карта сильно наклонённой на северо-северо-запад (от 0,9 км на юге до 3,25 км на северо-северо-западе) поверхности кристаллического фундамента, составленная Р.Б. Давыдовым [1974] с некоторыми незначительными нашими поправками. Эти данные о тектонической структуре области детализируются по результатам геологических съёмок, выполненных ФГУГП «Волгагеология», в которых автор принимал непосредственное участие.

Гидрографическая картина Нижегородского Поволжья. Вся территория Нижегородской области находится в бассейне Волги. Однако большая часть территории относится к той части этого бассейна, которая лежит выше устья Ветлуги. Но на крайнем северо-востоке области, в пределах Тоншаевского и частично Шахунского районов есть небольшая территория, которая дренируется реками Пижмой и её притоком Ошмой, принадлежащими бассейну Вятки. Воды этих рек попадают в Волгу далеко ниже по её течению, там, где в неё впадает Кама, притоком которой является Вятка. Водораздел Ветлуги и Вятки в Нижегородской области проходит по линии ур. Безденежные – с. Вязшино – с. Письменер – ур. Землешер – выс. 192 м – каз. 694 км – к западу от пос. Шайгино и далее на д. Журавли в Ша-

хунском районе, а оттуда к восточной части п. Вахтан, и далее к ур. Содомский и в Кировскую область.

Нижегородское Поволжье находится в гумидной зоне умеренного климата, для которой характерна избыточная увлажнённость. Это место рождения рек. Исключительно сильно развит родниковый сток. Начинают своё течение тысячи ручейков, речушек и больших рек. Всего их в области насчитывается до 9000 [География..., 1991]. Их общая протяжённость составляет более 33000 км. Длина более 600 рек – свыше 10 км. Эти реки имеют собственные географические имена. Длина 26 из них превышает 50 км, 16 рек – длиннее 100 км. Большинство самых крупных рек области – Волга, Ока, Сура, Ветлуга, Клязьма, Мокша, Алатырь, Пижма – являются транзитными. Остальные реки – Тёша, Пьяна, Керженец, Узола, Серёжа, Сундовик, Урга, Имза, Кудьма и другие остаются внутренними реками области. Основное направление стока вод области протягивается с запада на восток, в обход Токмовского свода. Только после того, как Волга преодолевает уступ твёрдых пород казанского яруса, поверхность которых на Вятском валу в Татарии определяет местный базис эрозии, Волга поворачивает на юг. Долина основной системы стока Клязьма – Низовая Ока (ниже впадения Клязьмы) – Волга (ниже впадения Оки), образующая Великую Волжскую аккумулятивную аллювиальную сниженную равнину, является очень сложной [Фридман, 1984, 1999, 2006]. Она имеет ширину до 100 км и более. В её пределах можно выделить доледниковую часть, где аллютерры (геологические тела аллювия речных террас, сохранившихся или разрушенных) перекрыты ледниковым комплексом отложений, и послеледниковую часть, в пределах которой хорошо выделяются в рельефе послеледниковые надпойменные террасы: две высокие среднеледниковые и две низкие позднеледниковые.

По нашему мнению, через Нижегородскую область, параллельно Низовой Оке и Волге проходит ландшафтно-геоморфологическая граница высокого порядка, разделяющая Северорусскую и Среднерусскую ландшафтные полосы Русской равнины. Природные комплексы Окско-Волжского левобережья и Окско-Волжского правобережья существенно различаются. Эти различия, как будет показано ниже, носят не только климатическую, но и структурно-тектоническую предопределённость. Реки левобережья, текущие в пределах южнотаёжной и подтаёжной зон, остаются полноводными круглый год, имея не только снеговое, но также, особенно летом, и болотное питание. Основные водные артерии левобережья – Узола, Линда, Керженец, Ветлуга имеют субмеридиальное направление течения.

В правобережье, где зона смешанных и широколиственных лесов в результате многовековой человеческой деятельности превратилась в полосу ополей с многочисленными открытыми пространствами занятыми лесостепной растительностью, реки имеют бурные короткие весенние половодья, но часто пересыхают в середине лета. Субмеридиональные артерии Ока и Сура протекают по западной и восточной границе области. Поэтому главные водные артерии правобережья ориентированы в субширотном направлении: Серёжа, Тёша, Северная и Южная ветви реки Пьяны, Мокша, Ала-

тырь, нижние течения рек Кишмы, Кудьмы, Имзы, Урги. Реки открытых пространств правобережья выполняют активную эрозионную работу, в связи с чем возникает относительно резко пересечённый рельеф [Кулинич, Фридман, 1975].

Зависимость рисунка речной сети от структурно-тектонических условий. В палеопотамологическом анализе одним из наиболее сложных является вопрос о зависимости гидрологического режима реки от особенностей тектонического строения и неотектоники территории. От тектоники зависит и рисунок гидрографической сети. Замечательный наш земляк, писатель и общественный деятель П.И. Мельников-Печерский (цит. по: 1993, с. 5), был одновременно выдающимся краеведом. Наверное, не найдёшь никого другого, кто бы смог так красочно и географически точно описать красоту и причудливость течения наших нагорных (правобережных) рек: «По иным местам нашей Руси редко такие реки найдутся, как Пьяна, Свияга до Кудьма. Ещё первыми русскими насельниками Пьяной река за то прозвана, что шатается, мотается она во все стороны, ровно хмельная баба, и, пройдя вёрст пятьсот закрутасами да изворотами, подбегает к своему истоку и чуть ли не возле него в Суру выливается, Свияга – та ещё лучше куролесит, подошла к Симбирску, версты полторы до Волги остаётся, – нет, повернула-таки в сторону и пошла с Волгой рядом: Волга на полдень, она на полночь, и вёрст триста реки друг дружке навстречу текут, а слиться не могут. Кудьма, та совсем к Оке подошла, только бы влиться в неё, так нет вильнула в сторону да вёрст за сотню оттуда в Волгу ушла, не захотелось сестрицей её быть, а дочерью Волгиной... И другие реки и речки на Горах все до единой извилисты». К этому мы можем добавить, что и у Оки есть такой приток, как Свияга, с той лишь разницей, что Ушна (Унжа-Елатминская) течёт параллельно Оке на юг, а Ока – на север. На узком гребне между Ушной и Окой, минимальной шириной всего лишь до 300 м, расположен г. Елатьма.

Выполненные в последние десятилетия подробные исследования аллювия крупных рек Нижегородской области позволили выявить одну из наиболее общих закономерностей длительного пути формирования речной сети и аллювиальных отложений – многофазовую ритмичную полициклическую эрозионно-аккумулятивный процесс, определяющую сложное и многоэтажное строение аллювиальных толщ. Установленное ранее для многих крупных долин перигляциальных и гумидных областей Северной Европы соответствие климатических и тектонических колебаний и фаз формирования аллювия подтверждено при изучении аллювия Оки и Волги. Осадконакопление происходило в условиях отрицательных фаз эпейрогенических колебаний, сопровождавшихся похолоданиями, сменой гумидного климата перигляциальным, а в отдельные времена и гляциальным, тогда как врезание русел осуществлялось в условиях положительных восходящих движений и одновременных потеплений, при переходе от ледниковой к межледниковьям. Это обстоятельство позволяет нам восстановить весь ход неотектонических эпейрогенических движений плиоцен-четвертичного времени в

Нижегородском Поволжье и определить его влияние на гидрогеологический режим рек этого региона.

Отражением в современном рельефе и рисунке гидрографической сети тектонического строения являются линеаменты – линейно вытянутые формы рельефа и направления течения рек, совпадающие с какими-либо нарушениями в структуре Земли: трещиноватостью, флексурами, разломами и т.п. Одной из главных причин, определяющих рисунок речной сети, были системы трещиноватости и положения разломов, возникающих по направлениям распространения этих систем. «В настоящее время установлено, что вся литосфера охвачена сеткой трещиноватости, которая представляет собой комбинацию из ортогональных (ориентированных вдоль параллелей и меридианов) и диагональных (имеющих северо-восточную и реже северо-западную ориентировку) систем трещин. Довольно чётко прослеживается обусловленность направления большинства крупных долин такой трещиноватостью (П.С. Воронин, 1968)» [Матвеев и др., 1975, с. 253]. Дешифрирование и анализ аэрофотоматериалов, космоснимков, средне- и крупномасштабных топографических карт обширной территории Нижегородской области [Фридман, 1981] позволил обнаружить три типа линеаментов и выделить три типа приуроченных к ним рек и речных долин, различающихся направлением течения и другими гидрологическими параметрами: диагональный, субмеридиональный и субширотный типы.

Соотношение общего структурно-тектонического плана территории и характера распределения её речной сети. В качестве основы наших исследований зависимости гидрологии рек от тектонического строения территории [Зеккель, 1948, Горецкий, 1974, Асеев, 1978, Мещеряков, 1981, Терентьев, Фридман, 1985], использованы представления о блоковом строении фундамента, о нескольких эпохах структурообразования, о разрастании катархейской первичной платформы, об унаследованном характере проявления неотектоники в зависимости от структуры территории. Свидетельством, по крайней мере, трёх эпох структурообразования, захвативших северо-восток Русской платформы, можно считать выявленные ранее три направления простирающихся линеаментов, к которым, как правило, приурочивается речная сеть. Каждому из этих направлений соответствуют речные долины разного вида, генезиса и порядка. Характер взаимного расположения различно простирающихся систем линеаментов, их принадлежность к различным в структурно-тектоническом и геологическом отношении участкам территории позволяют сделать суждение о разновозрастности и разной современной мобильности основных структурных единиц территории.

Линеаменты различных диагональных (преимущественно северо-восточных, также северо-западных) направлений ориентации приурочены, как правило, к основным положительным морфоструктурам Нижегородской области (Шахунским и Белолухским Увалам, а так же внутренним главным водоразделам Приволжской возвышенности, частично соответствующим структурным поднятиям осадочного чехла и блокам фундамента), которые сформированы над структурами наиболее древней карельской эпохи структурообразования фундамента. Структурами этой эпохи являются отдельные

жёсткие геоблоки некогда единой, но в позднем архее - раннем протерозое разорванной катархейской платформы. Линеаменты отражают внутреннюю структуру таких геоблоков. С этими линеаментам совпадают долины большинства малых рек области и их притоки или отдельные отрезки более крупных долин. Видимо, дифференцированные тектонические движения в пределах этих геоблоков в течение последующих эпох складчатости проявлялись слабо, либо вовсе не проявлялись. Поэтому долины рек здесь узкие и прямолинейные, но сами реки короткие. Чаще всего это реки первого-третьего порядка (по В.П. Философову). В пределах отдельных геоблоков линеаменты, а следовательно, и направления течения рек, как правило, располагаются субпараллельно, хотя в разных геоблоках они могут существенно различаться азимутом простирания, что свидетельствует о некоторых угловых и плановых перемещениях блоков первичной катархейской платформы, происходивших при её расколе и раздвижении (разрастании – по терминологии Р.Б. Давыдова [1974]). Видимо, в пределах этой первичной платформы ориентация отдельных линейных структур первоначально на всей территории была одинаковой. Поэтому мы часто наблюдаем параллельность русел близко друг к другу протекающих рек, приуроченных к одному и тому же геоблоку, к одной и той же системе трещиноватости, в то время как также протекающие субпараллельно реки другого геоблока могут иметь другие румбы направления течения.

Реки геоблоков имеют крутые продольные профили с частыми перекатами и порогами. Ширина пойм – от 0,3-0,7 до 3-4 км. Скорость течения непостоянна во времени и на разных участках русла: от 0,01 до 1-2 м/с. Долины глубоко врезаются в коренные породы, имеют характерную инсоляционную асимметрию склонов. Река как бы скатывается с одной денудационной ступени на другую, при этом её плёсы разделяются перекатами. Расходы малы – 0,001-0,2 м³/с, так как малы водосборные бассейны – 50-300 км². Крутизна продольных профилей – до 1-3 м/км. Изменения гидрологических параметров во многом определяются литологией слагающих русло пород.

Линеаменты субмеридионального простирания. Диагонально ориентированная система линеаментов прерывается, перекрывается системой линеаментов субмеридионального простирания, а последняя сама также обрубается линеаментами субширотного направления. Обе эти системы линеаментов отвечают межблоковым подвижным, мобильным в тектоническом отношении пространствам, в пределах которых структуры консолидировались на более поздних стадиях формирования фундамента Русской платформы. Относительная мобильность сохраняется в течение всей последующей истории геологического развития, причём если интенсивные тектонические движения по субмеридиональным системам происходят в позднем палеозое (учитывая их параллельность Уралу, можно сделать предположение о герцинском возрасте заложения этих структур) и завершаются в мезозое, то по некоторым системам субширотной ориентации они продолжают и поныне, т.е. могут быть интерпретированы как альпийские.

К системе линеаментов субмеридионального простирания приурочивают своё течение основные притоки Низовой Оки и Волги – реки четвёрто-

го-пятого порядка или отдельные отрезки более крупных рек. Наиболее крупными из них являются Унжа-Волжская (есть ещё Унжа-Елатьминская, впадающая в Оку), Юрьево-Нижегородский отрезок Волги, система Цна - Нижнеокский Елатьминско-Горбатовский отрезок Оки (до слияния с Клязьмой), Лух, Узола, Керженец, Ветлуга, Сура и др. Это уже крупные реки с площадью водосбора более 500-20000 км² (Ветлуга – 39000, Сура – 67500 км²). Долины их имеют, в основном, резко выраженную кориолисовую асимметрию и не менее трёх надпойменных террас. Скорости течения на плёсах 0,1-1,0 м/с, но на перекатах увеличиваются в 10 и более раз. Заметно повышается скорость течения и в паводки – до 10-15 м/с. Средние годовые расходы от 2 до 200 м³/с. Крутизна продольных профилей – до 0,5 м/км.

К системе субмеридиональных относятся также линеаменты, с которыми совпадают верхние течения рек Кишмы, Кудьмы, Ункора, Озёрки, Цеденя, Шавы, Сундовика, Имзы, Урги, Урынги, хотя большинство из них имеет заметное отклонение на северо-восток, и их субмеридиональность определяется, в основном, сменой северо-западного течения на северо-восточное или наоборот. Однако, приблизившись к Оке и Волге, эти реки меняют направление своего течения на субширотное: Кишма поворачивает на запад, а остальные реки на восток.

Наиболее ярко выраженными в рельефе являются *линеаменты субширотной ориентации*. Именно к ним приурочены основные наиболее сложные и крупные системы речных долин – Великая Волжская аллювиальная равнина, а на севере области система рек Бол. Какша–Пижда (так называемая Кротовская ложбина – по имени выделившего её П.И. Кротова) – Вая и на юге субширотные системы рек и «мёртвых» долин: Кишма-Богородская сквозная «мёртвая» долина [Белоозерова, Кулинич, 1962] – Кудьма – «мёртвая» долина Пра–Сундовика–Имза–Урга (к этой системе относятся лишь нижние субширотные части течения названных в этом списке рек); Серёжа – северная ветвь Пьяны; Тёша–Вадок–Южная ветвь Пьяны; Мокша–Сатис–Алатырь.

Согласно схеме геолого-тектонического районирования Р.Б. Давыдова [1974], большая часть территории Среднего Поволжья относится к Волжско-Камской антеклизе. Только на самом северо-западе Нижегородской области, где глубина фундамента опускается ниже 2500 м и достигает 3250 м, выделяются структуры Московской синеклизы. Северо-западный склон Волжско-Камской антеклизы [Давыдов, 1974, Фридман, 1999] осложнён вытягивающимися с юга на север и понижающимися в этом направлении Токмовской и Ульяновско-Сыктывкарской системами сводовых поднятий фундамента, разделёнными Сурско-Ветлужским прогибом, по которому текут навстречу друг другу Ветлуга и Сура.

Великая Волжская аллювиальная равнина (основное направление стока) пересекает эти тектонические системы по понижениям, разделяющим их отдельные своды. Клязьма, Низовая Ока и Волга ниже Нижнего Новгорода приурочены к следующим друг за другом с запада на восток отрицательным структурам фундамента: Лухской, Пырской, Линдовской, Нестиарской, Марийской. Эти структуры совместно образуют линейно вытянутую

систему депрессионных структур, называемую Владимиро-Казанской межей. Система рек Клязьма–Ока–Волга пересекает Токмовскую систему поднятий между Горьковским и Семеновским, а Ульяновско-Сыктывкарскую систему – между Сундырским и Санчурским сводами. Система основного стока чутко реагирует на пересекаемые ею основные субмеридионально простирающиеся структуры, отклоняясь на север и оставляя далеко выступающие к северу эрозионные мысы: на Токмовской системе – мыс Дятловых гор, образованный Окой и Волгой, на Ульяновско-Сыктывкарской – мыс в районе г. Козьмодемьянска.

Другая система депрессионных структур субширотной ориентации, ограничивающая Горьковский и Сундырский своды с юга, простирается примерно по субширотной линии г. Муром – г. Арзамас – г. Шумерля. Вдоль линеаментов этой системы протягиваются речные долины Тёши и Пьяны, а также соединяющие их «мёртвые» палео- и пра-долины. Неотектонические поднятия в области осевой части Токмовской системы привели к разрыву некогда более длинных рек, протекавших с востока на запад и принадлежащих бассейну Палео-Дона, а также к возникновению Окско-Сурского водораздела. Древние долины, пересечённые этим водоразделом, использованы для современного стока в разные стороны крупными правыми притоками Оки и левыми притоками реки Суры.

К субширотно ориентированным понижениям между отдельными выступами Токмовского свода приурочена на юге области долина Алатыря. На севере области в Пижминскую седловину между Санчурским и Котельничским сводами Ульяновско-Сыктывкарской системы вложена Кротовская ложбина, занятая в настоящее время растекающимися в разные стороны реками Бол. Какшей (приток Ветлуги) и субширотным течением Пижмы (приток Вятки).

Следует упомянуть и ещё одну линию субширотного простираения на водоразделе Ока-Волга с севера и Серёжа-Пьяна с юга. В своих верховьях небольшие отрезки течения некоторых из рек, спускающихся с этого водораздела на север, Кишма у с. Елизарово, Озёрка в окрестностях с. Берсеменово, нижнее течение р. Устамы, левого притока Сундовика к юго-востоку от с. Карабатово, а также коленообразный изгиб самого Сундовика к северу от с. Бол. Мурашкино), имеют субширотное направление, причём все они находятся почти точно на одной широте. Этот субширотный линеамент протягивается и дальше на восток, к субширотно текущим притокам Имзы, Урги в районе с. Троицкого и далее от Урынги по нижнему течению Курмышки и её левого притока у с. Деянова, восточнее которого Сура делает коленообразный изгиб к востоку. Следует предположить, что по этой широте проходит ещё один слабо выраженный разлом субширотного заложения.

Подтверждением тому, что Владимиро-Казанская межа относится к наиболее мобильным участкам территории Нижегородской области, мы находим при анализе карты современных вертикальных движений [Лилиенберг и др., 1972]. Положительные структуры в южной и северной частях Нижегородской области в настоящее время опускаются со скоростью 1,5-2 мм/год, тогда как ослабленные субширотно вытянутые депрессионные зо-

ны, вдоль которых протекает Клязьма, Ока и Волга имеют более высокую скорость прогибания – 2,8-3,1 мм/год. Неравномерная дифференциация современных вертикальных движений хорошо соответствует морфоструктурным особенностям территории.

Из сказанного следует, что все крупные реки Нижегородской области приурочены к линейным межблоковым морфоструктурам, обладающим наибольшей геотектонической мобильностью и выступающими над крупными отрицательными структурами поверхности фундамента. Долины этих рек характеризуются длительной и сложной историей своего формирования. В них обнаруживаются переуглубления, множество прислонённых и наложенных аллютерр (аллювиальных тел, погребённых и выходящих на поверхность), выделяются поймы, две низкие верхнеплейстоценовые и высокая среднеплейстоценовая террасы. Более древние раннеплейстоценовые, эоплейстоценовые и неогеновые террасовые уровни эродированы и погребены под накоплениями ледникового (днепровского?) комплекса. В долинах Ваи, Пьяны, Оки и Волги выявлено венедское раннеплейстоценовое переуглубление. Известны следы миоценовых и плиоценовых Палео-Волги, Палео-Пьяны, Палео-Тёши и верховий рек бассейна Палео-Дона. По субширотно вытянутой Владимиро-Казанской меже, пересекающей «валы» субмеридиональных систем сводовых поднятий происходит переток вод из Московской синеклизы в Казанский прогиб и далее в Прикаспийскую синеклизу.

Итак, все реки Нижегородской области по их тектонической приуроченности разделяются на *три группы*: а) реки субширотно вытянутых депрессионных систем, отличающиеся наиболее сложным строением и богатой историей своих долин (субальпийские); б) реки субмеридионально вытянутых межблоковых систем, для которых характерна сложность строения и разновозрастность отдельных отрезков долин, зависимость их течения от условий протекания рек первой группы (субгерцинские); в) малые реки внутренних частей геоблоков, согласующиеся с диагональной системой линейных элементов и отличающиеся наиболее простым строением долин (субкарельские).

Зависимость от тектоники гидрологического режима рек Нижегородской области и полицикличности их геологической истории будет описана во второй части работы.

ЛИТЕРАТУРА

Асеев А.А. Общие особенности строения речных долин СССР как показатель ритма колебательных движений земной коры. Геоморфология, 1978. № 2.

Белоозерова А.М., Кулинич Г.С. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200000. Лист О-38 XXXII (Горький). М.: Госгеолтехиздат. 1962.

Воронин П.С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л.: Наука. 1968.

География Нижегородской области. Н.Новгород: Волго-Вятск. кн. изд-во. 1991.

Горецкий Г.И. Основные проблемы палеопотамологии антропогена // Бюлл. ком. по изуч. четверт. периода. 1974. № 42.

Давыдов Р.Б. Тектоника и нефтегазоносность Среднего Поволжья. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ВНИГНИ. 1974.

Зеккель Я.Д. О влиянии структурных особенностей на направление речных долин Русской равнины // Пробл. физич. географии. М.-Л.: Изд. АН СССР. 1948. Вып. 13.

Кулинич Г.С., Фридман Б.И. и др. Некоторые аспекты истории формирования рельефа территории Горьковской области // Вопр. физич. геогр. Горьковской обл. Вып. 2. Горький: ГГПИ им. М. Горького. 1975.

Лилиенберг Д.А., Сетунская Л.Е., Благоволит Н.С. и др. Морфоструктурный анализ современных вертикальных движений Европейской части СССР // Геоморфология. 1972. № 1.

Матвеев А.В., Костко А.А., Сокол Л.А. Рельеф ложа антропогенного покрова центральной и западной частей Русской плиты // Стратиграф. и палеогеограф. Антропогена. Минск: Наука и техника. 1975.

Мельников П.И. (Андрей Печерский) На Горах. Роман в 2-х кн. Кн. 1. Иваново: Фора. 1993.

Мещеряков Ю.А. Задачи и методы геолого-геоморфологических исследований при изучении современных тектонических движений // Рельеф и современная геодинамика. М.: Наука. 1981.

Терентьев А.А., Фридман Б.И. Влияние тектоники на изменение гидрологического режима рек Горьковской области // Водные ресурсы, их использование и охрана. Горький: ГГПИ им. М. Горького. 1985.

Фридман Б.И. Геоморфология Шахунских Увалов // Геоморфология. 1981. № 3.

Фридман Б.И. Некоторые результаты палеопотамологических исследований Великой Волжской аллювиальной равнины в Волго-Вятском районе // Возраст и генезис переуглублений на шельфах и история речных долин. М.: Наука. 1984.

Фридман Б.И. Рельеф Нижегородского Поволжья. Н. Новгород: НГЦ. 1999.

Фридман Б.И. Полевой практикум по геологии. Н. Новгород: Изд-во Волго-Вят. академии гос. службы. 2006.

А.В.Чернов, О.В. Кораблева

Московский педагогический государственный университет

ДИНАМИКА ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК НИЖЕГОРОДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ р. КЕРЖЕНЕЦ)

В Нижегородском Заволжье реки относятся к бассейну Волги, преобладающее направление их течения – с севера на юг, русла и поймы слоены преимущественно песками и супесями. Такое литологическое строение способствует активному размыву берегов. Наряду с размывами в руслах

происходят процессы аккумуляции донных наносов, накопление аллювиальных отложений. Широкое распространение легкоразмываемых пород, в которых сформировалась долина р. Керженца, песчаный аллювий, высокая внутригодовая изменчивость водности реки в половодье и межень отразились на характере образования поймы. Пойма и русло рек представляют собой единую геосистему «русло – пойма» и них протекающие, взаимосвязаны, влияют друг на друга в прямой и обратной связи» [Чернов, 2009]. Эта геосистема образует пойменно-русловой комплекс (ПРК) [Беркович и др., 1996] – природный комплекс, расположенный на днищах речных долин и включающий в себя русло реки и ее пойму, а также уступы террас или коренных берегов.

Подробные исследования ПРК были проведены на одной из рек Нижегородского Заволжья – р. Керженец, в среднем течении которого на левом берегу в 1993 г. был образован Керженский заповедник. Одной из основных задач Российских заповедников является изучение естественных процессов в природных комплексах, что и способствовало проведению здесь исследований русловых и пойменных процессов. Наличие необходимого информационного и картографического материала, космоснимков, полевые ландшафтные исследования нескольких лет по профилям позволили выделить типы ПРК, рассмотреть процессы внутри них.

На большей части своего протяжения русло Керженца меандрирует, образуя свободные излучины, пойма в целом имеет сегментно-гравитный рельеф, где в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности реки в рыхлых отложениях образуется аккумулятивный ПРК с двусторонней поймой (I-й тип ПРК). Данный комплекс преобладает над цокольным ПРК с односторонней поймой (II-й тип ПРК), который выделен на участках прямолинейного русла, там, где близко к поверхности подходят коренные верхнепермские породы. Русло врезано в них, они же слагают цоколь поймы, вскрывающийся в основании пойменных яров. Каждый ПРК в свою очередь включает в себя составные части – природно-территориальные комплексы (ПТК) с характерными особенностями: это не только рельеф и отложения, которыми они сложены, но и почвы, растительность, животный мир. Динамика пойменных ПТК выражается в направленном развитии, свойственном для поёмного режима, где можно выделить основные тенденции: усложнение пойменных ПТК от первичных молодых (элементарных) образований до сложнопостроенных береговых массивов поймы (изменение горизонтальной структуры ПТК). В процессе накопления пойменного аллювия происходит изменение и вертикальной структуры ПТК.

Особенности динамики были изучены на основе ступеней многолетних состояний – фаз и подфаз развития, рассмотрены И.И. Мамай [2005]. Наиболее активно процесс аккумуляции вещества идет непосредственно на выпуклых берегах излучин; здесь появляется первичная растительность, которая подтверждает, что формируется молодой (элементарный) участок поймы, отличающийся от другой – зрелой поймы своей молодостью. Длительность данной фазы – зарождения и становления поймы – составляет 50-100 лет. В начале это лишь сами речные отложения, почвы нет и нет расте-

ний, лишь отдельные случайные. Далее поселяются ивы, белокопытник и осоки, почв еще нет, но возможны появления небольших пятен гумуса, формирующегося на тонком пойменном наилке. Процесс образования молодого участка поймы завершается начальной стадией формирования почв и господством луговой растительности, появляются всходы древесной растительности.

Зрелая часть поймы менее подвержена затоплению – здесь оно происходит нечасто и на небольшую глубину; в половодье на пойме осаждаются наилок из более мелких частиц. При этом уменьшение их размера начинается от русла, о чём свидетельствуют верхние горизонты почвы своим механическим составом. Зрелая пойма характеризуется слоистыми почвами, находящимися на разных стадиях формирования; на ней уже можно произвести выделение ПТК прирусловой, центральной и притеррасной пойменных зон. Прирусловая и центральная поймы находятся в фазе устойчивого существования и медленного развития, длительность которой составляет несколько сотен, а иногда и тысяч лет. Прирусловая пойма с ее приподнятыми поверхностями, высокими гривами и наложенными прирусловыми валами занята сосняками можжевелево-зеленомошными и разнотравными дубняками и липняками мертвopoкpoвными и разнотравными на дерновых примитивных песчаных почвах, реже под широколиственными лесами на суглинистых почвах. Лежащие гипсометрически ниже гривистые, реже почти плоские поверхности центральной зоны высокой поймы образуют сложную мозаику ПТК, где чередуются сосняки с подростом липы и клена, ельники с дубом и липой, неморально травяные, липняки неморально травяные, березняки с липой разнотравные, березняки влажнотравные, последние – на перегнойно-глеевых почвах, другие – чаще всего на дерновых слоистых супесчаных, реже на луговых слоистых суглинистых почвах.

Притеррасная часть поймы соответствует фазе смены старого ПТК новым, которая описана И.И. Мамай [2005]. Распадаются старые связи в ПТК и зарождаются новые. Притеррасная часть поймы примыкает к I-й террасе р. Керженец и понижена по сравнению с другими частями поймы – ее высота в среднем составляет 2,5 м над урезом реки. В этой части поймы на оторфованных почвах произрастают осиновые, еловые и черноольховые с березой и липой преимущественно влажнотравные леса. Притеррасная пойма всегда в той или иной мере заболочена, наиболее пониженные участки рельефа заняты старицами. Рассмотренные стадии многолетних состояний ПТК, с выделением фаз развития характерны только для аккумулятивного ПРК.

Второй тип ПРК - цокольный ПРК с односторонней поймой, имеет некоторые различия и в морфометрии, и в морфологии поймы. Он характеризуется маломощным аллювием, залегающим на морене днепровского оледенения (глины и суглинки с обломочными отложениями) или коренных породах (глины и мергели пермского возраста), образуется цоколь в обнажениях поймы и пластов непосредственно в русле [Фридман, Кораблева, 2001]. Боковой эрозии на таких участках не происходит, т.к. берега сложены достаточно устойчивыми породами. Здесь происходит формирование не-

полного ПРК с односторонней зрелой поймой и адаптированным относительно прямолинейным руслом. Молодая пойма здесь, практически, отсутствует.

Несмотря на относительно прямую конфигурацию русла, рельеф поймы в пределах цокольного ПРК представлен крутоизогнутыми гривами, т.е. является сегментно-гривистым. Очевидно, что он образовался на предыдущей стадии развития ПРК, когда русло Керженца здесь меандрировало так же, как оно меандрирует сейчас выше по течению в пределах аккумулятивного ПРК. Вероятно, в относительно недавнее время здесь произошел врез русла в трудноразмываемые породы и морфодинамический тип его изменился; в рельефе поймы эти изменения пока никак не отразились, т.к. формирование современной поймы, способной учесть эти изменения, здесь происходит в очень ограниченных масштабах.

Ландшафты прирусловой зоны зрелой поймы в пределах цокольного ПРК отличаются от предыдущего типа ПРК тем, что имеют более богатую легкосуглинистую почву и часто представлены дубравами либо ельниками, в понижениях с осинниками. Центральная пойма большей частью представлена широколиственными и хвойно-широколиственными лесами иногда с осинами на средне- и иногда тяжелосуглинистых почвах. В при-террасных понижениях преобладают черноольховые березняки или черноольшанники влажнотравные преимущественно на болотных аллювиальных иловато-торфяных почвах, подстилаемые моренными или коренными отложениями. Кроме естественных ПТК в пойме реки были отмечены ПТК, нарушенные пожарами, вырубками, а в прирусловой пойме – рекреационной деятельностью.

В цокольном ПРК присутствует и последняя фаза его развития, в которой происходит формирование надпойменной террасы. ПТК в таком случае представлены сосняками бруснично-зеленомошными и ландышево-лишайниковыми в подросте с дубом на дерново-поверхностно-подзолистой, во втором случае – на дерново-неглубоко-подзолистой почве.

Надо учитывать, что не все ПТК полностью пройдут все фазы своего развития. Смена одного комплекса другим может произойти на любой из фаз или подфаз. Это важно знать для правильного прогноза свойств нового ПТК. Обычно к одному виду ПТК относят все комплексы с одинаковым набором компонентов. Однако, как отмечает И.И. Мамай [2005], интегральным показателем фаз и подфаз развития ПТК являются почвы. Рассмотренные изменения свойств ПТК в процессе его развития свидетельствуют о том, что у ПТК могут быть разные виды почв, но тип почвообразования будет одинаковым (дерновый, болотный). Растительность не всегда может быть таким диагностическим признаком из-за того, что её набор легче нарушается. Нарушение растительного покрова может произойти на любой подфазе развития. Это вызовет сукцессионные смены, но не остановит развития, хотя может его ускорить или замедлить.

Таким образом, формирование морфологической структуры ПРК определяется прежде всего литологией пород слагающих пойму и русло реки и характером деформаций русла. Изменение в пространстве и во вре-

мени основных факторов формирования поймы приводит к различиям в ее строении, почвенно-растительном покрове, динамической структуре ее ландшафта.

Самым стабильным является цокольный ПРК с прямолинейным руслом и односторонней поймой: здесь эрозионно-аккумулятивная деятельность не проявляется в полную силу из-за ограничивающего литологического фактора. Аккумулятивный ПРК испытывает на себе влияние всех динамических процессов, присущих меандрирующей реке: это и размывы берегов, образование отмелей и молодых пойменных участков, изменение русла, и вместе с этим образование стариц, затем староречий и создание новых ПТК..

ЛИТЕРАТУРА

Беркович К.М., Чалов Р.С., Чернов А.В. Экологическое состояние пойменно-русловых комплексов Европейской части России (факторы, критерии, районирование) // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование, последствия. М.: МГУ, 1996.

Мамай И.И. Динамика и функционирование ландшафтов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005.

Фридман Б. И., Кораблева О. В. Геология и рельеф Керженского заповедника // Труды Гос. природ. заповедника «Керженский». Т. 1. Ниж. Новгород: 2001.

Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: ООО «Крона», 2009.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А.А. Ажигиров, Н.А. Волкова

Московский педагогический государственный университет, Центр «ДОД»

ИЗУЧЕНИЕ ЭРОЗИОННО-РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЛАНДШАФТНОЙ ПРАКТИКЕ В Г. ПРИМОРСКЕ

На протяжении 2007-2009 гг. на ландшафтной практике географического факультета МПГУ студенты 3-ого курса занимались эрозионно-русловыми исследованиями в окрестностях г. Приморска Ленинградской области. Работы проводились совместно со старшеклассниками из экологического объединения Центра «Дополнительного образования детей». Самостоятельно под руководством директора Центра Н.А. Волковой школьники проводили полевые маршрутные обследования и мониторинг в долине р. Ермиловки и ручья Банного, в различных ландшафтах южнотаёжной зоны на юге п-ва Киперорт и на перешейке, расположенном между Ключевской бухтой и заливом Ермиловский на севере и юге; между проливом Бьёркезунд на западе и системой озёр на востоке. Полустационарные исследования ручья Банного ведутся, начиная с 2004 г. и по настоящее время. В 2011-2014 гг. будут осуществлены эрозионно-русловые исследования главной реки района практики – р. Ермиловки. Все измерения и определения морфометрических, эрозионных и русловых параметров проводятся по упрощённой методике НИЛ им. Н.И. Маккавеева МГУ с применением экспресс-методов и разработанных Центром мини-лабораторий – НКВ «Крисмас+», «Пчёлка»; тест-комплектов «Карбонаты и гидрокарбонаты», «Кислотность почв», «Аммоний» и других.

Речная сеть территории довольно густая и представлена речной системой р. Ермиловки с многочисленными притоками в виде ручьёв, впадающих в главную речку под углом 45° (перистая система) слева и справа (Каменный, Мельничный, Кривень и др.) и самостоятельными ручьями, впадающими в озера, бухты, заливы и пролив Бьёркезунд (Часовой, Банный, Мельничный-северный и др.).

Эколого-эрозионные исследования проводятся в естественных (лесные массивы), природно-антропогенных (с/х земли - картофельные поля, огородные и дачные участки) и антропогенно-изменённых (собственно город) ландшафтах.

За последние 5 лет установлено, что наибольшие загрязнения зафиксированы в районы городских котельных, работающих на мазуте, вдоль шоссе и железной дороги Приморск – Санкт-Петербург. Основная причина – кислотные дожди и последующий смыв почвы. В будущем определённую опасность для береговой зоны и города может представлять нефтяной терминал в 5 км к югу от города, если не будут жёстко внедряться почво- и водоохранные меры. Большую опасность представляет вырубка леса в несколько десятков га между шоссе и городским пляжем. Здесь наблюдается

наибольший поверхностный смыв почвы в виде струйчатого и бороздкового. В настоящее время от заиления и загрязнения акваторию Финского залива защищают лесная полоса из пиний и песчаный пляж шириной до 50 м. На с/х участках также отмечается значительная эрозия (до сотен кг/га в год) и загрязнение почв удобрениями (особенно нитратами, нитритами и аммонием), ядохимикатами и кислотными дождями. В лесу почвы несмытые и незагрязнённые.

Ручей Банный длиной 7 км и шириной до 3 м представляет собой постоянно-временный водоток глубиной до 0,5 м. Например, в 2006 г. он пересыхал на 50% своей длины в отсутствие дождей с мая по октябрь. Скорость течения изменяется от 0,2 до 0,5 м/с, жидкий расход – от 0,2 до 0,5 м³/с. Ручей протекает в свободном прямолинейном русле, в некоторых местах оно забрано в коллекторы – водоводы под основным шоссе и железной дорогой. Исток ручья – родник подземных вод, незамерзающий в среднесуточные зимы. Источники питания ручья: снеговое (50%), дождевое (30%) и подземное (20%). Устье является эстуарием, вытянутым в длину в сторону города: интенсивно зарастает камышом и осокой, мелеет за счёт эрозии почв. Во время приливов устье заливается морской водой и осолоняется. Долина занята смешанным лесом – сосна, ель, берёза и ольха. Пойма высотой 0,7-1 м сильно заболочена. Отмечается асимметрия поперечного профиля – правый берег – высокая пойма до 1м, левый – низкий и пологий (0,2 м, уклоны до 1°), сильно заболочен. Литология русловых пород не однородна: в верхней части преобладают ил и мелкий песок; в средней – песчано-суглинистые отложения с отдельными валунами 0,5-1 м; в низовье – песок, ил, валуны и небольшие глыбы диаметром до 2 м. В русле отмечаются порожистые участки (валуны, глыбы, поваленные деревья), водопады и естественные быстрины, боковая эрозия берегов, особенно в среднем течении.

Гидрохимический анализ воды в нижней части ручья и в заливе Катер-Лахти показывает повышенную кислотность (pH=5,5-6,5), превышение общего железа по сравнению с ПДК в 3 раза и аммония в 1,5-2 раза; цветность воды превышает в 5 раз как санитарно-гигиенические, так и рыбохозяйственные нормы для пресноводных рыб и рыб залива (100 и 100 против 20 и 20 градусов). С 2007 г. проводятся гидробиологические исследования, изучается зообентос в ручье.

Рациональные своевременные противоэрозионные, экологические, почво- и водоохранные мероприятия за 4 года привели к возвращению в ручей и в акваторию залива Катер-Лахти веснянок, подёнок, ручейников, трубочников и ракообразных (водяной ослик) и, наконец, приведут к возвращению форели. Ведь Банный ручей исконно назывался «Форелевая речка».

Д.Н. Айбулатов

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА р. АНГРАПА В ЧЕРТЕ ГОРОДА ЧЕРНЯХОВСКА *

Калининградская область находится в зоне избыточного увлажнения и обладает разветвлённой речной сетью, множеством озёр и болот, а также антропогенных водных объектов – каналов и прудов. В области находится большой массив польдеров. Реки Калининградской области принадлежат в основном к бассейнам Преголи и Немана. К сожалению, русловые процессы на реках этого региона изучены слабо, хотя многие крупные города находятся на берегах рек. Реки Преголя и Неман на некоторых участках судоходны.

В ходе зимней научной студенческой экспедиции по просьбе администрации г. Черняховска были изучены русловые процессы на р. Анграпа в пределах города с целью выявления их опасности для народного хозяйства. Участок обследования реки составил около 6 км выше слияния рр. Анграпа и Инструч. Русло реки, врезанное прямолинейное на участке реки 5-4,5 км и 3,5-2,7 км от устья. Остальной участок реки представлен врезанными микро-излучинами. На расстоянии 10 км от слияния с рекой Инструч, расположена сегментативная излучина.

Промерными работами на некоторых участках р. Анграпа были измерены глубины до 5-7 м при ширине русла 30-40 м. Средние скорости течения варьировались от 0,2 до 0,4 м/с. Донные отложения представлены у берегов в основном илом, на стрежне – песком.

Изучение горизонтальных деформаций производились визуальными методами, с последующим картированием зон горизонтальных деформаций берегов. Во время наблюдений измерялись различные параметры размывов (длина участка, высота и т.п.). В данный момент довольно значительные участки берегов в черте города Черняховск подвержены интенсивному размыву, в некоторых местах берег вплотную подошёл к постройкам. Берегоукрепительные сооружения, построенные у новой набережной, справляются со своими функциями.

Организацией «Дом-Замок Инстербург» были любезно предоставлены архивные карты города Черняховск (Инстербург) с 1700 г. по наше время. Путём совмещения Восточных прусских карт с современными и с космическими снимками установлено, что за 300 лет в черте города произошли незначительные горизонтальные деформации. Анализ архивных фотографий конца XIX – начала XX века выявил, что в то время берега р. Анграпа были укреплены и засажены деревьями, что предотвращало размыв. В современный период за защитой берегов никто не следит, что может привести к активизации горизонтальных деформаций и негативным последствиям.

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 09-05-00339), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт 02.740.11.0336).

Ю.А. Андрианов

Московский автомобильный институт

АВАРИИ МОСТОВ КАК РЕЗУЛЬТАТ РАЗВИТИЯ АНТРОПОГЕННЫХ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Многолетний опыт эксплуатации мостовых переходов (и других инженерных сооружений на водотоках) показывает, что при отсутствии ограничения размыва по геологическим условиям (например, скалы) в аллювиальных грунтах оснований речных сооружений наряду с природными и антропогенными русловыми деформациями (и, в частности, с общим размывом) неизбежно развиваются и локальные ямы местного размыва.

Так, например, ямы местного размыва у мостовых опор, как правило, опережающие по глубине и дополняющие прочие разновидности размыва подмостового русла, нередко играют роль «роковой последней капли» в ослаблении несущей способности грунтов оснований опор, приводящей к потере их устойчивости и обрушению мостов.

Эксплуатационная надежность мостов зависит, в первую очередь, от правильного назначения -глубин заложения фундаментов мостовых опор на основе прогноза размывов на стадии проектирования. Такой прогноз является результатом сложных расчетов с учетом ряда факторов: общего размыва под мостом, местного размыва у опор, русловых деформаций природного и антропогенного характеров, несущей способности и других характеристик грунтов оснований опор, параметров речного потока, типа и особенностей конструкции фундаментов опор.

Нередко аварии мостов являются следствием ошибочного прогноза суммарной глубины размыва от указанных выше факторов на стадии проектирования. По данным Министерства транспорта США (NYSDOT), более 60% аварий мостов происходит из-за разного рода размывов грунтов оснований опор и конусов мостов. Особенно часто допускаются опасные, неподдающиеся оценке ошибки в прогнозе глубины местного размыва у опор вследствие несовершенства методов его расчета, основанного на эмпирических формулах (см. приложение 1), дающих недопустимые отклонения любого знака расчетных глубин от натурных.

Это объясняется отсутствием теоретического решения проблемы прогноза местного размыва – сложной задачи трехмерной гидравлики, а также многообразием представлений о механизме формирования и процессе развития ям местного размыва; отсюда и отсутствие до настоящего времени надежной общепризнанной методики определения глубин ям местного размыва у опор мостов и других инженерных сооружений на водотоках.

Вследствие ненадежности прогноза глубин местного размыва в практике проектирования инженерных сооружений на водотоках сложилась опасная неопределенность в установлении расчетных глубин заложения их фундаментов.

Такая неопределенность, с одной стороны, является причиной вынужденного, произвольного увеличения глубины заложения фундамента, а нередко и перехода на более дорогой тип фундамента с целью безусловного обеспечения устойчивости сооружения. Разумеется, подобные решения приводят к дополнительному расходу строительных материалов и трудовых ресурсов, а также к увеличению стоимости строительства речных инженерных сооружений.

С другой стороны, указанная неопределенность оказывается причиной недостаточного глубокого заложения фундамента, что впоследствии может привести к потере устойчивости сооружения при пропуске паводка близкого к расчетному, или к необходимости принятия экстренных или профилактических (превентивных) мер по усилению фундаментов сооружений.

Таким образом, следует признать, что первопричиной большинства аварий, например, мостов (-60%) является неучет или неверный, ошибочный прогноз русловых деформаций под мостами еще на стадии проектирования, что впоследствии (уже на стадии эксплуатации мостов) и приводит к подмыву фундаментов опор, и (или) конусов, потери их устойчивости и последующему обрушению пролетных строений.

Следует также признать, что негативными последствиями упомянутой опасной неопределенности являются огромные эксплуатационные расходы на так называемую «водоборьбу», т.е. на осуществление противоразмывных мероприятий, на ремонт и восстановление сооружений мостовых переходов и других инженерных сооружений на водотоках (труб, быстротоков и т.д.), поврежденных или разрушенных во время прохода паводков, близких к расчетным.

Анализ работы традиционных средств защиты от размыва, основанный на результатах экспериментальных исследований и натурных наблюдений, показывает, что ограниченность срока их службы является следствием неблагоприятного сочетания определенных свойств и недостатков, присущих этим средствам, с закономерностью развития размыва грунта оснований сооружений, защищенного указанными традиционными средствами.

Установлено, что местный размыв основания сооружения, расположенного в потоке и защищенного традиционными средствами, например, каменной неброской, развивается как за счет смыва с поверхности защитного материала более мелких его фракций, так и за счет суффозии.

Традиционные средства защиты выбираются, как правило, с таким расчетом, чтобы крупность их отдельных элементов была достаточной для предотвращения их смыва водным потоком. Однако именно это обстоятельство, способствуя увеличению размеров (объемов) зазоров и пустот в защитном средстве, повышает темп (скорость) суффозии грунта основания сооружения.

Общий основной недостаток традиционных средств защиты заключается в том, что они состоят из отдельных жестких элементов и не обеспечивают изоляции защищаемых фунтов от водного потока, необходимой для

предотвращения суффозии грунта оснований сооружения. Наличие в традиционных средствах защиты множества зазоров и пустот исключает возможность образования плотного их сопряжения с защищаемым от размыва грунтом основания и создает необходимые и достаточные условия для развития процесса суффозии фундаментов оснований сооружений под воздействием сложной кинематической структуры водного потока. Вследствие суффозии грунтов оснований наблюдаются необратимые деформации традиционных защитных средств (оседание, погружение в грунт и т.д.), сопровождающиеся полным или частичным восстановлением (регенерацией) ям местного размыва у сооружений на водотоках.

Поэтому традиционные средства защиты не предотвращают местный размыв, а только замедляют интенсивность (темп, скорость) его развития. Чем выше темп суффозии грунтов оснований, тем быстрее разрушаются (деформируются) защитные средства и восстанавливаются (регенерируются) воронки местного размыва. Следовательно, срок службы защитного средства определяется временем, которое необходимо для полного восстановления (регенерации) ямы местного размыва у сооружения.

Антиразмывная композиция Ю.А. Андрианова (АКА, пат. РФ № 1718721) и бутوماстичная система (БС, пат. РФ № 802447), в отличие от традиционных средств защиты, обеспечивают с защищаемыми сооружениями и их грунтовыми основаниями прочно-плотное сопряжение, исключают суффозию фунтов, и предотвращение развития ям местного размыва у опор мостов и других речных и морских сооружений. Поэтому применение этих средств защиты позволяет сохранить (стабилизировать) несущую способность оснований и устойчивость указанных сооружений и, следовательно, обеспечить их эксплуатационную надежность.

Антиразмывная композиция разработана специально для защиты оснований речных и морских сооружений от размыва и представляет собой однородную изотропную систему с регулируемыми на стадии приготовления реологическими свойствами, стабильными по времени.

По своим реологическим свойствам АКА является нерастворимым в воде, вязко-пластичным материалом плотностью $3,5 \text{ т/м}^3$ и выше, что существенно больше плотности бетона или естественного камня (не более $2,6 \text{ т/м}^3$). АКА обладает достаточной прочностью на разрыв, необходимой пластичностью (в горячем состоянии - текучестью) и большой плотностью, что и обеспечивает ей исключительную стойкость к размыву (даже при критериях Фруда больших 1, т.е. при бурных потоках).

АКА водостойка, гидрофобна и безвредна для жизнедеятельности гидробионтов. Со временем АКА способна обрастать биологической (водоросли, грибки, слизь) пленкой, благодаря чему соприкосновение ее с окружающей водной средой может прекратиться.

В целях обеспечения охраны окружающей среды Главгосэкспертизой Минприроды, а также Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожной гигиены (ВНИИЖГ) Главного санитарного управления МПС проведены экологические экспертизы АКА, по результатам которых

даны разрешения на ее применение в окружающей среде для защиты оснований речных и морских сооружений от размыва.

В соответствии с формулой изобретения (пат. РФ № 1718721) АКА состоит из следующих компонентов (масса, %): вяжущее (битум или гудрон) – 14...16%; органический растворитель (растительное, соляровое и другие масла) – 4...6%; металлическая руда (гематит, барит, галенит, магнезит) или порошок металла – остальное.

Основным компонентом состава АКА (более 80% массы АКА) является помолотая руда или ее концентрат плотностью 4,2...4,5 т/м³, добываемые горно-обогатительными комбинатами (ГОК) в количестве десятков миллионов тонн ежегодно.

Важнейшей составной частью АКА является вяжущее (гудрон или битум), обеспечивающее пластичность и связность (вязкость) АКА.

Стоимость АКА составляет (в ценах 200S г) ориентировочно 2,0 тыс.руб. за т. или 6,0 тыс.руб. за м.

Для снижения расхода АКА и стоимости защиты оснований сооружений от размыва целесообразно применять АКА совместно с традиционными средствами защиты, например, с каменной наброской в соответствии 1:3 по объему; при этом образуется новый материал, аналогичный низкодисперсным суспензиям., условно названный бутوماстичной системой (БС).

Бутوماстичная система (пат.РФ № 802447) столь же надежна и эффективна, как и АКА, но значительно дешевле, поскольку стоимость 1 м БС составляет (в ценах 200. г) ориентировочно 2,0 тыс.руб.

С 1978 г. АКА и БС успешно используются в качестве средств защиты от размывов оснований, опор мостов через р. Тускарь в г. Курске, через р. Днестр у с. Засесце, через р.Стрый в г. Жидачев и др.

И.К. Андронаке

Бухарестский университет, Румыния

АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ БОЛЬШОЙ ПОЙМЫ БАЛТА-БРЭИЛЕЙ

Большая пойма Балта-Брэилей – самая обширная часть поймы между главными рукавами Дуная (Мэчин, Вылчиу и Судоходный Дунай), которая начинается ниже острова Гыска и протягивается по правому берегу Хыршовы до Брэила, являясь северной частью бывшей «Поймы Дуная».

До строительства дамбы и осушения поймы Балта-Брэила представляла собой комплекс озёр, рек, отмерших рукавов, а также прирусловых валов («балок») вдоль рукавов и проток. Благодаря интенсивным процессам накопления аллювия в Балта-Брэилей представлены самые высокие уровни поймы. Здесь, прирусловые валы наиболее широкие и устойчивые, представляют собой настоящие аллювиальные равнины, шириной до 3-4 км, озёрные котловины невелики. В северной части поймы береговые валы узкие (до 500 м), но имеется

значительное число стариц и покинутых рекой рукавов. В период весеннего половодья эта зона почти полностью затапливается. В это время только линейно вытянутые заросли ивы являются особым признаком, который позволяет разграничить главные рукава и части поймы.

Эрозионные процессы развиты ограниченно и проявляются на берегах и валах с крутыми склонами, где размываются протоки по которым воды половодья непосредственно проникают в большие центральные озёрные низменности. Глубинная эрозия зависит от амплитуды колебания уровня воды. Одновременно с эрозией развиваются аккумулятивные процессы: быстрое накопление аллювия; вторичное разветвление некоторых второстепенных рукавов; объединение островов. Главнейшую роль имели накопления в период паводка, когда большое количество материала было отложено, особенно на площади низменностей. В зависимости от колебаний уровня воды аллювий поступает в понижения либо прямо через «балки» (во время половодья), либо через речки и протоки (в межень), отлагаясь в небольших озёрных низменностях, которые далее постепенно заполняются наносами.

Рельеф поймы Балта-Брэилей представлен главными «балками», окаймляющими в виде полос основные рукава, «балками» проток и болотно-озёрными равнинами.

Пойма Балта-Брэилей является климатическим оазисом благодаря увлажнённости её поверхности, небольшим колебаниям температуры, она отличается утренними туманами, отсутствием конвекционных облаков (вследствие нисходящих потоков воздуха), небольшому количеству осадков.

Вся территория Большой Поймы Балта-Брэилей в естественном состоянии затапливалась каждые 1-3 года. Максимальные уровни наступают в июне или даже июле, а минимальные – в марте-апреле. Большая Пойма Балта-Брэилей выполняет функции регулирования гидрологического режима Дуная, обеспечивая относительное равновесие. Естественный расход взвешенных наносов реки в среднем составлял 1800 кг/с, при этом расчётный расход взвешенных наносов в пределах Большой Поймы Балта-Брэилей составлял менее 1,5% от общего. Уровень грунтовых вод Большой Поймы Балта-Брэилей располагается на глубине 5-10 м на положительных формах рельефа и на 0-2 м на озёрных низменностях.

Благодаря высокой влажности почвы здесь распространена древесная и травянистая растительность, приспособленная к экологическим условиям дельты. Прирусловые валы, расположенные вдоль рукавов Дуная, затапливаются на достаточно длительное время. Прибрежные леса представлены мелколиственными породами, способными выдерживать продолжительное затопление. В качестве второстепенных пород представлены вяз, чёрная ольха, дуб черешчатый. На озёрной низменности вблизи валов произрастает тополь, белая и ломкая ивы. Кроме того, здесь также распространены вяз, дуб и ясень. На низменностях располагаются луга с клубнекамышом морским (*Bolboschoenos maritimus*), манником большим (*Glyceria aquatica*), камышом озёрным (*Schoenoplectus lacustris*). Среди водной растительности преобладают тростник, камыш, рогоз, кувшинка, чертополох,

лягушечник, ряска, рдест плавающий, подводные виды (пузырчатка обыкновенная – *Utricularia vulgaris*), микропланктон (синезелёные и диатомовые водоросли – *Cyanophyceae*, *Diatomee*). По берегам озёр и краям валов располагаются плавни. Вдоль рукавов и протоков наряду с камышом, рогозом и клубнекамышом (*Scirpus maritimus*) растут ивняки. В воде и на ней встречаются стрелолист и рогульник плавающий.

Почвообразующий процесс развивается в условиях повторяющегося накопления разных по составу наносов, поступающих при затоплении поймы. На участках, постоянно занятых водой, лежат речные и озёрные отложения. На заболоченных землях и низких берегах развиты озёрные почвы, достаточно плодородные из-за повышенного содержания гумуса и азота. На незатопляемых землях и сельскохозяйственных угодьях развиты аллювиальные почвы.

В.И. Антроповский, Г.Г. Гребенников

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

ОЦЕНКА РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ КАРСТОВЫХ РЕК С ПОДВОДНЫМИ ПЕРЕХОДАМИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ НАЛИЧИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учёт русловых деформаций необходим, как при выборе места переходов трубопроводов через реки, так и при оценке надёжности существующих переходов. При рассмотрении плановых деформаций на участках рек с переходами, основное внимание должно быть направлено на выяснение характера и скорости перемещения русел в пределах речных долин. Переходы трубопроводов необходимо располагать на прямолинейных или слабоизогнутых участках рек с наименьшей карстопоражённостью, с минимальной шириной поймы, в зоне наименьшего влияния сооружений. С этой целью, прежде всего должны использоваться специальные карты типов речных русел и карты распространения закарстованных пород и карстовых явлений (схемы районирования карста).

К настоящему времени составлены «карты типов речных русел на участках подводных переходов магистральных нефтепроводов» производственных объединений (акционерных обществ): Верхневолжские, Северо-Западные, Приволжские магистральные нефтепроводы. При их составлении были использованы топографические карты масштаба 1:100000, хотя отдельные участки рек (особенно малых) анализировались и с привлечением карт масштаба 1:50000, 1:25000 и даже 1:10000. Трассы нефтепроводов показаны исходя из «Схем технического обслуживания линейной части магистральных нефтепроводов».

Скорость (интенсивность) плановых деформаций русел определяется посредством сопоставления (совмещения) предварительно приведённых к одному масштабу топографических карт и планов разных лет съёмки.

Прогноз возможных переформирований русел рек с подводными переходами трубопроводов базируется на установлении типа речных русел и соответствующей ему схеме русловых переформирований. Знание этих схем позволяет прогнозировать русловые деформации на расчётный период эксплуатации переходов на конкретном участке реки.

Для рек, находящихся в естественном состоянии, прогноз составляется традиционным методом тенденций, а для рек, с изменённым (инженерными сооружениями и крупными водохозяйственными мероприятиями) режимом стока воды и наносов- теоретическими методами (гидравлическими, гидролого-морфологическими) или методами лабораторного моделирования.

Не менее важна оценка глубинных (высотных) деформаций. Вследствие их наличия происходит размыв засыпанной траншеи, в которую укладывается трубопровод, что иногда приводит к его обнажению, провисанию и может вызвать катастрофические последствия. Отметки дна русел рек при прохождении катастрофических половодий и смещении крупных грядобразных скоплений наносов (например, осерёдков и побочней) могут изменяться на несколько метров (на больших реках до 10-15 м). И даже на слабоизвилистых участках карстовых рек Сок и Сургут колебания отметок дна в створах переходов магистральных нефтепроводов достигают соответственно 2,0-2,5 м и 1,5-2,0 м.

Изменение высотного положения дна русел и скорости сползания ленточных гряд, побочней, осерёдков устанавливаются на основе разновременных и приведённых к одному масштабу продольных и поперечных профилей, снятых с разновременных съёмок и полученных специально эхолотированием.

При совмещении профилей определяется амплитуда колебания высотных отметок дна и скорости (интенсивности) глубинных деформаций. Определение наибольшей глубины размыва для заданных условий связывается с наибольшей глубиной подвала (наибольшей высотой мезоформ). В процессе анализа глубинных деформаций устанавливаются поперечные профили возможного размыва русла на расчётный период эксплуатации подводных переходов трубопроводов и ориентировочный ход изменения отметок дна в створах переходов во времени.

С учётом типов русловых процессов следует выполнять и построение на профиле перехода линии возможного размыва русла за период эксплуатации трубопровода (25-30 лет). Глубина заложения трубопровода при переходе через реку должна быть больше максимальной глубины плёса выше перехода. На участках относительно прямолинейных (в том числе врезанных) русел с ленточными грядами и побочнями для установления глубины предельного размыва совмещают на одном чертеже профили 2-3 макроформ русла, располагающихся выше створа перехода, по осевой (средней) линии русла.

На участках врезанных извилистых русел с пологими излучинами, с ограниченным меандрированием и начальной стадией свободного меандри-

рования поперечники, охватывающие русло и пойму, совмещают по средней линии пояса меандрирования.

Для предотвращения опасных последствий влияния карстовых процессов на состояние магистральных нефтепроводов, пересекающих долины карстовых рек, необходимы организация наблюдений за состоянием и развитием карстовых форм (воронок, провалов и т.п.) и своевременное проведение защитных мероприятий.

Е.Н. Асеева, М.В. Маркелов, В.Р. Беляев, М.М. Петрик, В.Н. Голосов
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ НАНОСОВ И ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ПОЙМЕ Р. ЧЕРНИ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)*

Речные поймы являются коллекторами наносов и загрязняющих веществ, транспортируемых вместе с ними. Детальное послойное изучение геохимического состава пойменных отложений позволяет, при возможности их датировки, реконструировать динамику аккумуляции наносов и накопления загрязнителей, выявить возможные пространственно-временные изменения геохимического состава транспортируемого рекой материала. В бассейнах малых рек центра Восточно-Европейской равнины геохимический состав может изменяться в зависимости от долевого вклада различных источников наносов и, прежде всего, соотношения наносов, сформировавшихся в результате размыва коренных подстилающих пород в глубоких линейных размывах и продуктов смыва почв с пашни плоскостной и мелкоструйчатой эрозией. Кроме того, геохимический состав пойменных отложений может изменяться в связи с выпадением загрязняющих веществ из атмосферы. В частности, с момента начала проведения массовых ядерных взрывов в открытой атмосфере в 1954 году в Северном полушарии происходило выпадение изотопа ^{137}Cs . После подписания договора о запрещении взрывов в открытой атмосфере в 1963 году, произошло постепенное снижение выпадения ^{137}Cs вплоть до середины 80-х годов прошлого столетия. Цезий-137, выпадавший из атмосферы, получил название глобального (в зарубежной научной литературе бомбового), в отличие от чернобыльского цезия-137, выпадение которого в наибольшей степени затронуло Европу. Причём концентрации чернобыльских выпадений во многих регионах Европы на порядок и более превышали концентрации ^{137}Cs глобального происхождения. В результате на участках поймы, где с 1954 года до настоящего времени происходила только аккумуляция материала, в пойменных отложениях зафиксировались максимумы глобальных (1958-1959 гг. и 1963-1964 гг.) и чернобыльских выпадений (апрель-май 1986 г.). В

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №10-05-00976), программы Президента РФ для поддержки молодых учёных – кандидатов наук (проект МК-8023.2010.5) и ведущих научных школ (проект НШ 3284.2010.5).

настоящее время они являются надёжными маркерами, позволяющими датировать отложения на речных поймах.

Бассейн р. Черни располагается на границе Орловской и Курской областей, являясь частью бассейна р. Сейм. Непосредственно рядом с бассейном расположен Михайловский карьер КМА и горно-обогатительный комбинат (ГОК), являющиеся источниками вероятного загрязнения территории. Разработки карьера начались в 1957 г., добыча руды в 1960 г., а её обогащение на Михайловском ГОКе – в конце 1973 г. Исследуемая часть бассейна располагается к северо-востоку от ГОКа и карьера с наибольшим удалением верховьев. Для детального исследования было выбрано 4 участка поймы р. Черни, относительно равноудалённые друг от друга и расположенные вблизи от ГОКа и карьера, на среднем удалении и у истоков реки в д. Чернь. На каждом из участков поймы из разреза проводился детальный послыйный отбор проб наносов через 3 см. Это позволило, после проведения аналитических работ, построить детальные эпюры вертикального распределения ^{137}Cs , послужившие основанием для разделения толщ накопившихся наносов на 4 временных интервала: до 1950-х гг., 1954-1964 гг., 1964-1986 гг. и 1986-2008(2010) гг. Для каждого из датированных горизонтов выполнен анализ валового содержания микроэлементов в пойменных почвах масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) или атомно-эмиссионным спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-AES) в Аналитическом сертификационном испытательном центре (АСИЦ) Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья (ВИМС) им. Н.М. Федоровского. Содержание подвижных форм элементов определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии (AAS) на спектрометрах novAA-400, Analytik-Jena AG (Германия) и AA-240Z, Varian Inc. (США). Гранулометрический анализ проб пойменных почв выполнен на лазерном гранулометре Analysette 22 Comfort, Fritsch GmbH (Германия) в химической лаборатории Географического факультета МГУ.

Результаты выполненных исследований позволили установить, что склоновый смыв является основным источником наносов, отложившихся на пойме. Темпы аккумуляции сократились втрое за последние 24 года по сравнению с периодом 1964-1986 гг. Наиболее интенсивное техногенное воздействие на бассейн реки наблюдалось в период 1954-1964 гг., что подтверждается геохимическими данными по дифференциации вертикального профиля почв и закономерностями распределения элементов на пойме от верховьев к нижнему створу реки. К периодам наибольшей распашки и интенсивной химизации сельского хозяйства (конец 1950-х – начало 1960-х гг.) приурочены максимумы содержаний As в пойменных разрезах на всех участках поймы. Одновременно в нижней части бассейна в наносах этого периода отмечается рост концентраций большой группы элементов, свидетельствующий о вкладе пылевых выбросов от буровзрывных работ на карьере в геохимию наносов. Уменьшение темпов накопления наносов и их мощности в современный период сопровождается снижением запасов валовых

вых количеств многих тяжёлых металлов. Содержание подвижных форм большинства изученных элементов на незагрязнённых участках, напротив, имеет тенденцию к увеличению, что связано с участием этих элементов в процессах биологического круговорота. На участках, подвергшихся загрязнению, основные запасы подвижных форм, по-видимому, приурочены к периодам максимального техногенного воздействия.

З. Бабиньский

Университет им. Казимира Великого в Быдгощи, Польша

РОЛЬ ВЕЛИЧИНЫ ТРАНСПОРТА ВЛЕКОМЫХ НАНОСОВ В ФОРМИРОВАНИИ РЕЧНЫХ РУСЕЛ *

Главными факторами, влияющими на развитие одного из трёх (в российской литературе семи) основных типов речных русел, являются климат и геологическое строение бассейна. Кроме того, к факторам, контролирующим водосбор, следует отнести физико-географические условия (уклон дна долины и русла), расход воды Q , зависящий от климата, а также растительный покров (использование земель), формируемый климатом и деятельностью человека. Вместе эти факторы влияют на доставку в русло и транспорт взвешенных и влекомых наносов, из которых последние решительным образом влияют на тип русла.

Ведущие факторы в формировании целых флювиальных систем (бассейн в значении сверхрегиональном) модифицируются локальными факторами, например, порогами или устойчивыми к эрозии берегами реки. Они могут в значительной степени влиять на транспорт влекомых наносов и, в свою очередь, на морфометрические характеристики и тип русла. В обоих случаях эти препятствия могут возникать из естественного разнообразия геологического строения или вмешательства человека в виде перекрытия русла плотиной и регулированием русла.

Целью доклада является оценка воздействия транспорта влекомых наносов на изменение типа речного русла на примере естественного структурного порога реки Оуланки (Финляндия) и перекрытия реки Вислы плотиной во Влоцлавеке. Анализ выполнен на основе собственных наблюдений в долине Оуланки и многолетних комплексных исследований эрозионного участка Вислы ниже Влоцлавского водохранилища.

Долина реки Оуланки расположена на плоскогорье Куусамо на востоке центральной части Финляндии. Она возникла на линии тектонического разлома, переработанного ледниковой эрозией. Позднее, во время отступления скандинавского ледника, эта форма, имеющая вид фьорда шириной 1,5-2,5 км, была заполнена флювиогляциальными осадками до отметок 160-180 м над уровнем моря. С начала голоцена река врежется во флю-

* Перевод с польского языка К.М. Берковича

виогляциальные отложения. В ходе понижения дна происходило преобразование русла из разветвлённого в меандрирующее. В настоящее время дно долины шириной 0,5-1,0 км располагается на 100 м ниже уровня окружающего её плоскогорья.

Проанализированный участок дна долины Оуланки можно разделить на три отрезка: а) верхний между водопадами Таивальконгас и Киутаконгас; б) средний – ниже водопада Киутаконгас и до Нурмисааренринне; в) нижний – ниже Нурмисааренринне до озера Пана (Россия).

Как указывалось выше, Оуланка с раннего голоцена врежется во флювиогляциальные отложения. На верхнем отрезке врезание достигло скального основания до водопада Киутаконгас, что ограничило поступление наносов. Очищенное от наносов дно долины приспособлялось к рельефу, оставленному ледником. Русло невыработанное, с многочисленными озёрами. В свою очередь, русло на нижележащем среднем отрезке в результате ограничения транспорта наносов через водопад Киутаконгас быстро трансформируется из типичного меандрирующего со старицами в псевдомеандрирующее, лишённое отмелей на излучинах. Можно полагать, что в результате постоянной убыли влекомых наносов этот участок подвергнется полной деградации в сторону невыработанного русла, подобного руслу верхнего участка. Такой характер имеет русло ниже водопада Киутаконгас. В то же время нижний участок благодаря неизменной величине транспорта влекомых наносов остаётся меандрирующим. Он отличается большим значением коэффициента извилистости русла (39%) и неравномерным уклоном – в среднем для всего отрезка 3,9%.

Принимая во внимание современную тенденцию развития руслового процесса, обусловленную уменьшающимся во времени и пространстве транспортом влекомых наносов и усиленную структурными порогами на дне долины, следует ожидать постоянную трансформацию меандрирующего русла реки в невыработанное, распространяющееся во времени вниз по реке.

Современный облик **долины нижней Вислы**, как и многих рек Северной и Центральной Европы, создан скандинавским оледенением, климатом и растительностью, подвергаясь одновременно модификации, обусловленной разнообразием геологического строения, а также деятельности человека. Эти факторы привели к тому, что в голоцене долина подвергалась существенной трансформации. Суровый перигляциальный климат конца плейстоцена и начала голоцена при отсутствии растительности или разреженном растительном покрове бассейна (сосново-берёзовые леса) способствовал доставке наносов в русло. Перегруженная наносами, главным образом влекомыми в виде песка и гравия, Висла сформировала разветвлённое русло. Потепление климата, апогей которого пришёлся на атлантический период, дало импульс развития растительности, главным образом лесной. Лесной покров привёл к тому, что русло Вислы трансформировалось в меандрирующее. Это естественным образом сформированное состояние дна долины Вислы не менялось, по крайней мере, 2 тысячи лет до начала влияния

на него хозяйственной деятельности человека. Вначале оно заключалось в косвенном изменении водного режима и транспорта наносов в результате уничтожения лесов в бассейне и распашки земель, позднее непосредственно в ограничении затопления поймы дамбами противопаводкового обвалования, регулировании русла и, наконец, в строительстве водохранилищ. Косвенное влияние прослеживается со времени прихода первых земледельцев, т.е. около 6 тыс. лет назад, непосредственное – уже в последних столетиях.

С XVII века происходит ускорение круговорота воды в природе, которое явилось результатом чрезмерного уничтожения лесов в районе истока рек (здесь развивался сплав леса) и производства пропашных сельскохозяйственных культур. Это привело к росту величины и частоты паводков, снижению водности межи, а также усиленной доставке в реки влекомых наносов. В свою очередь, это дало импульс постепенной трансформации меандрирующего русла в разветвлённое. В ходе этих переформирований были предприняты работы, направленные на хотя бы частичное «обуздание» реки, для чего строились противопаводковые дамбы и регуляционные сооружения в русле. Это не дало ожидаемых результатов, которые вернули бы реке прежнее значение как водного пути. В середине XX века были начаты работы по строительству первой на нижней Висле плотины во Влоцлавске. Построенная в 1962-1968 гг. плотина с высотой подпора 11,3 м вызвала долговременные изменения транспорта наносов. Наносы аккумулируются в водохранилище (100% влекомых и 42% взвешенных), а ниже плотины транспорт наносов возобновляется благодаря глубинной эрозии. Углубляя русло, эрозия одновременно перемещается вниз по реке в виде так называемой эрозионной волны. За 40 лет функционирования плотины дно русла на приплотинном участке понизилось почти на 4 м и асимптотически выклинивается на расстоянии около 44 км от плотины. На участке длиной более 10 км ниже плотины дно русла было «очищено» от песчано-гравийного аллювия, поток достиг устойчивых к эрозии илов и моренных глин. Русло превратилось из разветвлённого (осерёdkового) в типично эрозионное – невыработанное прямолинейное. Началось постепенное врезания реки в эти отложения при одновременном уничтожении недавно сформированной поймы. Прежний тип русла – разветвлённое – можно наблюдать только во время паводков.

Н.Б. Барышников, Е.А. Поташко, К.С. Бурцев, Е.С. Субботина
Российский государственный гидрометеорологический университет

ГИДРАВЛИКА ПОТОКОВ В РУСЛАХ С ПОЙМАМИ

Происходящие в последние 15-20 лет изменения климата привели к резкому усилению циркуляции в атмосфере, в частности над европейским континентом. Это, в свою очередь, обусловило формирование наводнений, сопровождающихся катастрофическими максимальными расходами воды,

наблюдавшимися на территории почти всех европейских государств и наибольшими на реках Восточноевропейских государств (Польша, Чехия, Румыния, Венгрия и др.). Эти наводнения разрушали различные гидротехнические сооружения, частично затопляли и подтопляли города, в том числе и такие большие как Прага, Варшава, Краков и др.), а иногда и приносили человеческие жертвы. К сожалению, максимальные расходы воды таких паводков не измерялись. Всё это свидетельствует о несовершенстве нормативных документов и необходимости разработки новых основанных на иных принципиальных соображениях.

Действительно, рассмотрим в качестве примера реку Вислу, на которой в 1997 году прошёл катастрофический паводок, с максимальным расходом примерно равным $6000 \text{ м}^3/\text{с}$, определённый на основе расчёта пропускной способности агрегатов ГЭС г. Вацлавск. Этот расход примерно в полтора раза превысил расчётный максимальный 1% обеспеченности. Однако в последующий период на р. Висле прошло несколько максимальных расходов воды, значительно превысивших расход воды 1997 года. Только в 2010 году таких расходов было четыре, с наибольшим в $8400 \text{ м}^3/\text{с}$. Польские специалисты оценили его, как 0,1% обеспеченности. Следует отметить, что эти расходы несколько занижены за счёт неучёта трансформации паводочной волны в водохранилище.

Таким образом, встаёт извечный вопрос, как быть дальше? По нашему мнению, необходимо переходить на генетические методы расчётов, суть которых заключается в следующем. Выбирается участок, на котором намечается расчётный гидроствор. С помощью различных методов устанавливают максимально возможный уровень воды и на его основе рассчитывают пропускную способность русла с поймой. При этом обязательно возникают сложности обусловленные несовершенством методики, основанной на формуле Шези. Поэтому необходимо использовать разработки по проблеме взаимодействия русловых и пойменных потоков, в частности, выполненные в РГГМУ.

Анализ результатов этих работ позволяет рекомендовать одну из двух методик: 1) основанную на эмпирических графических зависимостях вида: $V_p / V_{p,б} = f(h_p / h_{p,б}, \alpha)$ – для русловой составляющей и $Q_n / (Q_p + Q_n) = f[F_n / (F_p + F_n); n_n / n_p; \beta]$ – для пойменной; 2) методику, основанную на использовании системы уравнений движения потока с переменным по длине расходом воды.

Фактически использование последней методики сводится к введению поправочных коэффициентов к русловой и пойменной составляющим. В конечном итоге эти коэффициенты зависят от типа взаимодействия потоков угла α между динамическими осями взаимодействующих потоков и шероховатости пойм. Следует отметить, что эта довольно сложная проблема является одной из составляющей процесса саморегулирования в системе бассейн-речной поток-русло.

Н.Б. Барышников, Е.М. Скоморохова, Е.А. Поташко
Российский государственный гидрометеорологический университет

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ФОРМУЛ ДЛЯ РАСЧЁТА РАСХОДОВ ДОННЫХ НАНОСОВ

Изменение климата привело к резкому увеличению числа и мощности катастрофических паводков. Это часто сопровождалось разрушением различных гидротехнических сооружений. Следствием явилась необходимость разработок новых нормативных документов, учитывающих, в частности, нестационарность погодных условий. Одним из аспектов этих документов являются нормативы по расчёту расходов и стока донных наносов. К сожалению, анализ этих формул, а их по данным ГГИ свыше 200, показал, что погрешности расчёта расходов донных наносов далеки от допустимых пределов и особенно при бесструктурной (безгрядовой) форме их перемещения. При грядовой форме, хотя и рекомендована для расчётов формула ГГИ в виде $g=0,011h\Gamma \sqrt{Fr^3}$, проблема далека от решения. В чём же основные причины такого положения? По нашему мнению, они основаны на том, что абсолютное большинство формул получено на основании экспериментальных лотковых данных. Размеры последних, как правило, малы, а соотношения B/h много меньше 10, т.е. в них не устранён эффект пространственности. Более важным является тот факт, что наибольшие расходы донных наносов проходят в периоды подъёма уровней при пропуске высоких и особенно катастрофических паводков. Учитывая, что на равнинных реках, а их большинство в России, такие паводки проходят при затопленной пойме, большое значение в расчётах расходов донных наносов имеет, так называемый эффект взаимодействия руслового и пойменного потоков, приводящий к значительному увеличению средних скоростей русловых потоков, а, следовательно, и ещё большему увеличению расходов донных наносов. При спаде уровня, когда в речные русла поступает осветлённая вода, т.е. вода содержащая минимальное количество наносов, под воздействием этого эффекта скоростное поле руслового потока трансформируется, его средняя скорость значительно уменьшается, а следовательно ещё более значительно уменьшается транспортирующая способность руслового потока. Именно в этом проявляется процесс саморегулирования в системе бассейн – речной поток – русло. Когда в речные русла из их бассейнов поступает большое количество наносов, система поток – русло перестраивается и резко увеличивает транспортирующую способность руслового потока. Наоборот, при спаде уровней, когда в речные русла из их бассейнов поступает осветлённая вода система речной поток – русло снова перестраивается и транспортирующая способность руслового потока резко уменьшается.

К сожалению, практически во всех рассматриваемых формулах ни эффект пространственности, ни эффект взаимодействия потоков не учитывается. По-видимому, именно это и является одной из основных причин низкой эффективности расчётных формул.

Проведённые исследования на физических моделях русел с одной-сторонней поймой, подтвердив приведённые выше соображения, позволили рекомендовать значения поправочных коэффициентов к расчётным формулам, основанных на учёте как эффекта взаимодействия потоков, так и эффекта пространственности.

**В.Р. Беляев¹, Е.Н. Асеева¹, М.В. Маркелов¹, В.Н. Голосов¹,
А.А. Борзенков², А.К. Алябьева¹**

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ²Курский государственный университет

ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПАХОТНЫХ СКЛОНАХ БАСЕЙНА р. ЧЕРНИ И ИХ РОЛЬ В ЛАТЕРАЛЬНОМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ*

Центральная часть Среднерусской возвышенности является важным сельскохозяйственным регионом страны благодаря высокому плодородию почв и благоприятным климатическим условиям. Начало массовой добычи и переработки железной руды на карьерах Курской магнитной аномалии во второй половине прошлого века привело к существенной индустриализации этого ранее преимущественно сельскохозяйственного региона. Помимо собственно предприятий по добычи и переработке руды, появились новые города, что привело к сокращению площади пашни и повышению антропогенной нагрузки на оставшиеся в сельскохозяйственном обороте земли. Одновременно существенно возросла химизация сельского хозяйства за счёт широкого применения минеральных удобрений. В последние двадцать лет в силу экономических причин часть ранее обрабатываемых земель была заброшена и перешла в состояние залежи. В наибольшей степени это коснулось территорий, расположенных на удалении от районных центров и крупных городов или на границах областей. Перечисленные изменения существенным образом влияют на суммарный поток наносов, поступающих со склонов в днища речных долин, а также его геохимический состав.

В качестве объекта исследования был выбран бассейн р. Черни, расположенный на границе Орловской и Курской областей в непосредственной близости от Михайловского карьера и Михайловского горно-обогатительного комбината (ГОК). В апреле-мае 1986 года территория бассейна подверглась радиоактивному загрязнению после аварии на ЧАЭС. Исходя из архивных данных и карт Генерального межевания, массовая распашка земель бассейна началась не позднее середины 18-го века. К концу 18-го века большая часть склонов была распахана. За исключением непродолжительного перерыва, приходящегося на вторую мировую войну, пло-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект №10-05-00976), программы Президента РФ для поддержки молодых ученых – кандидатов наук (проект МК-8023.2010.5) и ведущих научных школ (проект НШ 3284.2010.5).

щади пашни медленно нарастали, достигнув своего максимума (80%) в 60-е годы прошлого века. Резкое сокращение площади пашни произошло 90-е годы прошлого века, когда около 25% земель бассейна было заброшено. В основном они принадлежали хозяйствам Орловской области и располагались в северной части бассейна. В последние годы часть заброшенных земель вновь была распахана. Таким образом, бассейн р. Черни может служить модельным для оценки влияния промышленных загрязнений и изменений площадей пахотных земель на геохимический состав и объём наносов, поступающих со склонов в днища речных долин.

Для оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов на обрабатываемых склонах за различные интервалы времени использовались 3 независимых метода: почвенно-морфологический (весь период распашки), радиоцезиевый (с 1986 года), расчёт по эрозионной модели (за любой интервал времени при наличии данных об эрозионном индексе осадков и севооборотах). Детальные исследования проводились по 8 склоновым трансектам, расположенным в пределах пашни в различных частях бассейна на разном удалении от ГОКа и карьера по добыче руды. Склоновые трансекты имеют разную протяжённость и уклоны, но практически все имеют выпуклую форму. На каждой трансекте из разрезов, расположенных на разных геоморфологических позициях, начиная с приводораздельной поверхности, отбирались образцы почв для геохимического и радиоизотопного анализов. В пробах почв разными методами определялся широкий спектр химических элементов. Для настоящей работы использовались данные по содержаниям макро- (Si, Al, Fe, Ti, Mg, Ca, K, P, Mn) и микроэлементов (V, Cr, Ni, Cu, Co, Zn, Pb, Cd, As, Sr). Также определялось содержание изотопа цезия-137, который, с одной стороны, выступает в качестве загрязнителя, а с другой стороны – в качестве маркера для оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов.

Темпы эрозионно-аккумулятивных процессов варьируют как по площади бассейна в зависимости от изменений в степени расчленённости территории, так и во времени. Наиболее интенсивно процессы смыва протекают на выпуклых длинных склонах, обращённых непосредственно к долине р. Черни. По мере удаления от наиболее глубоко врезанной главной долины темпы перераспределения наносов сокращаются в связи с уменьшением контрастности рельефа. Установлено, что различия по содержанию элементов между склоновыми трансектами на всей территории бассейна составляют не более 10%. Однако в почвах, расположенных в непосредственной близости от горно-обогатительного комбината, средние отклонения от фона достигают более значительных величин (20-40%). Группой накапливающихся микроэлементов здесь выступают Co, As, Pb. Выявлено, что в пространственной дифференциации геохимического состава склоновых потоков в пределах бассейна отмечаются сигналы как природного, так и антропогенного происхождения. Соотношение вклада этих двух источников вариации меняется в сторону усиления роли техногенного влияния по мере приближения к источникам воздействия и более всего заметно в нижней

части бассейна. В докладе приводятся детальные оценки пространственно-временных изменений темпов эрозионно-аккумулятивных процессов и особенностей латеральной миграции различных загрязнителей по длине склонов разной конфигурации.

А.А. Беляков

Совет по изучению производительных сил (СОПС), г. Москва

О ДЕГРАДАЦИИ ЛАНДШАФТОВ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА Л.Н. ТОЛСТОГО ЯСНАЯ ПОЛЯНА

1. Главная задача охраны территорий, имеющих статус «особо охраняемых» (Земельный кодекс РФ, ст. 94) – фиксация и поддержание неизменным их облика в состоянии, соответствующем мемориальному времени (для историко-культурных объектов), или (для природных, рекреационных или иных объектов) – в том оптимальном для общества состоянии, которое и послужило причиной придания объекту статуса охраняемого. Мемориальным для Ясной Поляны считается время ухода Л.Н., 1910 г.

2. Один из важнейших ландшафтных элементов Ясной Поляны – долина р. Воронки. Её правый (усадебный) борт расчленён двумя крупными балками, образовавшимися как «живые» овраги в конце XVIII в., при С.Н. Волконском (деде Л.Н.) вследствие сплошной распашки земель (Л.Н. отмечал, что в то время где раньше был лес, сделалась пашня), и к 1830 гг. стабилизировавшимися.

Однако эрозионные процессы на распаханном правом борту долины р. Воронки продолжались и при Л.Н., отчего им в 1880-х гг. и были произведены посадки леса («Абрамовские посадки» – явное осуществление рекомендаций В.В. Докучаева).

На р. Воронке во второй пол. XVIII – первой пол. XIX вв. был образованный проезжей мельничной плотиной пруд длиной до 700-800 м и шириной до 100-150 м, и при нем – водяная мельница на 2 постава, которую Л.Н. в 1856 г. продал. Плотина и пруд ещё несколько лет существовали (это отражено на плане 1860-х гг.), но со временем плотина разрушилась (от неё до настоящего времени остаётся земляной вал высотой до 2 м с двумя пропанами), и пруд был спущен.

В мемориальное время днище долины – пойма шириной до 200-250 м, включающая и бывшее ложе пруда, – использовалась как сенокосное угодье.

3. В настоящее время поймы р. Воронки выкашиваются механизировано и, вследствие этого, не полностью и некачественно.

Это привело к распространению на пойменных лугах сорных трав, а местами и древесно-кустарниковой поросли, что не соответствует мемориальному времени: известно, что Л.Н. лично удалял попадавшие ему на покосах нежелательные растения.

Кроме того, из-за неудобства машинного покоса непосредственно на берегах, трава на берегах р. Воронки в последние 2–3 десятилетия вообще не выкашивалась, и они заросли непроходимой древесно-кустарниковой растительностью. В результате произошла парадоксальная трансформация экосистемы: в русле реки поселились бобры (осенью 2010 г. насчитывалось 3 плотины), что в мемориальное время было бы совершенно немыслимо.

4. В 0,8–1,0 км выше остатков мельничной плотины администрацией Музея-заповедника «восстановлены» купальня и, ниже её, – небольшая плотина с мостом, историческое назначение которой – обеспечить в купальне требуемую глубину. Однако она подпирает воду недостаточно для обеспечения документированной в мемориальное время глубины (А.П. Чехову вода в купальне доходила «до рта»), а её конструкции грубо не похожи на исторические (особенно «б/у» железобетонные плиты на флютбете, «б/у» стальная труба и 2 уголка в качестве опоры моста), а кроме того, они не соответствуют инженерным принципам устройства подпорных гидротехнических сооружений.

5. В настоящее время (осень 2010 г.) в правом (юго-восточном) проране остатков мельничной плотины сооружён водослив с мостом, под влиянием журналистской пропаганды предполагается их использование для последующего строительства мельницы.

Однако нет оснований считать, что историческая мельница находилась именно в этом проране: по-видимому, и сам проран, и новое русло реки образовались в результате прорыва плотины и последовавшего за ним быстрого опорожнения пруда.

Возможно, мельница находилась в другом, левом проране. В нем также имеется русло (старица, наполняемая при высоких расходах воды). Расчистка данного участка от древесно-кустарниковой растительности позволила видеть в формах микрорельефа поймы старые русла реки. Исследования выполняющего их аллювия позволили бы по его возрасту и составу реконструировать первоначальное (до появления мельницы и пруда) русло, а также компоновку водопропускных сооружений мельницы.

6. Созданный новой «мельничной» плотиной напор (0,6–0,8 м) недостаточен для работы исторически-реальной мельницы. Для неё надо создать напор не менее 2,5 м, а ёмкость пруда должна быть достаточной для обеспечения работы мельницы в течение некоторого времени (в течение дня) с расходом воды в несколько сот литров в секунду.

7. В силу изложенного устройство мельницы, водослива и др. сооружений на месте старой мельницы едва ли актуально. Вместе с тем необходимо принятие неотложных мер по воссозданию фактически утраченных ныне из-за зарастания древесно-кустарниковой растительностью мемориальных ландшафтов нижней части долины р. Воронки.

О том, что делать с местом старой мельницы, должно быть принято принципиальное решение, одно из двух:

1) или оставить р. Воронку неподпёртой, а земляные валы музеефицировать как остатки гидротехнических сооружений мельницы, существовавшей до мемориального времени,

2) или воссоздать мельничный пруд на р. Воронке с восстановлением его подпорных и водопропускных сооружений и, возможно, мельницы – но для иного мемориального времени (не 1910 г.). Но в этом случае не может быть ни купальни, ни плотины для обеспечения в ней глубины.

К.М. Беркович, Л.В. Злотина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ПРИРОДНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ПОДХОДЫ К ДОБЫЧЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ РЕЧНЫХ РУСЕЛ И ПОЙМ*

Добыча аллювиальных песчано-гравийных материалов для строительных целей во многих регионах является крупной отраслью промышленности. Аллювиальные песчано-гравийные материалы (ПГМ) являются особо востребованными, т.к. в процессе длительного транспорта потоком они отсортированы и окатаны. Эти материалы требуют меньшей обработки, чем материалы из других источников, легко разрабатываются тяжёлой техникой; запасы аллювиальных материалов часто можно обнаружить непосредственно вблизи рынков сбыта или на транспортных маршрутах, что снижает их стоимость.

Оценка влияния добычи на природные характеристики рек давно привлекает внимание из-за значительных изменений гидрологического и руслового режима, наблюдающихся на многих реках (понижение уровней воды, глубинная эрозия). Объем добычи ПГМ в ряде случаев на порядок больше, чем поступление наносов из бассейна, что является очевидным свидетельством роли добычи в изменениях русла рек. Более того, регулирования добычи практически нет как в отношении глубины разработки карьеров, их объёма и времени разработки, так и по последствиям. Существенной предпосылкой при планировании разработки каждого конкретного месторождения ПГМ является всесторонние и детальные исследования природных характеристик русла и поймы реки: гидрологического режима, транспорта наносов, русловых форм и их деформаций. Оценка влияния на природу должна включать кратко- и долговременный эффект, а также устойчивость природной обстановки в русле и пойме в изменённых условиях.

По местоположению на дне речной долины, т.е. по геоморфологическому признаку, карьеры аллювиальных материалов делятся на русловые (в бровках поймы) и пойменные. Русловые карьеры, в свою очередь, можно разделить на карьеры, расположенные в пределах меженного русла (собст-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 11-05-00179.

венно русловые) и на прирусловых отмелях (прирусловые). Преобладают обычно карьеры, расположенные в границах меженного русла: на реках Оке ниже Калуги и Белой ниже Уфы русловые составляют более 70% общего числа разведанных месторождений.

Пойменные карьеры могут быть сухими, если глубина их разработки меньше, чем глубина залегания зеркала грунтовых вод, и они не соединяются с основным руслом. Чаще пойменные карьеры являются обводнёнными. Важной характеристикой пойменного карьера является его удалённость от основного русла. Пойменные карьеры обычно в несколько раз глубже основного русла. Часто они разрабатываются в непосредственной близости к нему, где песчано-гравийный материал более качественный и мощность пойменных осадков небольшая. Следует учитывать также расположение пойменного карьера по отношению к элементам плановой формы русла – излучинам основного русла или активных рукавов. В неблагоприятных условиях (при недостаточном учёте русловых деформаций) возможен перехват пойменных карьеров руслом: река течёт через пойменный карьер, превращая его в русловой. Наиболее вероятен перехват, если пойменный карьер находится близко к расположению динамической оси потока в высокий паводок, например в шпоре излучины, а также при высокой скорости горизонтальных деформаций, значительном переуглублении карьера. Разработка пойменных карьеров требует защиты берегов между руслом и карьером, ограждение карьеров дамбами.

Прирусловые карьеры на крупных реках встречаются нечасто, зато они многочисленны на средних и малых реках с развитым транспортом песчано-гравийных наносов. Отмель, чаще всего побочень, срезается с поверхности бульдозерами или погрузчиками, при этом удаляется большая её часть выше меженного уровня, оставляя неровный рельеф. Глубина и объём таких карьеров меньше, чем собственно русловых, однако срезание отмелей оказывает очень существенное влияние на русловые процессы. В ходе срезания уничтожается растительность, заселяющая отмель, в галечных руслах при этом разрушается отмостка, и оставшаяся часть отмели становится менее устойчивой. Срезание отмели может послужить причиной её отторжения и спрямления русла. Уничтожение отмели изменяет границы меженного русла, гидравлические характеристики потока в паводок, как на участке разработки, так и выше по течению, и может стать причиной регрессивной эрозии. Вместе с тем, расширение границ русла может способствовать аккумуляции наносов в половодье, возникновению блуждания динамической оси потока, неконтролируемых и непрогнозируемых размывов берегов.

Разновидностью прируслового карьера является карьер, разрабатываемый плавучими земснарядами в устье отмели или в её тыловой части, прилегающей к пойме или террасе. Они встречаются на крупных реках, в частности на р. Оке. Во многих случаях они соединяются с руслом ниже по течению. Важным условием предотвращения негативных последствий (отторжение) для таких карьеров является то, что приверх и речной край отме-

ли по границе меженного русла оставляются нетронутыми, на них желательно создание ограждающих сооружений.

Собственно русловые карьеры разрабатываются ниже уровня воды в межень. Независимо от технологии добычи естественная морфология русла, как и баланс наносов, нарушается. Во многих русловых карьерах дно реки достаточно равномерно понижается земснарядом по всей ширине или значительной части ширины русла. В процессе их разработки изменяются морфометрические характеристики и отметка дна русла. Часто увеличивается ширина русла, удлиняются плёсы, и сокращается длина перекатных участков. Нередко разрабатываются глубокие выемки, уничтожается прибрежная растительность, нарушается устойчивость берегов. Разновидностью руслового карьера является разработка траншеи – линейно вытянутой выемки.

Добыча в русле выражается в полном разрушении комплекса форм руслового рельефа. Интенсивность добычи часто намного превышает скорость восстановления естественного рельефа. Меняется продольный профиль русла, на входе в карьер возникают локальные участки крутого уклона. На этих перегибах, где энергия потока увеличивается, развивается регрессивная эрозия. Особенно значительным бывает влияние карьера-траншеи, который оставляет обрывистую верхнюю кромку. Понижение дна на единицу объёма добычи в этом случае больше, чем при других видах русловой добычи; наличие траншеи усиливает врезание.

В некоторых местных условиях точка перегиба продольного профиля быстро смещается против течения, образуя специфическую каньонообразную форму на дне. В других условиях регрессивная эрозия не так заметна. Врезание, вызванное добычей, может продвигаться вверх на километры по главной реке и даже распространяться на притоки. В русле, разветвлённом островами на рукава, когда добыча производится в боковом рукаве, распространение регрессивной эрозии может существенно нарушить распределение стока и вызвать нежелательное развитие второстепенного рукава.

Карьер, в котором скорости течения обычно уменьшаются, перехватывает поступающие сверху наносы. Часто они скапливаются непосредственно у верхней кромки карьера, которая постепенно перемещается вниз по течению (карьер «сползает»), в других случаях аккумуляция сосредоточена в середине карьера (карьер «растягивается»). В любом случае поток размывает дно и берега реки ниже по течению. Таким образом, русловой карьер приводит к эрозии выше и ниже по течению, хотя механизм эрозии разный. При этом уменьшается размер отмелей, усиливается размыв берегов, понижается уровень воды в реке и грунтовых вод на пойме.

Природно-ориентированный подход должен включать в себя установление нормы добычи – некоторого уровня компенсации удалённого материала, соответствующего годовому поступлению наносов на участок реки. Так как поступление наносов меняется от года к году, норма добычи, вероятно, должна устанавливаться по минимальному годовому стоку нано-

сов. В любом случае необходим ежегодный (или чаще) контроль состояния русла, включающий измерение деформаций, связанных с естественными причинами (половодьями и паводками) и разработкой карьера.

Важным обстоятельством является учёт запаздывания реакции русла на добычу ПГМ и возникновения кумулятивного эффекта. Влияние добычи может быть заметно не сразу из-за многолетних колебаний стока воды наносов. Период времени от начала воздействия до появления явного эффекта может составлять от одного до нескольких лет. Вместе с тем следует учитывать, что нарушения сохраняются долгое время после того, как деятельность, их вызвавшая, прекращается. Последствия добычи аллювиальных ПГМ постепенно накапливаются и распространяются за пределы конкретного карьера. Зоны воздействия на русло одного карьера перекрываются с влиянием других, что приводит к последствиям, которые одиночный карьер не создаёт.

Недопустима разработка русловых и прирусловых карьеров ПГМ на участках рек ниже водохранилищ, где изъятый материал может компенсироваться только за счёт поступления наносов из притоков и вследствие эрозии. Как источники ПГМ могут рассматриваться зоны подпора водохранилищ и даже низконапорных плотин.

Перспективными для разработки являются прирусловые месторождения, т.е. месторождения, промежуточные между собственно русловыми и пойменными, располагающиеся обычно в тыловых частях крупных стабильных зарастающих побочней.

Природно-ориентированный подход позволяет предотвратить или минимизировать последствия антропогенного воздействия, устраняя многие отрицательные явления, которые его сопровождают. Они важны не только для управления природными ресурсами, но и с экономической точки зрения. Восстановление повреждённой природной системы обычно обходится намного дороже, чем предотвращение её нарушения.

В.П. Бондарев

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКЛОНОВ МАЛЫХ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ*

Одной из проблем в изучении малых водосборных бассейнов является недостаточная изученность морфометрии, структуры и динамики их склонов, закономерность изменения характеристик склонов в зависимости от порядка водотока, к которому они прилегают. Такие работы практически отсутствуют. В то же время, подобные исследования имеют конкретный геоморфологический смысл. Так, работами R.R. Arnett и A.J. Conacher, по-

* Работа выполнена при поддержке грантов НШ-3284.2010.5, РФФИ-НЦНИ 09-05-91057, РФФИ 10-05-00385, РФФИ 10-05-00357

казано, что от этого обстоятельства изменяется тип склоновых процессов и почвообразования.

Были проведены исследования тенденций изменения морфометрических характеристик склонов прилегающих к водотокам разного порядка в трёх разных областях Европейской части России: а) верховья р. Клязьмы (Московская обл.); б) бассейне р. Сейма (Курская обл.); в) бассейнах рек Северного Кавказа (Кабардино-Балкарская республика). Первый участок расположен в самом истоке р. Клязьмы, на территории проведения учебных практик студентами МГУ – АБС «Чашниково». Этот район находится в пределах Московской синеклизы на стыке Мещерской низменности и Клинско-Дмитровской гряды. Второй участок расположен вдоль нижнего и верхнего течения р. Сейм в пределах Воронежской антеклизы, пересекающий в субширотном направлении Среднерусскую возвышенность. Третий район представлен горной областью интенсивной Альпийской складчатости с наиболее высокими отметками для территории Европейской части России и расположен в пределах Северного Кавказа.

Методологической и методической основой исследования послужил Хортон-анализ в модификации Стралера-Философова. Он наиболее формализован, и разные исследователи, работающие с одними и теми же топографическими материалами, получают одинаковые результаты. Анализ подвергались бассейны 3-го и 4-го порядка, выделенные на топографических картах масштаба 1:25 000. Частично результаты исследований уже были опубликованы (Бондарев, Симонов, 1999). В настоящее время данные работы оказались востребованы и потребовали дополнительного осмысления.

Площадь склонов. Для первого порядка овражно-балочных систем характерно, что площади склонов имеют приблизительно одинаковую величину (в среднем от 0,039 до 0,041 км²). В то же время, в регионах с различной неотектонической активностью площади имеют разные тенденции изменения с увеличением порядка бассейна. Так, для бассейна р. Клязьмы, где амплитуды вертикальных движений невелики, площадь склонов практически не увеличивается и даже намечается некоторая тенденция к их уменьшению, что соответствует представлениям, по которым эта территория в настоящее время испытывает слабое погружение. Максимальная скорость роста с увеличением порядка бассейна наблюдается на Северном Кавказе, где средняя площадь склона 4-го порядка составляет 0,081 км², то есть удваивается от первоначального значения.

Длина склонов. В настоящее время широко используется методика расчета средней длины склонов в бассейне ($L_{ск}$), в соответствии с которой она обратно пропорциональна удвоенной густоте водотоков (p) в этом бассейне ($L_{ск} = 1 / (2p)$). По нашим оценкам, для изучаемых регионов эта величина незначительно варьирует и составляет как для бассейнов третьего, так и четвертого порядка, в среднем, 100 ± 20 м. Р.Е. Хортон (1948) показал, что эта величина несколько занижена и, в зависимости от соотношения уклонов русла и прилегающих к нему склонов, изменяется. Он предложил

поправочные коэффициенты для разных случаев такого рода соотношений. Эти коэффициенты увеличивают среднюю величину склона в бассейне от 1,005 до 1,86 раз. Следовательно, в предельном случае средние значения наших склонов не должны были бы превышать величины порядка 200 м. В нашем случае это справедливо только для склонов первого порядка. Это можно объяснить их преобладанием в бассейне любого порядка. Анализ данных показывает, что в водосборах Европейской части России наблюдается тенденция к увеличению длины склонов с ростом их порядка. Наиболее высокие скорости роста длины наблюдаются в пределах малых водосборных бассейнов Северного Кавказа, которые достигают 428 м и более для 4-го порядка, а наименьшие величины длин – в бассейне р. Клязьмы, которые для этого порядка составляют в среднем 183 м.

Глубины базисов эрозии. Что касается глубин базисов эрозии, то для Европейской части России наблюдается аналогичная картина увеличения показателей с ростом порядка бассейна. Судя по всему, эта величина также зависит от неотектонической активности территории. Однако, дифференциация глубин базисов эрозии начинается уже на уровне первого порядка: от минимального для бассейна р. Клязьмы (около 2,5 м) до максимального в бассейнах рр. Северного Кавказа (54,4 м).

Уклоны склонов. Уклоны склонов первого порядка приблизительно равны уклонам бассейнов, к которым они относятся. Более того, анализ тенденций развития склонов разных порядков изучаемых регионов, показал, что это самая быстро приспособляющаяся к условиям характеристика из рассматриваемых. В общем случае, уклоны склонов разных порядков, вероятно, стремятся к равенству, с некоторой тенденцией к их росту с увеличением порядка склона.

Как мы уже увидели на примере различных характеристик склонов овражно-балочных систем Европейской части России, в их поведении много общего. Для того, чтобы сопоставить тенденции изменения всех рассматриваемых параметров, были рассчитаны относительные величины их изменения для водосборов 4-го порядка. Сумма каждой характеристики склона была принята за единицу и к этой величине приведены значения параметров склонов разных порядков. Для сравнения были сделаны графики для Европейской части России и Квинсленду. В обоих случаях все характеристики заметно растут с увеличением порядка бассейна. В то же время, для Квинсленда это более заметно. Это оправдано тем, что для Европейской части России большая часть бассейнов была приурочена к равнинным территориям, а в Австралии – к горным. В общем же случае можно констатировать, что данные по Квинсленду хорошо сопоставимы как по абсолютным характеристикам, так и по относительным, т.к. приближаются к значениям, полученным для Северного Кавказа. Следовательно, проведенные исследования могут иметь значение не только региональное, но и более широкое обобщающее для всего мира.

Д.В. Ботавин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ «РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА РЕКАХ БЫВШЕГО СССР»*

Основой базы геоданных является уникальное произведение из серии карт для высшей школы масштаба 1:4 000 000 «Русловые процессы на реках СССР», изданная в 1989 г. В нём отражены результаты крупномасштабных исследований по морфодинамике рек бывшего СССР. В разработке содержания и составления карты приняли участие специалисты проблемной лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета Московского университета: Р.С. Чалов, К.М. Беркович, А.Ю. Сидорчук, А.В. Чернов, О.М. Кирик и др., Б.Ф. Сنيщенко (Государственный гидрологический институт). Принципы и методы картографирования были разработаны картографом географического факультета Т.Г. Сватковой.

При составлении карты использована коническая равнопромежуточная проекция карты-основы СССР масштаба 1:2500000 (1974) со средним меридианом 100° в.д. Главными на ней являются параллели 49,4 и 67,8° с.ш. Искажения площади в этой проекции составляют от -11 до +15% (максимум на параллели 80° с.ш.), искажения углов – от 0 до 15°. Частота градусной сетки составляет 4° по широте, 6° по долготу. Четыре листа карты формата А0 с помощью широкоформатного сканера Contex были переведены в цифровой растровый вид с разрешением 300 dpi. Привязка изображений выполнена по пересечениям градусной сетки с помощью аффинных преобразований в проекцию источника с погрешностью менее 0,5 мм в масштабе карты.

Для оцифровки и геокодирования информации необходимо разработать структуру и содержание базы геоданных (БГД), т.е. формализовать имеющиеся условные обозначения. Также как и карта, БГД будет содержать как общие характеристики рек, так и сведения об условиях формирования русел рек, их типы, морфологический облик и связанный с ними характер русловых деформаций. Базовая модель БГД включает в себя объекты трёх типов (точки, линии, полигоны), объединённые в специальный формат базы геоданных. Все характеристики с карты закреплены в БГД в соответствии с формой их локализации на местности. Часть данных несёт сведения о себе только своим положением (например, места возникновения заторов), другие – также и в виде информации в атрибутивных таблицах. Больше всего таких данных сосредоточено в линейном слое рек, которые на логическом уровне БГД будут представлены элементарными линейными участками. Приведём

* Работа выполнена по программе Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ 3284.2010.5) и гранта поддержки молодых учёных географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

пример: все русла разделены на три класса по кинематике потока, уклонам и форме транспорта наносов – *горные*, *полугорные* и *равнинные*. Этой характеристике будет соответствовать отдельный столбец с указанием условного кода (1, 2, 3). Если строка в таблице (запись) – это участок реки, то каждый новый показатель будет содержаться в своём столбце и соотносится с этой записью. Этим же участкам будут присвоены и сведения о поймах. Таблицы будут содержать как условные коды, так и реальные показатели – например, продолжительность промерзания или пересыхания рек в днях. Крупные районы распространения разных классов русел, как и районы с разными геолого-геоморфологическими условиями развития русловых деформаций будут содержаться в полигональных слоях.

Помимо специального содержания база геоданных будет включать также и общегеографическое информационное наполнение. В первую очередь БГД будет сформирована на мелкомасштабном уровне на всю территорию бывшего СССР. Среднемасштабный уровень (1:200000 – 1:1000000) будет формироваться по отдельным регионам и включать локальные специфики русловых процессов. Информация будет более детальной, выполненной на основе цифровых топографических данных соответствующего масштаба. Параметры математической основы будут учитывать географию и охват региона. Информационное наполнение региональных баз данных планируется выполнить для бассейнов Амура, Лены, Оби (без Иртыша), Урала (в пределах РФ).

Таким образом, в отличие от простой оцифровки и оформления карты в графическом векторном пакете (Adobe Illustrator, Corel Draw и пр.), база геоданных даёт принципиально новые возможности: интерактивное преобразование математической основы, мультимасштабную визуализацию данных, подсчёт гидрологических характеристик, формирование специальных наборов данных о водных объектах в рамках развития инфраструктуры пространственных данных и др.

В.А. Брылев

Волгоградский государственный педагогический университет

ГЕНЕЗИС И МОРФОЛОГИЯ ПОЙМЕННО-ДОЛИННЫХ РАСШИРЕНИЙ НА СРЕДНЕЙ ВОЛГЕ И СРЕДНЕМ ДОНУ

Две великие реки Русской равнины Волга и Дон формировались по разному, но в то же время имеют и черты сходства.

Долина Дона более древняя. Она заложилась по крайней мере со среднего миоцена. Это так называемая «Гуровская река», которая имела относительно узкую и глубокооврезанную долину, устье которой располагалось в Южно-Русском море в районе современного Маныча.

В раннем плиоцене сформировалось палеорасширение в виде «Ергень-реки», базис которой располагался в среднем на 100 м выше в сравне-

нии с миоценовой палеодолиной, а ширина поля ергенинских песков на всем протяжении долины достигает 30-40 км. При высоком базисе эрозии чётковидность долины еще выражена слабо, однако главная «Большая излучина» палео-реки уже наметилась.

В среднем плиоцене на европейском юго-востоке происходит новый значительный этап врезания. Палео-Дон углубился на 100-120 м ниже основания ергенинской свиты, а Палео-Волга на 300-400 м ниже в доплиоценовый рельеф. С этого времени стали оформляться палеоизлучины особенно ярко выраженные на Среднем Дону и Средней Волге. Характерно, что при пересечении Доно-Медведицкого вала образовался довольно глубокий каньонообразный врез глубиной относительно раннеплиоценового палеорельефа до 80-120 м, а шириной всего в несколько километров.

На Средней Волге известны два таких палеовреза, контролируемые тектоническими структурами: 1) при пересечении Вятского вала у Казани; 2) в Жигулях у Самары. Во втором случае среднеплиоценовый предакчагыльский врез выражен резче, он имеет относительную высоту до 200 м и более.

С этого времени, то есть со среднего плиоцена, указанные пересечения на Среднем Дону и на Средней Волге существуют фиксировано и в дальнейшем то есть с позднего плиоцена и четвертичные палеодолины развивались и смещались выше или ниже этих пережимов. При этом древний Дон и древняя Волга в своих средних течениях выработали широкие долины, осложненные речными террасами и порой гигантскими поймами. Назовем их:

- Горьковско-Марийское расширение выработано в относительно мягких пластах татарской свиты и мезозоя. Ширина этого озеровидного (чётковидного) участка долины по Б.И. Фридману составляет 30-40 км, а учитывая и позднеплиоценовую часть долины, достигает 100 км.

- Нижне-Камско-Тольяттинское расширение достигает 50-70 км ширины, учитывая плейстоценовые и позднеплиоценовые аллювиальные покровы. Однако в «Жигулевских воротах» Волга на протяжении 4-3 млн. лет не меняла своего положения в плане, врезаясь в известняки карбона Жигулевского вала. До и после него Палео- и современная Волги размывают более податливые толщи юры и мела. В.В. Мозжерин считает, что данное переуглубление имеет позднемиоценовый возраст, что опровергает ранее сформированные представления о предакчагыльском кинельском врезе. К тому же поздний миоцен, как известно, был трансгрессивной эпохой.

- Арчединско-Донское палеорасширение сформировалось перед преградой Доно-Медведицкого вала сложенного окремнелыми известняками среднего и верхнего карбона, тогда как до этого барьера Палео- и современный Дон размывает так же как и в Жигулях юрские и меловые, в основном песчано-глинистые породы, и пласт мела. Размеры Арчединско-Донского расширения составляют 40×60 км, а мощность аллювиально-флювиогляциального комплекса достигает 50-60 м.

Во всех указанных случаях краевые берега великой реки препарируют валы и локальные структуры, наиболее отчётливо в палеорельефе выражен Доно-Медведицкий и Жигулевский валы, образующие «горы» высотой до 370 м на Волге и 250 м на Дону. Поэтому структуры южной части Доно-Медведицкого вала, так хорошо выраженные в рельефе, мы называем «Донские Жигули».

Итак, крупные реки Волга и Дон в своих средних течениях имеют чётковидные расширения, связанные с преодолением таких крупных валобразных тектонических структур, как Вятский и Жигулевский – на Волге и Доно-Медведицкий – на Среднем Дону. При этом образуются мега- и макроизлучины и резкие изгибы направления течения рек, как, например, у р. Казани.

С.В. Будник

Житомирский национальный агроэкологический университет

МУТНОСТЬ ВОДЫ И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ СКЛОНОВЫХ ВОДОТОКОВ

Мутность воды является важнейшей характеристикой склонового стока, показывающей интенсивность эрозионных процессов. Ранее уже исследовалась её взаимосвязь с факторами формирования склонового стока и энергетическими характеристиками потоков. Однако влияние на неё температурного режима склоновых водотоков, формирующихся при сезонном промерзании почво-грунтов практически не исследовалась. Талый сток проходит по границе раздела фаз и при максимальной плотности и вязкости воды, что, несомненно, сказывается на структуре талой воды, её фильтрационной и эродирующей способности. В основном, вопросы влияния температур на эрозионные процессы изучались в связи с термоэрозией многолетнемерзлых пород или же при моделировании процессов на других планетах. Следует иметь в виду, что при оттаивании избыточная вода из почвенных пор поступает в склоновый водоток наряду с водой, поступающей от таяния снега. Поэтому для склоновых водотоков при снеготаянии вполне логичным является зависимость расходов воды в водотоке от температуры воды в нем, а также зависимость мутности воды от её температуры. В связи со всем выше сказанным задачей наших исследований являлось выявление основных особенностей взаимосвязи температурного режима склоновых водотоков с их мутностью. Наблюдения за формированием склонового стока при снеготаянии проведены в различные годы (1996-2010 гг.) в разных природных зонах (степная и лесостепная) на различных агрофонах и почвенных разностях. Общее количество комплексных измерений составляет 426. Диапазон изменения расходов воды составил $4,3 \cdot 10^{-6}$ -0,171 м³/с; мутности воды – 0,0 - 100 кг/м³; температуры воды 0,0-12,0 °С, температуры поверхности почвы

свободной от снега составил 0,0-13,5 °С, при коэффициенте вариации 0,98. Температура почвы выше 2 °С наблюдалась около 35% случаев.

Проведённые исследования показали, что наибольшее влияние на температуру воды в склоновых водотоках оказывает температура воздуха и тип снеготаяния и дата снеготаяния, т.е. наряду с температурой воздуха важным фактором формирования температуры воды является инсоляционный режим: наличие солнечной инсоляции и высота стояния солнца. Для всего периода наблюдений зависимость температуры воды от температуры воздуха не однозначна, для отдельных створов наблюдений зависимость более тесная. Прослеживается связь температуры воды с температурой почвы. В целом, ход температуры воды во времени хорошо согласуется с ходом температуры воздуха и расходов воды в склоновых водотоках, кривая обеспеченности температуры поверхности почвы практически полностью соответствует кривой температуры воздуха. С увеличением температуры воздуха температура почвы повышается, повышается она и при увеличении глубины оттаивания почвы. Отмечено, что чем выше влажность почвы, тем ниже температура поверхности почвы. Мутность воды показывает сильную взаимосвязь с типом снеготаяния. Так, при соларно-адвективном типе снеготаяния (тепло и солнечно) наблюдались наибольшие величины мутности воды. Наименьшая обеспеченность максимальных значений мутности наблюдается при соларном типе снеготаяния (солнечно и холодно).

Наибольшая температура воды наблюдается в пределах от 10 часов до 15 часов, с максимумом в пределах 13 часов. Максимум мутности также наблюдается в пределах 13 часов, с диапазоном в пределах 10 часов – 14 часов 30 минут. До 9 часов и после 16 часов мутность не превышала 20 кг/м³, что естественно связано с продолжительностью солнечного сияния в это время года. Причем, абсолютный максимум температуры не соответствует максимуму мутности и наблюдается несколько позже (примерно на 30 минут), чем максимум мутности. Вероятно, это связано с тем, что влияние солнечной радиации сказывается на падении температуры воды с определенной инерционной сдвижкой, в то время как ее влияние на сцепление частиц почвы не имеет такой инерционности.

Анализ кривых обеспеченности показывает, что при температуре воды в пределах 0,0-0,1°С мутность минимальна, в пределах 0,1-2,0°С – мутность повышенная с наибольшей повторяемостью максимальных значений, при температуре воды 2-6°С мутность несколько ниже чем в предыдущем диапазоне, при температуре воды 6-8°С мутность имеет максимальную обеспеченность в пределах обеспеченности выше 50%, при температуре воды выше 8°С мутность минимальна.

Температура почвы в исследованиях изменялась в значительных пределах, однако наибольшая мутность наблюдалась в пределах до 6°С и в диапазоне 1-6°С. Температура почвы выше 6°С наблюдалась всего в 7% случаев.

Выводы. Ход температуры воды в склоновых водотоках, в целом, соответствует ходу температуры воздуха и расходов воды в склоновых во-

дотоках. Температурный режим склоновых водотоков влияет на формирование стока воды и зависит, в основном, от температуры воздуха, типа снеготаяния и агрофона. Из динамических характеристик потока связь с температурой воды в большей степени показывают вязкостное трение и число Фруда, характеризующие состояние потока. Можно выделить два диапазона температур воды в пределах, которых наблюдается максимальная мутность: 1) 0,1-2,0°C – наблюдается повышенная повторяемость максимальных значений мутности при значительной вогнутости кривой обеспеченности; 2) 6-8°C – максимальная обеспеченность мутности в диапазоне более 50% обеспеченности мутности, при форме кривой обеспеченности стремящейся к прямой. В пределах кривой обеспеченности менее 50% оба диапазона практически совпадают. В диапазоне 2-6°C отмечается наибольшая плотность воды, что вероятно влияет на некоторое снижение мутности.

И.В. Бузякова, В.В. Занозин
Астраханский государственный университет

ОЦЕНКА АКВАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ВОДНО-СПОРТИВНОГО ТУРИЗМА

Водно-спортивные рекреационные занятия в классификационной схеме подразделяются на следующие виды: водно-моторный, парусный, греблю и водные лыжи. При рекреационном освоении водного объекта важно оценить его пригодность для отдельных видов отдыха, поскольку они предъявляют различные требования к природным условиям.

Основными факторами, обуславливающими ценность водоёма для таких видов рекреационных занятий, как прогулочный, парусный, водно-моторный, гребля, водные лыжи и др., являются площадь акватории, ширина и частота смены урочищ на побережье. Для парусного спорта площадь акватории должна быть не менее 3-4 км², для других видов водного спорта – 2 км².

Помимо климатических характеристик и площади водоёма для развития водных типов отдыха немаловажное значение имеет также пейзажное разнообразие берегов, наличие удобных бухт, стоянок, луговых полей. Оптимальная частота смены ландшафта побережья определяется скоростью движения яхты, моторной лодки и лодки во время гребли.

Для водных лыж и подводного плавания важной характеристикой является температура воды, которая оценивается так же, как для купания. Для подводного плавания дополнительно необходимы разнообразный подводный рельеф с богатой водной фауной и чистая прозрачная вода.

Были оценены ландшафты для развития водно-спортивных рекреационных занятий. Наиболее перспективным ландшафтным районом является пойма, особенно её северная часть (45 баллов). Площадь акватории р. Волга на данном участке составляет >8км² и позволяет заниматься парусным, водно-моторным спортом, кататься на водных лыжах. Ширина водо-

токов достаточно большая (>600 м) и является благоприятным фактором для водно-моторного спорта (табл.).

Ландшафт дельты Волги в меньшей степени, чем Волго-Ахтубинская пойма благоприятен для организации парусного, водно-моторного спорта и водных лыж. В основном это связано с уменьшением площади акватории в данном ландшафте с севера на юг. Вместе с тем практически весь ландшафт благоприятен для проведения занятий различных видов гребли. Наиболее привлекательной (по общей сумме баллов) является центральная часть дельты. Она оценена в 38 баллов.

Наименьшую оценку пригодности для развития водно-спортивных видов отдыха среди ландшафтов Астраханской области получил Западный ильменно-бугровой ландшафт. Во многом это обусловлено спецификой его водотоков и водоёмов. Вместе с тем придельтовая часть данного ландшафта в перспективе может быть использована для организации парусного спорта и гребли. Особенно для этого подходят ильмени: Малый Карабулак, Большой Карабулак, Дапхур, Шармяк и другие. Приморская часть считается не пригодной для водно-спортивных видов рекреационных занятий.

Таблица 1. Оценка пойменно-дельтового и ильменно-бугрового ландшафтов Астраханской области для развития водно-спортивных видов туризма

Ландшафты	парусный спорт	гребля	водно-моторный	водные лыжи	сумма баллов
<u>Западный ильменно-бугровой:</u>					
придельтовый	7	8	8	2	25
приморский	0	0	0	0	0
<u>Дельта:</u>					
северная	8	10	10	8	36
центральная	6	12	11	9	38
южная	5	10	9	6	30
<u>Пойма:</u>					
северная	12	9	12	12	45
центральная	11	10	11	11	43
южная	11	11	11	11	44

В пределах Астраханской области имеются такие крупные водотоки как Волга, Бахтемир, Прямая Болда, Кривая Болда, Ахтуба, Бузан, Камызяк. Гидрологические особенности и площадь этих рек позволяют заниматься парусным и водно-моторным спортом. Вблизи оборудованных пляжей (о. Городской, Ассадулаево, о. Заячий и др.) площадь акватории позволяет использовать водные лыжи, моторные лодки. На протяжении многих лет осуществляются пассажирские перевозки на крупных судах по Поволжью, а также катания на катерах, яхтах и небольших судах в дельту и пойму.

М.В. Веретенникова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ НА МАЛЫХ РЕКАХ
г. МОСКВЫ (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИН РЕК ЯУЗЫ И ЧЕРТАНОВКА)***

На территории Москвы и московской области протекают сотни рек и речек как в свободных и в зарегулированных руслах, так и под землёй в трубах. В течение ряда лет проводились измерения расходов в период летней межени на рр. Чертановка (1-2 порядок) и Яуза (2-3 порядок). Поскольку измерения проводились в рамках полевой практики по гидрологии для студентов московского городского педагогического университета, основной целью их было познакомить студентов с полевыми гидрологическими работами. В связи с этим участки для измерений выбирались с точки зрения удобства и безопасности. Однако и на Яузе и на Чертановке створы измерений замыкали примерно верхнюю треть водосборов. Таким образом, сопоставление результатов вполне правомерно.

Река Чертановка находится на юге Москвы, это левый приток р. Городни (ныне воды Чертановки отведены непосредственно в р. Москву). Длина её 12 км, в том числе 8,4 км в открытом русле. Чертановка берёт начало на Теплостанской возвышенности, у станции метро «Тёплый Стан», течёт через Узкое, пересекает Битцевский лес, затем течёт в подземном коллекторе до Варшавского шоссе и в нижнем течении выходит на поверхность. Основные притоки: справа – Дубининская речка или Усков овраг, слева – Каневский или Каняевский овраг, овраги Коньковский и Изютинский и ручьи Котляковский и Водянка. Все притоки текут в открытом русле через Битцевский лес. В пределах Узкого и в Битцевском лесу, где проводились измерения, Чертановка характеризуется глубокооврезанной долиной, русло меандрирует, глубина потока не превышает 0,3 м, средняя скорость потока от 0,1 до 0,2 м/с при максимальной 0,4 м/с. Ширина русла около 2,5 м. Средний расход воды в нижнем течении 0,032 м³/с, а на участке измерений 0,006-0,01 м³/с.

Яуза – самый крупный приток Москвы-реки, вторая по величине река города (после Москвы-реки), протекающая в северо-восточной и центральной части Москвы. Её длина равна 48 км (в черте города 29 км), площадь бассейна 452 км² (в пределах города 272 км²). Яуза берёт начало из болот на территории Лосиногостовского Острова, пересекает г. Мытищи, посёлки Тайнинка и Перловка, после чего впадает в р. Москву, где принимает справа рр. Чермянку, Лихоборку, Каменку, Горячку, Копытовку, Путяевский ручей, Олений ручей, Рыбинку, Чечёру, Черногрязку, Охотничий ручей; и слева – рр. Ичку, Будаёвку, Хапиловку, Синичку, Золотой Рожок, Гольяновский ручей, Леоновский (Высоковский) ручей. В пределах города р. Яуза

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-3284.2010.5)

появляется в районе Медведково и впадает в Москву-реку у Большого Устьинского моста. К концу 1930-х гг. река была уже сильно загрязнена, поэтому русло р. Яузы было выправлено и расширено почти вдвое (до 30 м), построены гранитные набережные, перекинута новые мосты.

Часть долины р. Яузы от МКАД в районе Медведково до Ярославской железной дороги объявлена в 1991 г. памятником природы. Участок, выбранный для измерений, находится недалеко от МКАД и представляет собой искусственное прямолинейное русло. Ширина его около 15 м, глубина потока в среднем 0,5-0,7 м, скорость – 0,2 м/с, средний расход воды в нижнем течении реки около 9,4 м³/с, а на участке исследований – 0,5-0,9 м³/с.

Обращает на себя внимание то, что скорость течения обеих рек практически одинаковая, несмотря на то, что при визуальной оценке долина Чертановки имеет больший общий уклон. Это связано с тем, что она в пределах Битцевского парка сильно врезана и уклон русла меньше, чем долины. Кроме того, изучаемый участок представляет собой излучину, а русло Яузы прямолинейно. Величина расхода воды от года к году колеблется, но соотношение расходов сохраняется постоянным: на Яузе он во все годы наблюдений был выше на 2 порядка. Интересно распределение донных наносов. На Яузе русло песчаное с включениями мелкого и среднего плохо-окатанного щебня в стречневой зоне. Вдоль берегов тянутся полосы ила под водной растительностью. Поток Чертановки вскрывает водоупорный горизонт глины и только у самых берегов встречается ил – у намываемого и мелкий песок – у подмываемого берега.

Н.Н. Виноградова, О.В. Виноградова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

СТОК ГОРНЫХ РЕК КАВКАЗА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА*

В последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата отмечается увеличение водности для большинства рек ЕТС. Для горных рек, имеющих ледниковое питание, по представлениям ряда авторов, увеличение расходов воды происходит в процессе таяния ледника. В случае полной деградации питающего реку ледника потепление климата приводит к снижению водности рек. Однако, процессы, определяющие формирование стока горных рек, связаны не только с таянием ледников, но и с общими климатическими изменениями. В связи с этим изучение стока горных рек и их реакции на изменения климата является актуальной, но, к сожалению, ещё мало изученной проблемой.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 10-05-00357) и гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-3284.2010.5)

Для выявления факторов, определяющих формирование стока воды в бассейнах горных рек, на примере верхнего течения р. Баксана (до выхода на равнину) в Кабардино-Балкарии был проведён анализ изменения среднегодовых расходов воды за многолетний период. Этот анализ проводился как с помощью разностных интегральных кривых, так и графиков изменений расходов в течение этого периода. Полученные результаты сопоставлялись со сведениями по изменению климатических характеристик (осадков и температур воздуха) и интенсивностью таяния ледников в бассейне Баксана, представленных в работе Е.А. Золотарёва (2009).

Ледник Б. Азау, с которого берет начало р. Баксан, в настоящее время наиболее активно отступающий ледник, однако его отступление происходит неравномерно. Е.А. Золотарёв (2009) выделяет два периода остановки и некоторого продвижения ледника: 1910-1920 гг. и 1980-1990 гг. При этом им установлены отсутствие связи между колебаниями фронта ледника, количеством осадков и средней годовой температуры воздуха, что объясняется некоторой инерцией таяния ледника по отношению к изменению климатических характеристик.

Сток Баксана и его притоков формируется при значительной доле талых ледниковых и снеговых вод. Это обуславливает продолжительное весеннее-летнее половодье (с апреля-мая до сентября-октября), на которое накладываются дождевые паводки. Максимальные расходы и уровни воды наблюдаются в июле или августе. Баксан принимает значительное число притоков, большинство из которых берут начало в ледниковой зоне на высотах более 3000 м. Площадь оледенения в пределах их водосборов изменяется от 2 до 33%. Среднегодовые многолетние расходы воды к концу исследованного участка возрастают более чем в 3 раза, изменяясь от 10 м³/с (г.п. Тегенекли-12 км от истока) до 24,9 м³/с (г.п. Тырныауз – 45 км от истока) и до 34,4 м³/с (г.п. Заюково – 90 км от истока).

К сожалению, периоды наблюдений были разной продолжительности (от 40 до 78 лет с конца прошлого столетия до 2010 г.), но все же они позволили выявить тенденции изменения стока р. Баксана. В результате анализа разностных интегральных кривых среднегодовых расходов воды по постам были выделены три отчётливо выраженных периода изменения расходов воды на г.п. Тырныауз и Заюково. Первый период повышенной водности (1980-1990 гг.) совпадает с периодом наступания ледника, выделенного Е.А. Золотарёвым. Второй период повышенной водности наблюдался в 2001-2010 гг. Период пониженной водности наблюдался в 1991-2000 гг.

Анализ изменения среднегодовых расходов воды р. Баксан по постам Тырныауз (1971-2010 гг.) и Заюково (1931-2010 гг.) показывает, что в их изменении прослеживается тренд увеличения среднегодовых расходов воды в течение всего рассматриваемого периода. В абсолютных единицах это возрастание не значительное и характеризуется постоянными колебаниями значений расходов от года к году. Наибольшее повышение водности наблюдалось с 2001 по 2010 гг., когда значения расходов превысили среднемноголетние на 12,0 и 2,7% (г.п. Тырныауз) и 11,4% и 7,2% (г.п. Заюково)

соответственно. Наиболее значительное понижение водности р. Баксана на обоих постах наблюдалось с 1991 по 2000 гг. В этот период среднегодовой расход был на 11-12% ниже нормы. Эти отклонения в стоке реки подтверждают положения, изложенные в оценочном докладе: Об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации Госгидромета (2008), об отсутствии заметных изменений в стоке рек на юге ЕТС, в том числе в бассейне Терека, к которому относится р. Баксан. Понижение водности р. Баксан в 1991-2000 гг. и повышение её в 2001-2010 гг. хорошо согласуется с одним из вариантов прогноза изменения климата, определяющим конец прохладно-влажной (1995-1998 гг.), начало тепло-сухой (1999-2002 гг.) и пик тепло-сухой фазы (2003-2012 гг.). Именно на пик тепло-сухой фазы и приходится наибольшее повышение стока Баксана в 2001-2010 гг., что связано с возрастанием температуры воздуха, увеличением интенсивности таяния ледника и соответственно доли ледникового питания в формировании стока.

Аналогичные периоды повышенной водности отмечены на реках Черноморского побережья Кавказа (рр. Бзыбь, Мзымта), находящихся вне зоны ледникового питания. Таким образом, изменения водности рек зависят не только от интенсивности таяния ледника (в некоторых случаях наблюдается асинхронность этих процессов), но и от изменений климата.

Т.В. Гайфутдинова

Набережночелнинский государственный педагогический институт

РЕКА ШИЛЬНА

Река Шильна – левый приток Камы (ныне Нижнекамского водохранилища). Другие названия – Шильва, Шильнинка. Истинным названием, употребляемым в официальных документах XVI-XVII вв., считается «Шильва». Название «шильна» объясняется от угорских слов «шил» – мелколесье и «ва» – река; дословно «река мелколесья». На Шильне по всему её течению обычными являются заросли ивы, ивняки. Общее направление течения реки с юго-востока на северо-запад.

Длина реки Шильна по данным гидрологического справочника «Водные объекты Республики Татарстан» составляет 39,2 км. Измерение длины по космическим снимкам показало большее значение – 43,6 км. Коэффициент извилистости, рассчитанный по данным космических снимков – 2,3.

Бассейн реки Шильна полностью лежит в пределах Тукаевского района Республики Татарстан. Его площадь составляет 88 км². Все притоки Шильны правые: Ордиушка (6,4 км), Ржавец (4 км), Гардалинка (5 км), Калмашка (12,3 км), Бескачанка (13,4 км). Площадь бассейна по правому берегу в 1,5 раза меньше площади бассейна по левому берегу. В пределах бассейна реки Шильна (её правого берега) располагается высшая точка Тукаевского района (247 м).

В геоморфологическом плане река Шильна и её притоки берут начало на эоплейстоценовой поверхности выравнивания, сложенной породами пермской системы татарского яруса, и перекрыты элювиально-делювиальными отложениями (суглинками со щебнем, супесями). Большая часть бассейна реки Шильна – это ранненеоплейстоценовая поверхность выравнивания, представленная отложениями казанского яруса пермской системы, перекрытыми делювиально-соллюфлюкционными отложениями (суглинками, супесями, внизу с щебнем, сверху с прослоями погребённых почв). В геоморфологическом строении бассейна реки Шильна выделяется также центральный участок, представляющий собой погребённую плиоценовую долину, сложенную породами неогеновой и четвертичной систем. Долина реки Шильна в нижнем её течении сформирована на комплексе Камских террас.

Изучение русла реки в 2004 году на всём её протяжении (велись промеры глубин, ширины русла и скорости течения) показало: а) средняя ширина русла реки Шильна – 9,2 м; б) средняя глубина составила 0,6 м; в) средняя скорость течения – 0,5 м/с. В засушливое лето 2010 года ширина реки в низовье не превышало 3 м. На топографической карте 1954 года съёмки (до строительства Нижнекамского водохранилища) показано сильно меандрирующее русло реки Шильна от 7-15 метров ширины и 0,7-1,1 м глубины (в нижнем течении). Создание водохранилища привело к затоплению устьевой части Шильны и уменьшения общей длины её русла на 4 км.

Анализ современных космических снимков показал, что русло реки Шильна характеризуется как слабо меандрирующее с активным плановым смещением на отдельных участках (16% от общей длины русла). Были выделены 39 излучин 2-5 стадий развития (по Р.С. Чалову, А.С. Завадскому, А.В. Панину (2004): 2 стадия – сегментные развитые, 3 – сегментные крутые, 4 – омеговидные и синусоидальные, 5 стадия – крутые омеговидные, заваленные и пальцеобразные). Из общего числа выделенных излучин преобладают омеговидные излучины (4 стадия – 39%), сегментные развитые и сегментные крутые составили по 28%. Две излучины пятой стадии были определены как пальцеобразная и крутая омеговидная. Первая излучина (3 стадии) находится в 8 км от истока реки, последняя (5 стадии развития) из выделенных излучин – 10 км от устья. В водохранилище Шильна впадает двумя рукавами (длина правого – 306 м, левого рукава – 253 м). Деление на рукава наблюдается как в верхнем (на участке 600 м в 7 км от истока), так и в среднем течении Шильны (23 км от истока, длина рукавов 71 и 53 м). Ещё одной особенностью меандрирования Шильны можно считать незначительное, но преобладание левого смещения русла (по общему количеству излучин, а также по тому, что излучины 5 стадии развития имеют левое смещение).

В бассейне реки расположены населённые пункты, садовые общества. На Шильне и её притоках созданы пруды. Особенности меандрирования реки имеют большое значение для прогноза развития эрозии в среднем и нижнем её течении. Преобладание левого смещения излучин дополняется

активным развитием овражной эрозии на левом берегу бассейна Шильны. Именно этот участок в настоящее время включён в состав города Набережные Челны и представляет собой территорию активной застройки, как индивидуальной малоэтажной (коттеджи), так и строительства многоэтажных панельных домов. Обоснование активного развития речной и овражной эрозии на отдельных участках бассейна реки может стать основой для организации мониторинга и выработки системы требований к строительству и эксплуатации территорий.

Т.В. Гайфутдинова

Набережночелнинский государственный педагогический институт

НАПРАВЛЕННОСТЬ И ИМПУЛЬСИВНОСТЬ СМЕЩЕНИЯ РУСЛА РЕКИ ШИЛЬНА

Охват территории, на которую оказывает влияние деформации русла малых рек, несравнимо мал по сравнению с плановым смещением средних и крупных рек. С этой точки зрения, развитие излучин на малой реке не может иметь большого значения для хозяйственной деятельности человека. Однако на примере реки Шильна, протекающей по территории Тукаевского района Республики Татарстан, можно выделить несколько важных аспектов. В бассейне реки, площадь которого составляет 88 км², расположены населённые пункты сельского типа, садовые общества. На Шильне и её притоках созданы пруды.

В настоящее время в состав города Набережные Челны включён участок левого берега бассейна реки Шильна в среднем и нижнем её течении, на котором ведётся активная застройка территории, как индивидуальная малоэтажная (коттеджи), так и строительство многоэтажных панельных домов. Территория осложнена крупными овражными системами.

Все притоки Шильны правые: Ордиушка (6,4 км), Ржавец (4 км), Гардалинка (5 км), Калмашка (12,3 км), Бескачанка (13,4 км). Площадь бассейна по правому берегу 1,5 раз меньше площади бассейна по левому берегу. В пределах бассейна реки Шильна (её правого берега) располагается высшая точка Тукаевского района (247 м).

Анализ современных космических снимков показал, что русло реки Шильна характеризуется как слабо меандрирующее с активным плановым смещением лишь на отдельных участках. Суммарная длина излучин составила 16% от общей длины русла. Коэффициент извилистости, рассчитанный по данным космических снимков – 2,3. Были выделены 39 излучин 2-5 стадий развития (по Р.С. Чалову, А.С. Завадскому, А.В. Панину (2004): 2 стадия – сегментные развитые, 3 – сегментные крутые, 4 – омеговидные и синусоидальные, 5 стадия – крутые омеговидные, заваленные и пальцеобразные). Из общего числа выделенных излучин преобладают омеговидные излучины (4 стадия – 39%), сегментные развитые и сегментные крутые составили по 28%. Две излучины

пятой стадии были определены как пальцеобразная и крутая омеговидная. Обращает на себя внимание факт преобладания излучин 4 стадии развития на фоне слабо меандрирующего русла. Это свидетельствует об импульсивном характере планового смещения русла Шильны.

Первая излучина (3 стадии развития) находится в 8 км от истока реки, последняя (5 стадии развития) из выделенных излучин – 10 км от устья. Ещё одной особенностью меандрирования Шильны можно считать незначительное, но преобладание левого смещения русла (по общему количеству излучин левого смещения, а также по тому, что обе излучины 5 стадии развития также левого смещения). Изучение меандр малой реки Тойма (правого притока Камы) выявило также незначительное, но правое смещение. Обращает на себя внимание то, что реки противоположны друг другу по направлению течения.

В водохранилище Шильна впадает двумя рукавами (длина правого – 306 м, левого рукава – 253 м). Деление на рукава наблюдается как в верхнем (на участке 600 м в 7 км от истока), так и в среднем течении Шильны (23 км от истока, длина рукавов 71 и 53 м). Следует также отметить, что левый берег бассейна Шильны (особенно в нижнем течении в пределах города Набережные Челны) характеризуется активной овражной эрозией. Крупные овражные системы открываются в долину реки Шильна. Основной рост оврагов наблюдается в их отвешках. На этом участке направления речной и овражной эрозии совпадают. Синусоидальная излучина левого смещения развивается со средней скоростью 0,5-1 м в год в пределах населённого пункта Большая Шильна. Развитие излучины стало причиной переселения владельцев приусадебного участка, переработанного руслом реки. В настоящее время под угрозой обрушения находятся надворные постройки и сам дом. Несмотря на это, в непосредственной близости возводится коттедж владельцами соседнего участка.

Обоснование и прогноз направления активного развития речной и овражной эрозии в бассейне малой реки, импульсивности смещения русла на отдельных участках необходимо для безопасного строительства и эксплуатации зданий в черте города. Актуальным является вопрос организации мониторинга эрозионных процессов и выработки системы требований к строительству и эксплуатации объектов в северо-восточной части города Набережные Челны.

А.М. Гареев

Башкирский государственный университет

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ СТОКОФОРМИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА УСКОРЕННОЕ РАЗВИТИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

В многочисленных работах, опубликованных нами ранее, были всесторонне показаны особенности влияния хозяйственной деятельности человека на трансформацию склонового стока и последующее развитие эрозионных процессов (Гареев, 1995, 2001; Гареев, Хабибуллин, 2010). Основные

выводы сводятся к тому, что переуплотнение верхних горизонтов почвенного покрова, связанное с деградацией природных комплексов, приводит к нарастанию абсолютных и относительных показателей (модулей) склонового стока, соответственно, обуславливает нарастание энергии водных потоков. Это проявляется как на склонах речных бассейнов, так и малых реках 1-3 порядков (по нисходящей классификации).

В тоже время известно, что сами стокоформирующие факторы, также как и речной сток, подвержены изменениям в многолетнем разрезе в пространстве и времени. Соответственно, предполагая гипотезу, можно допустить, что указанные факторы также могут способствовать изменению интенсивности развития эрозионных процессов на водосборе (в лесных, лесостепных и степных пространствах в условиях их деградации, а также на пашне).

С учётом изложенного нами с 2007 г. по настоящее время проводятся исследования по изучению характеристик изменения основных стокоформирующих факторов во времени и их влияния на интенсивность развития эрозионных процессов.

В качестве исходной информации использованы материалы мониторинга по сети Росгидромета, включающие многолетние наблюдения, как за величиной осенних влагозапасов в почве, годовой суммы атмосферных осадков, осадков за тёплый и холодный сезоны, так и запасами воды в снеге перед началом весеннего снеготаяния, глубиной промерзания почвогрунтов, интенсивностью нарастания положительных температур во время весеннего снеготаяния и показателями жидких атмосферных осадков за указанное время. Примечательно, что указанные материалы нами были приобретены при финансовой поддержке фондом «Фольксваген».

Ниже вкратце представлен анализ методических положений проведенных расчётов и оценок, а также показаны характеристики отклонений одного из основных стокоформирующих факторов – атмосферных осадков.

Статистический анализ однородности временных рядов был осуществлён на основании применения методов Вилькоксона и нарастающих сумм. Из них в качестве наглядно представляющих зависимостей использован метод нарастающих сумм, выражаемый по зависимости

$$\sum_{i=1}^n x_i = f(t)$$

где x_i – пошаговые нарастающие (суммируемые) значения суммы атмосферных осадков по годам, i – порядковые номера значений, n – общее число лет, в течение которых осуществляется анализ изменения изучаемых параметров.

По постам, расположенным в пределах типичной лесостепи Южного Предуралья, было выявлено, что в многолетнем разрезе величины годовых сумм атмосферных осадков существенных изменений не испытывают. В то же время, с точки зрения оценки значимости влияния на развитие эрозионных процессов, наибольший интерес представляют тенденции изменения осадков за летнее и зимнее время.

Так, материалы, полученные на основании графического анализа показали, что после 1970-80-х гг. обнаруживается устойчивая тенденция изменения сумм летних атмосферных осадков и увеличение зимних. При этом, ежегодные показатели увеличения атмосферных осадков за зимнее время (снега) достигают 30-45 мм, что, несомненно, способствует увеличению вероятности формирования более высоких показателей склонового и речного стока. Это может привести к дальнейшей активизации развития эрозионных процессов в указанном регионе.

В последующем нами планируется проведение тщательного анализа изменчивости и остальных стокоформирующих факторов и их влияния на развитие эрозионных процессов.

И.В. Глейзер, И.Е. Егоров
Удмуртский госуниверситет

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ЗАИЛЕНИЯ ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Воткинское водохранилище было заполнено в 1964 году, его объём равнялся $9,4 \text{ км}^3$, площадь зеркала на момент заполнения составила 1120 км^2 . С этого времени начались активные процессы переформирования береговой зоны, продукты разрушения берегов начали поступать в чашу водохранилища, что, с одной стороны приводит к уменьшению полезного объёма, а с другой – увеличивает площадь зеркала и затраты воды на испарение. Процессы формирования берегов на различных участках одного и того же водохранилища протекают с различной интенсивностью. Наиболее быстрыми темпами перерабатываются абразионные берега в расширенном озеровидном глубоководном приплотинном районе Воткинского водохранилища в пределах территории Удмуртии, где отмечается наибольшая повторяемость и высота ветрового волнения.

Скорость разрушения берега в значительной степени зависит от их литологического состава. Берега, сложенные аргиллитами, алевролитами, песчаниками обычно представлены высокими обрывистыми склонами, на которых активно развиваются процессы осыпания и обваливания. Высота обрыва косвенно отражает скорость отступления берега. Фактически на обрывистых склонах проявляется действие двух процессов – осыпания, наиболее активно развивающегося весной и приводящего к формированию за короткий промежуток времени мощных шлейфов, и действия волн, размывающих эти осадки и подрезающих затем коренной склон. Крутизна склонов не меняется и они развиваются путём параллельного отступления. Скорость отступления склонов составляет в среднем 7-10 см/год. Осыпные процессы проявляются в течение всего года, но их скорость крайне неравномерна. Наибольшую часть материала даёт сравнительно короткий промежуток времени – с конца марта до середины мая, когда они резко активизируются в связи с колебаниями суточных температур около нулевой отметки. Отступление склонов за весенний период составляет 5-7 см, т.е. около 70-

75% годового итога. Наиболее интенсивно разрушаются берега, сложенные четвертичными суглинками – более 1,5-2 метра в год. Осыпные шлейфы на таких участках не образуются, здесь, как правило, происходит обрушение крупных блоков пород, быстро размываемых волнами. У этих берегов почти вертикальный клиф, основание которого соответствует уровню стояния воды в водохранилище. Подводная часть прибрежной зоны имеет небольшие углы наклона и довольно широкую полосу мелководья. С такой же примерно скоростью размываются оползневые тела. По нашим наблюдениям на оползне в районе д. Беркуты, с 2003 г. по 2010 г. уступ оползня отступил на 5 м, при том, что сам оползень продолжал постепенно смещаться в сторону акватории и сдвинулся на 10 м. Таким образом, абразионными процессами было размыто и перенесено вглубь акватории около 15м оползневого тела при высоте размываемого уступа 3,5-5 м.

На берегах, сложенных коренными породами, активно развиваются оползневые процессы. Преобладают деляпсивные оползни, свободно соскальзывающие к урезу воды, но не всегда достигающие его в течение одного года. Размеры их обычно невелики – шириной до 1,5-2 м, длиной до 12-15 м. Достигшие уреза воды оползни этого типа размываются волновыми процессами в течение одного летнего сезона. Крупные детрузивные оползни образуются редко. За последние 5 лет на обследуемой пятнадцатикилометровой береговой полосе образовалось только два таких оползня. Учитывая повсеместное и постоянное развитие процессов осыпания и обваливания, в то время как оползание на склонах, сложенных коренными породами всегда фрагментарно, и охватывает лишь небольшие отрезки береговой линии, можно утверждать, что именно эти процессы являются основными поставщиками материала в водохранилище.

Существенное значение в заилении водохранилища имеет поступление наносов с овражно-балочных водосборов и с речным стоком правого берега водохранилища, густо и глубоко расчленённого руслами рек и временными русловыми потоками. Значительное поступление материала со стоком обусловлено не только большими перепадами высот, но и высокой рапаханностью бассейнов. Весной, после предпаводкового сброса воды, на осушённых участках акватории водохранилища в створах оврагов, балок, нивально-эрозионных цирков образуются временные конуса выноса, перекрывающие мелководную зону слоем толщиной до 12-15 см. Затем материал этих конусов также переносится в глубоководную зону.

Небольшой объем материала поступает в чашу водохранилища в связи с эоловыми процессами. Их действие проявляется в течении всего года, в том числе и зимой, поскольку береговые обрывы не закрыты снегом. Выдуваемый мелкозём оседает в основном в неширокой – 50-75 м -прибрежной полосе. Больше всего эолового материала поступает при активизации осыпания – осыпь при движении по склону выбивает мелкозём, который затем разносится ветром. Объем ветровой денудации за холодную половину года можно определить, если взять пробы снега и их отфильтровать.

Обследование береговой зоны показывает, что за время эксплуатации берег водохранилища отступил в среднем на 52-55 м. Здесь сформировалась мелководная зона, в целом сохраняющая денудационный режим. На

её поверхности практически отсутствуют продукты разрушения берегов. При этом глубины у берегов остаются достаточными для свободного подхода волн, что определяет возможность абразии в течение всего периода открытого водоёма. Поэтому длительность безлёдного периода является важным фактором, определяющим интенсивность и характер переработки берегов. Процессы денудации и аккумуляции береговой зоны не находятся в стадии равновесия и активное переформирование берегов будет продолжаться ещё длительное время.

И.А. Гонеев, М.В. Кумани, А.А. Борзенков
Курский государственный университет

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭРОЗИОННОЙ СЕТИ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ МИХАЙЛОВСКОГО ГОКА

На процессы накопления и перемещения загрязняющих веществ на подверженной водной эрозии пашне в последнее время обращается большое внимание в работах российских и зарубежных исследователей (Литвина Л.Ф., Лисецкого Ф.Н., Голосова В.Н., Косиновой И.И. и др.). Нами было проведено изучение особенностей распределения ТМ в эрозионной сети зоны влияния Михайловского горно-обогатительного комбината (ГОК).

На западном и восточном склонах балки севернее с. Андреевка Железнодорожного района Курской области, то есть на подветренной и наветренной сторонах относительно основных объектов ГОКа, у истока р. Песочная нами были отобраны пробы почвы для последующего анализа содержания в них тяжёлых металлов (ТМ). Пробы отбирались в зоне интенсивной плоскостной эрозии, на склоне в зоне начального выполаживания склона и первичной аккумуляции и на дне балки в зоне аккумуляции.

Анализ данных позволил установить, что минимальная концентрация тяжёлых металлов характерна для подверженных плоскостной эрозии распахиваемых склонов. В зоне расположения геохимического барьера в средней части балочных склонов, покрытых травяной и кустарниковой растительностью, происходит накопление эрозионного материала и повышение концентраций тяжёлых металлов. На дне балки, в зоне транзита, концентрации выше, чем на водоразделе, но ниже, чем в зоне аккумуляции.

Из верхних звеньев эрозионной сети наносы и связанные с ними ТМ поступают в речную сеть. Поэтому в ходе исследования нами было изучено содержание тяжёлых металлов в донных отложениях малых рек, протекающих в зоне влияния Михайловского ГОКа, принадлежащих к бассейну реки Свапы. Водосборы этих рек находятся как в непосредственной близости от возможных источников поступления загрязняющих веществ, таких, как карьер, хвостохранилище, промплощадки ГОКа, автотрассы, урбанизированные территории, так и на значительном удалении от этих объектов.

Изменения концентрации тяжёлых металлов в донных отложениях от истоков до устья рек в зоне влияния Михайловского ГОКа имеют определённые закономерности. Так на изменение концентрации ТМ в донных

отложениях р. Чернь чётко выраженного влияния МГОКа не наблюдается. Незначительное содержание ТМ в р. Чернь прослеживается как у истока, так и в нижнем течении на уровне и ниже карьера. Повышения концентраций тяжёлых металлов в донных отложениях не наблюдается.

В то же время в донных отложениях р. Речицы, протекающей через г. Железнодорожск, очевидно резкое увеличение концентраций тяжёлых металлов ниже города. Причина этого – поступление загрязняющих веществ с неорганизованным стоком талых и ливневых вод с городских территорий. Следовательно, загрязнение донных отложений тяжёлыми металлами в первую очередь связано с различной хозяйственной деятельностью (урбанизация, транспортная сеть) на территории водосбора, и в меньшей степени с деятельностью Михайловского ГОКа.

Таким образом, проведённые нами исследования показали, что в целом содержание тяжёлых металлов в донных отложениях рек зоны влияния МГОКа увеличивается от истока к устью. Это может быть связано с переносом донных отложений, содержащих тяжёлые металлы, по течению, что приводит к сбору поллютантов по всему бассейну и аккумуляции их в устьевой части. Таким образом, наличие этих ТМ связано со всей хозяйственной деятельностью, которая происходит на территории водосбора.

Е.Н. Горбачева¹, А.Ф. Черныш², Ф.Е. Шалькевич²

¹*УП Космоаэрогеология, г. Минск*

²*Белорусский государственный университет, г. Минск*

ВЫЯВЛЕНИЕ, ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Способ выявления, оценки и картографирования эродированных почв на основе автоматизированного дешифрирования космической информации высокого разрешения разработан для дерново-подзолистых почв, развивающихся на мощных лёссовидных суглинках. Эти почвы в условиях Беларуси характеризуются самой низкой устойчивостью к эрозионной деградации.

В основе выявления и оценки эродированных дерново-подзолистых почв по космическим снимкам высокого разрешения лежит различие в цветности пахотных горизонтов эродированных и неэродированных почв. Физической основой формирования изображения эродированных почв на космических снимках является их спектральная отражательная способность, которая зависит от ряда генетических характеристик почв.

Цвет почвы – один из важнейших морфологических признаков, используемых при классификации и диагностике почв. Все полевые почвен-

ные исследования эродированных почв базируются на особенностях цвета почвы, наличия генетических горизонтов и их профильных сочетаний.

Поверхностные горизонты эродированных почв состоят из материала разрушаемых почвенных горизонтов, расположенных ниже по профилю, поэтому их цвет определяется цветом нижележащих горизонтов.

Окраска почвенных горизонтов дерново-подзолистых почв зависит главным образом от трёх групп веществ и соединений: а) гумуса, придающего почвам тёмную ахроматическую окраску; б) оксидов железа, окрашивающих почвы в красно-бурые тона; в) соединений кремния, алюминия, карбонатов и легкорастворимых солей, имеющих белый цвет и увеличивающих интенсивность отражения света почвами.

Как показал анализ спектрофотометрических данных, спектральная отражательная способность поверхностного горизонта пахотных почв является объективной характеристикой, позволяющей судить о степени их деградации при дистанционном исследовании состояния почвенного покрова.

Спектрофотোগраммы исследованных почвенных образцов представляют собой пологие кривые, монотонно поднимающиеся к красной области спектра. Данная закономерность отмечается как для спектральных кривых воздушно-сухих почв, так и для почв при их полевой влажности. Анализ графиков, полученных при полевом и лабораторном спектрометрировании позволил отметить, что для образцов поверхностного горизонта почв различной степени деградации (слабо-, средне- и сильноэродированных) можно выделить участок спектра 500-600 нм, в пределах которого изменения спектрофотометрических характеристик почвенных образцов наиболее существенны. Спектральные кривые отражения почв с повышенным содержанием соединений железа и красноцветных минералов (образцы поверхностного горизонта средне- и сильноэродированных почв) имеют характерный перегиб в диапазоне длин волн 480-640 нм, который появляется благодаря резкому увеличению коэффициентов отражения в этом спектральном диапазоне. Тангенс угла наклона ($\text{tg } \alpha$) подобных кривых в средней части спектра значительно больше, чем в крайних областях (табл. 1). Отсюда следует, что тангенс угла наклона спектральной кривой в диапазоне 500-600 нм может служить хорошей характеристикой особенностей спектральной отражательной способности эродированных почв.

Таблица 1. Спектрофотометрические характеристики образцов пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы различной степени деградации (в воздушно-сухом состоянии)

Степень эродированности	Гумус, %	Значения $\text{tg } \alpha$ в областях спектра		
		400-500 нм	500-600 нм	600-700 нм
Неэродированная почва	2,50	0,0313	0,0692	0,0473
Слабая	1,41	0,0409	0,0941	0,0635
Средняя	1,20	0,0397	0,1151	0,0664
Сильная	0,98	0,0414	0,1440	0,0572

Наблюдаемая зависимость позволяет использовать при выявлении, оценке и создании карт эродированных почв мультиспектральные космические снимки на основании преобразования исходных спектральных признаков. При этом используются два наиболее стабильных участка спектра оксидов железа. В красной области спектра (600-700 нм) минералы, содержащие Fe^{3+} характеризуются устойчиво высоким коэффициентом отражения, в синей области спектра (380-500 нм) – устойчиво низким.

Индекс оксида железа (отношение интегральной спектральной яркости поверхностного горизонта почвы в красной области к интегральной спектральной яркости в синей области спектра) может служить количественной оценкой интенсивности увеличения спектральной яркости в зелёной области спектра (500-600 нм), характеризующей степень эродированности почвенного покрова.

И.И. Григорьев, И.И. Рысин

Удмуртский госуниверситет, г. Ижевск

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ

Использование современных компьютерных технологий является основным при изучении эрозионных процессов на территории Удмуртской Республики (УР). Для решения ряда пространственных задач возникает необходимость в использовании специфических программных продуктов. В зависимости от масштабов и характера исследований, это могут быть как географические информационные системы (ГИС), так и программы инженерного назначения. На наш взгляд, использование программ инженерного назначения в географических исследованиях в настоящее время недооценено. Для решения проблем, требующих построения математически точных моделей, ГИСы зачастую не могут быть использованы, если речь идёт об описании и прогнозе развития отдельных форм рельефа. К таковым могут относиться активно растущие овраги, требующие детального исследования их морфометрии.

Регулярные наблюдения за развитием 168 оврагов различного типа в пределах 28 ключевых участков на территории Удмуртской Республики (УР) нами осуществляются с 1978 г. Среди изучаемых оврагов 9 являются техногенными. С 2002 по 2007 год в наблюдения были вовлечены дополнительно 10 техногенных оврагов, т.е. их общее количество составило 19. Работы по созданию топографических планов вершин оврагов были начаты в 2000 году. С тех пор на 13 активно растущих оврагах ежегодно проводятся работы по тахеометрической съёмке. С 2002 г. съёмка осуществляется электронным тахеометром "Trimble 3305", представляющим измерения в электронном виде с большой точностью. С 2006 г. обработка результатов тахеометрической съёмки осуществляется с применением программного ком-

плекса «CREDO». Он состоит из нескольких крупных систем и ряда дополнительных задач, объединённых в технологическую линию обработки информации в процессе создания различных объектов от производства изысканий до ведения мониторинга. Каждая из систем комплекса позволяет не только автоматизировать обработку информации в различных областях (инженерно-геодезических, геолого-геоморфологических и др.), но и сформировать единое информационное пространство, описывающее исходное состояние территории (модели рельефа, ситуации и др.).

Полевые измерения (горизонтальный угол, превышение и горизонтальное проложение) переносятся с тахеометра на жёсткий диск компьютера в виде текстового файла с расширением *.dat. Для того чтобы измерения за разные годы можно было сравнивать, грунтовым реперам на каждом объекте присваиваются условные прямоугольные координаты (например, $x=10000$, $y=10000$). Имея жёсткие исходные координаты реперов, можно вычислить координаты каждого пикета на объекте, используя систему CREDO_DAT. При обработке создаётся файл с расширением *.gds. Система CREDO_DAT позволяет осуществлять импорт данных, полученных с тахеометров различных типов, вводить данные из рукописных журналов, выполнять уравнивание с учётом различных поправок, создавать каталоги и вычерчивать схемы обоснования и пикетажа, экспортировать результаты обработки в открытый обменный формат комплекса «CREDO» и в формат DXF. Для зарисовки ситуации используется система CREDO_Топоплан 1.0.

Данная система позволяет создавать крупномасштабную цифровую модель местности (ЦММ). Исходными данными для создания ЦММ являются материалы обработки тахеометрической съёмки в системе CREDO_DAT. Цифровая модель местности состоит из цифровой модели рельефа (ЦМР) и цифровой модели ситуации (ЦМС). ЦМР представляет собой нерегулярную сетку треугольников с применением структурных линий и выделением участков для моделирования форм с изломами поверхности по границам. Рельеф отображается горизонталями различного вида либо в виде штриховки откоса или обрыва. Высота сечения рельефа, вид отображения горизонталей могут определяться как для всей поверхности, так и для её отдельных участков, состоящих из группы выбранных треугольников. По рельефу может определяться направление и величина уклона. ЦМС формируется из площадных, линейных, точечных объектов и отображается соответствующими условными знаками и текстовой информацией. Все данные распределяются по слоям, объединённым в иерархическую структуру, отражающую взаимосвязь частей объекта. В программе «CREDO Топоплан» создаётся серия слоёв, каждый из которых соответствует определённому году. При наложении можно судить о динамике процесса, кроме того, в результате этих действий определяется площадь, занимаемая оврагом, за каждый год наблюдения.

На основании совокупности пикетов строится поверхность, каждая точка которой имеет 3 координаты X, Y и Z. Таким образом, создаётся трёхмерная модель оврага. Следует заметить, что программа «Топоплан» не позволяет осуществить трёхмерную визуализацию всего объекта. На наш взгляд, это не является недостатком, поскольку такая визуализация не более чем удачный и эффектный способ демонстрации, не имеющий функционального значения. При необходимости, создав файл с расширением *.dxf, можно открыть его в программе AutoCAD и через функцию 3d Orbit осуществить трёхмерную визуализацию оврага.

Расчет объема вынесенного материала является абсолютно новым в том виде, в котором он выполняется в рамках описанных исследований. Расчёты объёмов производились и ранее, однако делалось это ручным способом, что сейчас не удовлетворяет ни требованиям к оперативности выполнения работ, ни к точности. Рассчитывать объёмы позволяет программа «CREDO Генплан», которая по своим функциональным возможностям очень похожа на упоминавшийся «Топоплан». Более того, они используют одну базу данных, и после обработки в «Топоплане» нет необходимости создавать обменные файлы для продолжения работы в «Генплане». Особенностью данной программы является специальный набор функций для работы с поверхностями: расчёт линий пересечения поверхностей, работа с профилями и разрезами, вычисление объёмов земляных масс. Выходные результаты представляются в виде чертежей (DXF-файлов), ведомостей и таблиц. Распечатка готовых чертежей осуществляется либо в самой программе «Топоплан», либо в программе «AutoCAD», каталогов - через любой текстовый редактор. Помимо прямой распечатки результатов, программный комплекс «CREDO» (система CREDO_Конвертер) позволяет осуществлять конвертирование данных в программу «MapInfo» - в файлы формата MIF и MID или в программу «AutoCAD» – файлы формата DXF.

В 2007-2008 годах на одном из оврагов (д. Крымская Слудка Кизнерского района УР) проведена детальная тахеометрическая съёмка, в результате чего было зафиксировано плановое и высотное положение всех микронеровностей, то есть всех рёбер граней склонов и днища оврага, в том числе его бровки. Все это позволяет определить объем материала, вынесенного из оврага по отношению к предыдущему моменту наблюдений. Так, например, площадь одного из оврагов увеличилась с 2007 по 2008 гг. на 257,67 м², а объем на 1473 м³, в то время как линейный прирост составил всего около 1 м.

Знание детальных количественных характеристик позволяет, во-первых, оценить рост оврага более полно и масштабно в отличие от традиционных линейных методов, и, во-вторых, позволит осуществлять прогнозирование развития оврага не только в виде линейного роста вершины, но и роста его в глубину и ширину с определением объёма.

Д. Денисов

Российский государственный гидрометеорологический университет

ГЕНЕЗИС РУСЛА РЕКИ НЕВЫ

Протяжённость Невы 74 км, примерно треть река протекает по территории Санкт-Петербурга. Река Нева одна из самых изученных, накопилось много информации о гидрологическом режиме Невы, но русловые процессы и генезис реки Невы изучены недостаточно. С точки зрения процессов, происходивших и происходящих в русле, есть много интересных особенностей, на которые не обращают внимания.

Русло реки Невы образовано долинами двух рек: Мги, текущей когда-то в Ладожское озеро, и Тосны, впадающей в Анцилово озеро. У Невы на всём протяжении нет поймы, и русло совершенно не похоже на русла большинства равнинных рек.

Сток реки Невы сильно зарегулирован Ладожским озером. Максимальный расход отличается от минимального в 2,7 раза. Это не похоже на большинство равнинных рек. Например, на Оке это различие в 88 раз.

История образования Невы началась около 10 тыс. лет назад, когда Пролатога соединялась с Анциловым озером на северо-западе, а на месте русла Невы текли две реки – Мга и Тосна. В результате геологических процессов бассейн Пролатоги поднялся на несколько метров, и потерял связь с Анциловым озером, будущим Балтийским морем. В течение долгого времени Пролатога переполнялась и затоплила окружающие территории. Около 2-3 тыс. лет назад вода затопила долину реки Мги, и около реки Тосна прорвалась и потекла по руслу Тосны в Балтийское море. Так образовались Ивановские пороги, где ширина русла Невы больше 1 км. Со временем вода отходила и освобождала затопленные территории.

Количество воды, которое потекло по долинам рек Мги и Тосны, было в десятки раз больше их собственного стока. Транспортирующая способность потока возросла во много раз и вымыла из долин рек всю аллювиальную пойму. Именно этот аллювий впоследствии образовал современную дельту реки Невы.

Нева на всей своей протяжённости слабоизвилистая. Процессы, происходящие в русле, не подходят ни к одному типу русловых процессов, предложенных нормативными документами. Наносы обычно перемещаются по руслу в виде побочней, осерёдков или донных гряд. Но ничего подобного не наблюдается на Неве. Это связано с тем, что все твёрдые частицы река получает из Ладожского озера, а не с поверхности водосбора. Деформации в русле происходят уже не по обычному сценарию аллювиальных рек, где все формы русла двигаются вниз по течению, а по другим принципам.

Интересно и образование берегов реки Невы. Чтобы понять, как они образовались, и что происходит с ними сейчас, следует сравнить деформации берегов в руслах рек и у водохранилищ. Типичная равнинная река течёт в русле, которое смещается в плане. Берега в таком случае либо

пологие, либо отвесные с прилегающим плёсом. Водохранилище, наоборот, деформирует коренные берега склонов долины. На берегах, образованных таким образом, всегда есть небольшие отмели. У Невских берегов есть признаки как речных, так водохранилищных берегов.

Русло реки Невы относительно прямое, на Неве всего три изгиба. Первый – Ивановские пороги; это самое широкое место по длине Невы, здесь сливаются две долины рек-предков Невы. Второй – Кривое колено. Максимальные скорости течения на этом повороте не у вогнутого берега, а у противоположного. Река пытается спрямить «искусственный» изгиб. И третий поворот – Смольнинское колено. Это единственное место на Неве, где происходили какие-либо деформации и русло смещалось в плане. На левом берегу есть аккумулятивное тело, имеющие свойства пляжа. Это единственное место на реке, где откладываются твёрдые частицы.

В будущем, при инженерных расчётах, проектировании и прогнозировании гидрологических явлений необходимо учитывать эти особенности.

А.М. Дербенцева

Дальневосточный федеральный университет

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ

Среди русловой эрозии временных водотоков различается: овражная (линейная) и плоскостная. Овражная эрозия приводит к ряду специфических последствий, таким, как сокращение сельскохозяйственных угодий, иссушению территории, образованию оползней, усложнению рельефа местности. По нашим наблюдениям рост оврагов в длину достигает 1,2 м/год, в ширину – до 0,2 м/год. Приведём пример наблюдений за развитием оврагов с 1972 года по настоящее время на территории Приханкайской равнины Приморского края, на текстурно-метаморфической почве. Ландшафт изрезан серией оврагов антропогенного происхождения. На данной территории глубина местных базисов эрозии составляет от 25 до 50 м. Современные формы овражно-балочного рельефа являются результатом древней эрозии и служат фоном для проявления современной эрозии. Возникновение новых эрозионных форм в виде незаравниваемых промоин и неглубоких оврагов происходит наиболее часто при выпадении значительных и сильных ливней при интенсивности 5-7 мм/мин и при слое осадков более 40 мм.

Наиболее продолжительные наблюдения за мутностью твёрдого стока и наносами осуществлялись в овраге № 4 – типичном для большой серии оврагов изученной территории. Овраг расположен на прямом распаханном склоне северо-западной экспозиции, со средним уклоном 5°. Длина оврага около 210 м, профиль тальвега слабовыпуклый, что является следствием геологического строения: элювиально-делювиальные отложения имеют мощность по всей длине склона 3-4 м и подстилаются гранитами. Граниты вскрываются овражным врезом в средней части оврага. Конус выноса оврага подрезается рекой.

Для наблюдения за формированием твердого стока и морфологическими характеристиками русла по длине оврага выбрано 3 экспериментальных участка. Участок (А) длиной 5 м расположен в верхней части оврага, где он прорезает подстилающую породу. В пределах этого участка происходят ежегодные переформирования русла оврага, его углубление и изменение в плане. Участок (Б) расположен в центральной части оврага, имеет длину 3 м и представляет собой углубление до 3 м, созданное основанием отвёршка, с шириной по дну около 1 м. Участок (В) расположен в приустьевой части оврага, но выше зоны подтопления рекой. Длина участка около 7 м, ширина по дну 4 -5 м.

Наблюдения за твёрдым стоком на трёх участках начинались с появлением воды в вершинной части оврага, а заканчивались с прекращением поступления поверхностного стока. Измерения величин мутности и стока в разные сезоны тёплого периода года (табл. 1) показали, что мутность потока – не стабильная величина по всему руслу оврага. Основная часть взвеси мелкозёма, транспортируемая овражными потоками, откладывается на конусе выноса.

Таблица 1. Средние значения мутности в разных частях оврага

Участок оврага	Сезон	Глубина потока, м / мутность потока, г/л		
А – верхний	весна	0,01/0,47	0,04/1,73	0,02/1,09
	лето	0,07/2,61	0,05/3,01	0,07/2,54
	осень	0,09/1,86	0,09/2,93	0,08/2,12
Б – средний	весна	0,02/1,10	0,04/2,54	0,06/2,24
	лето	0,07/3,02	0,09/6,33	0,06/4,07
	осень	0,08/4,61	0,09/4,16	0,10/5,28
В – нижний	весна	0,05/1,18	0,07/2,23	0,08/3,20
	лето	0,10/1,52	0,11/3,07	0,12/3,12
	осень	0,12/3,18	0,14/4,96	0,16/5,02

Проведённый анализ гранулометрического состава почв водосбора оврага и материала конуса выноса (табл. 2) выявил следующее.

Таблица 2. Гранулометрический состав

Горизонт/нанос, см	Глубина взятия образца, см	Гранулометрический состав почв (в %), величина фракций, мм							
		1- 0,25	0,25- 0,05	0,05 - 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	менее 0,001	менее 0,01	более 0,01
		Текстурно-метаморфическая почва							
P	0-24	3	17	24	10	7	39	56	44
Elm	24-42	4	23	26	8	14	25	47	53
Наносы в конусе выноса оврага									
Нанос	0-20	2	26	13	14	12	33	59	41

В профиле почв водосбора преобладают фракции ила, средней и мелкой пыли. В почвенном материале конуса выноса преобладает фракция ила и среднего песка. Это указывает на то, что конус выноса состоит из материала горизонтов Р и С. Часть мелкозёма, продолжая транспортироваться во взвешенном состоянии, вместе с поверхностными водами следует в гидрографическую сеть ручья, продолжая оседать как на пути к нему, так и в самой гидрографической сети.

А.М. Дербенцева, А.В. Назаркина, А.В. Черновалова
Дальневосточный федеральный университет

ВЗАИМОСВЯЗЬ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ДОЛИНЫ РЕКИ АМУР С ИХ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

При изучении почвенного покрова и почв естественных и антропогенных ландшафтов особую роль приобретают исследования их физико-механических свойств, как с точки зрения питательного субстрата, так и опорной механической системы. В связи с этим изучение физической прочности и устойчивости почв к механическим воздействиям в условиях муссонного климата (при котором морфологический профиль некоторых почв или их отдельные генетические горизонты длительное время находятся в состоянии, близком к текучему) становится актуальным. Реология, как наука о течении и деформациях материальных тел, о качестве структурных связей, преобладающих в природном теле и об их прочностных свойствах, позволяет исследовать почву в целом и её горизонты в отдельности в процессе течения и выделять его граничные условия. Одна и та же почва в зависимости от влажности может проявлять свойства текучести, упругости, пластичности. Известны два критических состояния в реологическом поведении почв: а) «предел Шведова» – предельное напряжение, после которого почва начинает течь с эффективной вязкостью; б) наступление упруго-вязкого состояния. Поэтому важно знать диапазон влажности, в котором почва течёт, то есть – когда начинают проявляться пластические деформации.

Для нахождения влажности, при которой начинают проявляться те или иные физико-механические свойства, Аттерберг предложил почвенно-механические константы: верхняя граница текучести – смесь глины с водой течёт как вода; нижняя граница текучести – в тесто почвы, помещённое в фарфоровую чашку и разделённое на две половины шпателем, при ударе о внешнюю поверхность чашки рукой вновь сливается в единую массу; граница клейкости – влажность, при которой почва перестаёт прилипать к другим предметам; граница скатывания в шнур – при скатывании почва распадается на отдельные кусочки.

Объектом исследования явились бурые лесные почвы, развитые в естественных ландшафтах долины реки Амур.

Решалась задача: выявить особенности реологических состояний бурых лесных почв по наиболее характерным для них физико-механическим свойствам, способным изменяться под влиянием эрозионных процессов.

Верхним пределом пластического состояния почвы служит влажность нижней границы текучести. Нижним пределом пластического состояния почвы является влажность границы скатывания почвы в шнур. Величина пластичности измеряется числом пластичности, которое представляет собой разницу в содержании воды в весовых процентах при нижней границе текучести и границе скатывания в шнур.

В интервале увлажнения от нижней до верхней границы пластичности почва деформируется с сохранением приданной ей формы, максимально набухает, обладает слабым сопротивлением при внешнем механическом воздействии. Механические воздействия могут быть различными: удары капель дождя, движение водных дождевых или талоснеговых потоков (при этом возникают эрозионные процессы и наступает механическая деградация почв); уплотнение почвенной массы под воздействием различных механизмов (при этом почва подвергается физической деградации). Верхний предел пластичности максимально связан с гранулометрическим составом почв. В тяжёлой по гранулометрическому составу изученной бурой лесной почве среднее значение влажности, при котором частицы почвы начинают двигаться, составляет 62%. Такая влажность обусловлена иловато-пылеватой фракцией гранулометрического состава. При дальнейшем увлажнении почвы приобретают способность течь.

Весьма ценным показателем при рассмотрении эрозионных процессов является величина влажности на границе скатывания почвы в шнур, которая характеризует нижний предел пластичности. Почвы обнаруживают аналогичную закономерность, которая характерна для верхнего предела пластичности. Однако значения влажности, соответствующие нижнему пределу пластичности, во всех исследованных почвах находятся в интервале 23-35%. Значения влажности, соответствующие верхнему пределу пластичности, более индивидуальны для каждого типа почв. Полученные данные позволяют определить диапазон влажности, в котором проявляются пластические свойства почвы. Сопоставление пределов пластичности и естественной влажности почв позволяет косвенно сделать вывод о том, в каком состоянии находится почва в естественных условиях - в твёрдом, пластичном или текучем. Определение консистенции почвы важно при определении спелости почвы для обработки и предотвращения эрозионных процессов. В этом случае учитывается влажность, соответствующая границе клейкости.

Граница клейкости у бурых лесных почв практически совпадает с верхним пределом пластичности и соответствует влажности около 62%. В изученных почвах значения влажности, соответствующие границе клейкости на 3-4% ниже, чем значения характерные для верхнего предела пластичности. Такая закономерность связана с особенностями гранулометрического состава и степенью агрегированности почв.

Таким образом, реологические константы, характеризующие состояние и поведение системы «почва - вода», косвенно показывают способность почвы противостоять эрозионному разрушению, вызванному природным или антропогенным фактором.

Ю.В. Ефремов

Кубанский государственный университет

АНТРОПОГЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ В БАСЕЙНЕ РЕКИ МЗЫМТА (ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

Река Мзымта – самая крупная река на южном склоне Западного Кавказа (в пределах России), впадающая в Чёрное море. Длина основного русла реки – 89 км, площадь бассейна – 885 км². Она берёт начало на южном склоне Главного Кавказского хребта на высоте 2980 м. В верховьях река вытекает из высокогорных озёр Малый Кардывач и Кардывач. В среднем течении она прорывается через хребет Аибга – Ачишхо, образуя Греческое ущелье, ниже она проходит через ущелье Ахцу и Ахштырское ущелье. Крупнейшие её притоки – Пслух, Ачипсе, Чвижепсе. Питание реки смешанное. Для неё характерны весенне-летнее половодье и дождевые паводки. Средний расход воды – около 50 м³/с (наибольший – 764 м³/с).

На реке расположен посёлок Красная Поляна, сёла Эсто-Садок, Казачий Брод и др. У посёлка Красная Поляна находится Краснополянская ГЭС. Имеется крупное хозяйство по разведению речной форели. В устье Мзымты расположен большой город, входящий в курорт Сочи. В верховьях этой реки и на некоторых её притоках находятся Кавказский биосферный заповедник, Сочинский национальный парк и несколько природных заказников.

В бассейне р. Мзымта ведётся масштабная хозяйственная и рекреационная деятельность. Интенсивно используются минеральные источники, работают десятки пансионатов, гостиниц и домов отдыха. Склоны гор в районе Красной Поляны популярны у любителей горнолыжного спорта и сноубординга. В бассейне реки на её склонах, русле и пойме с 2005 года осуществляется массивное строительство Олимпийских горнолыжных объектов (канатных дорог, лыжных и биатлонных трасс, отелей и др.). Самая крупная олимпийская стройка – это совмещённая автомобильная и железная дорога для подвоза участников от Адлера до Красной Поляны, которая свяжет объекты Зимних Олимпийских игр 2014 года.

В результате широкомасштабной хозяйственной и рекреационной деятельности бассейн р. Мзымта подвергается негативным антропогенным образованиям. В ходе строительства река подвергалась серьёзному антропогенному и техногенному воздействию, в пойме реки и на окрестных склонах массово уничтожается растительность. Строители не учитывали гидрологические особенности реки, а также экзогенные процессы и явления (обвалы, оползни, селевые потоки, снежные лавины и др.), распространённые в долине р. Мзымты. Без экологического обоснования спрямлялось её русло, подрезались склоны, создавались обширные котлованы для фундаментов

зданий, подстанций. Строительство некоторых важных инфраструктурных объектов осуществляется в опасных природных зонах. Например, одна из электрических подстанций построена на селевом конусе выноса в устье р. Салымовский, а другая – в русле р. Мзымта вблизи устья р. Ачипсе.

Экологи обращали внимание на проведение работ без разрешительной документации, а также на незаконный забор строителями гальки из русла реки р. Мзымта. Также упоминалось, что ряд отелей и гостевых домов, построенных для приёма отдыхающих в районе Красной Поляны, осуществляют слив сточных вод в реку без очистки

Загрязнение строительным мусором, отвалами, бытовыми отходами, нефтепродуктами и химическими реагентами – серьёзная экологическая проблема, которая решается очень медленно, а в некоторых случаях фактически игнорируется строителями.

По информации жителей посёлка Ахштырь (Адлерский район города Сочи), 8 января 2011 г. началось катастрофическое загрязнение сточными водами реки Дзыхра и расположенного на ней водохранилища. Загрязнение привело к массовой гибели рыбы в реке и водохранилище.

Некогда чистейшая речка Дзыхра, которая до начала олимпийской стройки входила в особо охраняемую зону Сочинского национального парка, превратилась в сточную канаву. Водохранилище, служившее излюбленным местом отдыха местных жителей, заполнено темно-сизой жижей и напоминает канализационный отстойник. Причиной загрязнения стали отвалы из тоннелей совмещённой дороги Адлер – Красная Поляна, колоссальную свалку которых ОАО "РЖД" организовало в верховьях реки на землях бывшего совхоза "Адлерский чай".

По имеющимся данным, в грунте, извлекаемом при бурении, присутствуют химические реагенты, которые и могли стать причиной гибели живых организмов в реке и водохранилище. В настоящее время загрязнённая вода достигла реки Мзымты – основной водной артерии Сочи.

Дальнейшие антропогенные преобразования указанного района могут привести к печальным последствиям. После возможного потепления, бурного таяния снегов и продолжительных ливней не исключено возникновение катастрофических паводков, селевых потоков и оползней. Они могут принести огромный ущерб населённым пунктам и олимпийским объектам.

А.С. Завадский

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА РЕКАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ*

Разнообразие природных условий Московской области, широкий диапазон возможных эрозионно-аккумулятивных процессов на реках, различные механизмы антропогенного воздействия на пойменно-русловые

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №10-05-00955-а)

комплексы находят своё отражение в характере и степени опасных форм проявлений русловых процессов.

Для общего представления об условиях формирования русел, основных механизмах их переформирования и степени антропогенной трансформации была разработана адаптированная к региональным особенностям Московского региона классификация типов речных русел. При этом была сделана попытка учесть морфодинамические и гидравлические особенности водотоков первых порядков, которые, кроме того, что играют первостепенную роль в формировании общего стока воды и наносов с водосбора, существенно отличаются по своим характеристикам от более крупных рек. Таким образом, при типизации русел рек Московской области было выполнено расширение классификационной схемы в сторону водотоков первых порядков, позволившее охарактеризовать основную составляющую русловой сети исследуемой территории. Детальному анализу были подвергнуты реки длиной более 50 км. По результатам этого исследования была составлена карта распространения морфодинамических типов русел, что позволило выделить районы со сравнительно однородными условиями их формирования.

Одним из основных механизмов развития русел, представляющих существующую или потенциальную угрозу для населённых пунктов, хозяйственно-бытовых, промышленных объектов, сельскохозяйственного фонда являются горизонтальные русловые деформации. Они могут быть охарактеризованы скоростями размыва береговой линии. Начиная с 2003 г. проводятся работы по наблюдениям за интенсивностью горизонтальных русловых деформаций на оборудованных стационарных участках. По получаемым и ежегодно обновляемым данным была подготовлена основа для количественной и пространственной оценки интенсивности русловых процессов не только на конкретных участках рек, но и в пределах отдельных природных районов или на реках определённой водоносности.

Для учёта характера и степени антропогенного воздействия на русловые процессы были проведены натурные исследования на реках Дубешня, Грязева, Нахабинка, Сетунь, Злодейка, Гвоздня. Были рассчитаны характерные для рек региона морфометрические и гидрологические характеристики, даны оценки современной степени антропогенной нагрузки и трансформации руслового и водного режимов, ландшафтного преобразования водосборных территорий, сделан прогноз дальнейшего изменения руслового режима в условиях возрастания антропогенного воздействия, в т.ч. при сооружении искусственных водоёмов. Последний аспект является очень важным, т.к. все большее число водотоков Московской области подвергается гидротехническому преобразованию, связанному с регулированием стока воды и наносов, направленному на рекреационное использование их пойменно-русловых комплексов. Также были рассмотрены вопросы антропогенной трансформации руслового режима рек в результате крупного гидротехнического строительства (создание водохранилищ) и межбассейновых перебросок стока воды (введение в 1937 г. в эксплуатацию канала им. Москвы). Особое внимание уделя-

ется нижнему течению р. Москвы в связи с проверкой гипотезы о возможном изменении темпов и направленности русловых деформаций на этой основной водной артерии Московского региона в последние десятилетия.

Учёт и правильное понимание отмеченных выше особенностей формирования русел необходимы при картографическом отображении опасности русловых процессов, позволяя достоверно выявить и оценить критериальные характеристики, определяющие степень (категорию) опасности. Одним из ведущих критериев определения категории опасности является характеристика скорости размыва пойменных берегов и уступов аккумулятивных речных террас. Количественно она характеризуется среднемаксимальной скоростью размыва берегов (м/год) и определяется в процессе анализа многолетних русловых деформаций на конкретных участках по сопоставлению топографических, лоцманских карт, аэро- и космических снимков разных лет, либо по данным натурных наблюдений. Процессы аккумуляции наносов рассматриваются с точки зрения угрозы занесения водозаборов, водовыпусков, акваторий затонов, портов, подходов к причалам, а также возможной степени ухудшения условий судоходства для рек Москвы и Оки.

На подготовленной карте «Опасность русловых процессов на реках Московской области» характеристика опасности показана в виде цветной ленты-диаграммы, наложенной на топографическую основу. Цвет центральной полосы несёт информацию о степени опасности русловых процессов (малоопасный, относительно опасный, опасный). В легенде приводится краткая характеристика форм проявления опасности. Цвет линий справа и слева от полосы указывает на возможную интенсивность размыва береговой линии в пределах выделенного участка: сплошная красная линия говорит об интенсивном размыве берега (среднемаксимальные скорости размыва – более 0,25 м/год), пунктирная красная линия – размыв берегов происходит с интенсивностью 0,1-0,25 м/год, пунктирная жёлтая линия – размывы на участке не превышают 0,1 м/год, сплошная чёрная линия – устойчивое состояние береговой линии в пределах всего участка. Отдельными знаками выделены мелиоративно-преобразованные и спрямлённые русла, мелиоративные каналы, канализованные русла и судоходные каналы, участки интенсивного врезания, приводящие к «посадке» уровней воды, плотины крупных гидротехнических сооружений и шлюзы. Печатный вариант карты подготовлен в масштабе 1:500 000.

Обобщённая и представленная в картографическом виде информация о механизмах, темпах и направленности русловых деформаций на реках Московской области может быть использована для прогнозных оценок учёта опасных форм проявлений русловых процессов при проектировании различных видов хозяйственной деятельности в речных долинах. Для водных объектов со слабой освещённостью научно-исследовательскими материалами она может оказать помощь на стадии разработки программ инженерных изысканий, при технико-экономических обоснованиях и подготовке экспертных заключений по гидротехническим, природоохранным и рекреационным мероприятиям.

А.С. Завадский, А.В. Чернов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК ВОЛГО-ОКСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Флювиальные формы рельефа отличаются высокой естественной динамичностью: русловые переформирования на широкопойменных реках становятся заметными уже в первые годы, а иногда и в первые месяцы после их начала. Такие темпы вполне соизмеримы с антропогенными изменениями в речных руслах и на поймах. В результате сочетания естественных и антропогенных процессов в речных долинах могут создаваться своеобразные природно-антропогенные пойменно-русловые комплексы (ПРК), отличающиеся высокой изменчивостью.

Однако, реальная морфология и динамика рельефа речных пойм и русел зависит от внешних условий формирования речных долин, как естественных, так и антропогенных. Отсюда следует, что в регионах с высокой плотностью и разнообразием хозяйственной деятельности динамика рельефа речных пойм и русел будет сложнее, чем в малообжитых районах. Данное положение обуславливает необходимость постановки и реализации комплексных исследований речных русел и пойм в освоенных регионах.

Для коллектива исследователей, представленных авторами доклада, таким регионом является Волго-Окское междуречье. Доступность этого региона позволила развернуть широкий спектр исследований пойменно-русловых комплексов рек различных размеров – малых и средних. Он включает в себя следующие направления:

1. Маршрутные исследования, охватывающие как можно большее число малых и средних рек. Маршруты учитывают различные природные условия, в которых расположены реки, а также уровень хозяйственной деятельности в их бассейнах. В маршрутные исследования входят изучение морфологии русла, поймы, склонов долин, опирающихся на русло и пойму, степени влияния на них различных внешних факторов (как природных, так и антропогенных), а также изучение рельефа дна русел. Результатом таких исследований является создание типизации ПРК, основанной на рельефе и динамике речных русел и пойм, а также – по степени их антропогенных изменений.

2. Картографирование выделенных типов русел, пойм и ПРК в целом, и районирование Волго-Окского междуречья по особенностям их распространения. Выделенные районы характеризуются различными условиями формирования и современного развития, а, следовательно, по разному реагируют на деятельность человека в руслах и на берегах малых и средних рек. Подобному районированию можно придать геоэкологическую направ-

ленность и оценивать в районах уровень экологической напряжённости и опасности русловых процессов, т.к. различные по своей динамике русла и поймы по разному реагируют на деятельность человека.

3. Транспортная доступность исследуемых рек позволяет организовать наблюдения за динамикой пойменно-русловых комплексов на ключевых участках рек. Выбор ключевых участков, в свою очередь, становится возможным после проведения типизации ПРК: стационарные посты за наблюдением за русловыми и пойменными процессами устанавливаются в наиболее характерных местах русел различных типов, где чётко определяется и доминирует какой-либо один ведущий природный или антропогенный фактор. Так, при изучении сезонной и многолетней динамики широкопойменных меандрирующих русел выбираются три вида излучин: пологие сегментные, сегментные с оптимальной кривизной ($l/L \approx 1,57$) и крутые (омеговидные, сегментные и пр.). Измерение отступления береговой линии в крыльях излучин и в их вершинах проводится два раза в год – после половодья и перед зимней меженью. При анализе скорости размывов берегов в каждую из фаз наблюдений обязательно учитывается объем стока соответствующей фазы, т.е. половодья и дождевых паводков.

Динамика пойменных ландшафтов изучается на ландшафтных профилях, проложенных перпендикулярно руслу от вершин излучин, где они фиксируют начало образования поймы, вглубь до уступа террасы или коренного борта долины. На участках молодой поймы уже за несколько лет можно проследить пойменную сукцессию, на участках зрелой поймы можно обнаружить следы высоких половодий, прогрессирующее заболачивание тыловых швов, следы других редко повторяющихся, но типичных для поймы сюжетов. При наблюдениях как за динамикой русла, так и за состоянием поймы, обязательно фиксируются все антропогенные изменения, происходящие с исследуемым ПРК.

Итогом комплексных маршрутных и стационарных исследований должна стать ГИС-«реки», в которой будут отражены наиболее важные характеристики ПРК изученных рек. Обязательной составляющей ГИС-«реки» должна стать цифровая модель рельефа как всего региона в целом, так и ключевых участков исследуемых рек; она позволяет упростить визуализацию полученных результатов, в частности, анализ динамики ключевых участков рек в естественных и природно-антропогенных условиях. Распространение данных, полученных на ключевых участках, на всю длину рек (с учётом локальных особенностей проявления природных и антропогенных факторов) позволит дополнить информацию ГИС и даст возможность составлять прогнозные оценки русловых деформаций и развития пойм и днщ речных долин в целом при различных сценариях изменения природных и антропогенных факторов.

В.В. Занозин

Астраханский государственный университет

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДТОПЛЕНИЯ г. АСТРАХАНИ

Изменение ландшафтной основы служит одной из причин многочисленных геоэкологических проблем, характерных для г. Астрахани. Самой сложной и специфической является подтопление города. Подтопление Астрахани носит ряд свойственных только данному городу особенностей. Главная причина рассматриваемого явления: нарушение естественного водного баланса в результате строительства и иной хозяйственной деятельности. Процесс изменения водного баланса на территории города на отдельных этапах его формирования складывался по-разному. В целом, выделяются два основных периода: до 50-60-х годов XX века и последние десятилетия, которые соответствуют зарегулированию Волги и интенсивному строительству. До зарегулирования Волги большую часть территории города во время половодья и паводков от водного потока защищали земляные валы и дамбы. Последние не являлись преградой на пути движения подземных вод. После спада воды наступал жаркий период с интенсивным испарением. При среднегодовом количестве осадков в окрестностях Астрахани около 200 мм испаряемость достигает более 1000 мм/год. Даже при глубине залегания грунтовых вод 1,5-2 метра величина испарения с их поверхности достигает 300-400 мм/год. Основное количество осадков - до 70% - выпадает летом, на высохшую и прогретую дневную поверхность, поэтому их инфильтрация до уровня грунтовых вод была незначительной. Плохо фильтрующие грунты препятствовали поступлению воды из водотоков. Мало что изменялось и при застройке города. Город располагался преимущественно на слабо изменённых природных комплексах, в целом сохраняя естественные черты рельефа. Инженерные сети практически отсутствовали. Городские водотоки (Кутум, Криуша, канал Варвация) в половодье открывались, а в межень их закрывали дамбами и плотинами. Улицы, тротуары, дворы были вымощены булыжником, или просто земляные, что не препятствовало испарению. Полив огородов и садов, а также зелёных насаждений был очень скудным.

Все изменилось с развитием современной застройки. С конца 50-х, начала 60 - х годов XX столетия началось повсеместное разрушение бугров Бэра и подсыпка понижений, в том числе мелких водотоков и водоёмов: ериков, ильменей. Это изменило режим и направление поверхностных и подземных вод: значительная часть города лишилась естественного дренажа. Были заасфальтированы большие площади. В итоге поверхность испарения резко уменьшилась. Сооружённая на локальных участках, плохо эксплуатируемая ливневая канализация сама служит источником питания

грунтовых вод. Процессу подтопления способствует также слабо контролируемый полив зелёных насаждений.

Темпы строительства в настоящее время водопровода значительно опережают развитие канализационной системы. Поэтому последняя функционирует в перегруженном режиме. Водонесущие и водоотводящие коммуникации, уложенные без местного дренажа в засоленные грунты, подвергаются коррозии, что ведёт к образованию многочисленных утечек.

Свой вклад в подтопление внесло и регулирование волжского стока. Теперь половодья и паводки не столь разрушительны, но в межень уровень воды во внутригородских водоёмах и водотоках выше прежнего и более продолжителен. Следовательно, хуже стала дренироваться территория города, повысился уровень грунтовых вод. Отрицательно отразилось на уровне грунтовых вод в районах старой капитальной застройки города его благоустройство. Постоянное повышение отметок улиц, тротуаров, проездов привело к тому, что старые дворы превратились в своеобразные накопители для сбора дождевых и талых вод. Гидроизоляция же стен оказалась глубоко под землей, повсеместно начался сильный процесс подъема вместе с водой соли. В настоящее время 30% площади города имеют глубину залегания грунтовых вод около половины метра, 35% – один метр и на остальной части свыше полутора метров.

Минерализация вод различна и колеблется от 0,1 до 110 г/литр. Подземные воды агрессивны ко всем видам строительных материалов.

В результате подтопления происходит формирование «куполов» подземных вод вблизи от дневной поверхности, особенно в новых районах с многоэтажными застройками. Это объясняется тем, что под городские новостройки осваиваются мало благоприятные по гидрогеологическим показателям земли, а также потерями воды из водонесущих и водоотводящих коммуникаций. Примером может служить микрорайон Юго-Восток-3, возведённый на месте бывшего ильмена Белого, посёлок Пригородный.

Как уже отмечалось, близкое залегание грунтовых вод вызывает отрицательное воздействие на состояние фундаментов зданий и сооружений, инженерных коммуникаций, что ведёт к снижению несущей способности грунтов и изменению их структуры, способствует задержке и накоплению различных веществ, выпадающих из атмосферного воздуха. Многие из них имеют канцерогенный характер. Возникающие в результате подтопления переувлажнение и вторичное засоление приводят к угнетению и даже гибели и без того довольно скудной растительности, способствует ухудшению медико-биологической обстановки в городе. Возрастает вероятность замыкания путей миграции паразитарных и бактериальных возбудителей, тем самым повышается риск возникновения инфекционной патологии, включая природно-очаговые и особо опасные заболевания.

В.В. Иванов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРЯМОЛИНЕЙНОГО РУСЛА В РАЗВЕТВЛЁННОЕ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА НИЖНЕЙ ВОЛГИ)

В условиях свободного развития горизонтальных деформаций относительно прямолинейные русла подразделяются на две основные разновидности – нетрансформирующиеся и трансформирующиеся. Первая разновидность подразумевает, что русло за историческое время сохраняет свои плановые очертания и его основные деформации сводятся к параллельному смещению относительно своей оси. В случае постепенного превращения в меандрирующее или разветвлённое прямолинейное русло относится ко второй разновидности. В природных условиях наиболее часто происходит трансформация прямолинейного русла в меандрирующее в результате неустойчивости прямолинейного движения потока, тогда как трансформация в разветвлённое происходит в основном при изменении условий руслоформирования. Примером последнего может служить участок русла Нижней Волги в районе перекатов Капитанских.

Анализ разновременного картографического материала (Лоцманских карт и космических снимков) за период 1917-2000 гг. показал последовательность трансформирования относительно прямолинейного русла в разветвлённое. В 1917 г. участок русла, начиная от устья острова Дембинского до острова Кабаний, представлял собой относительно прямолинейное русло с побочными, расположенными в шахматном порядке и единичными осередками, сформировавшимися в результате отторжения удлинённых частей побочной при прохождении поводных расходов воды.

Последующие к 1944 г. основные переформирования заключались в смещении осередков вниз по течению с различной скоростью и интенсивном размыве берегов по пути их смещения. Например, осередок Селитренный сместился за это время на расстояние свыше 1,0 км; средняя максимальная скорость размыва берегов на участке превышала 30 м/год. Произошло отторжение побочной в районе о. Сероглазинского (нижняя часть участка) и его смещение в виде осередка в правобережную часть русла.

В период 1944-1965 гг. процесс отторжения побочной на участке продолжался. Однако одновременно с ним происходило постепенное превращение части осередков в острова. Так, осередок Капитанский увеличился в размерах – с 1,5 до 3,0 км длины и с 360 до 600 м максимальной ширины. Расположенный от него ниже по течению о. Селитренный сместился в правобережную часть русла и присоединился к пойменному массиву острова Табун-Арал. В левобережной части русла, ранее занятой осередком Селитренным, сформировался новый осередок, получивший название Машки-

ны пески. Скорость смещения осерёдков и размывов берегов в данный период существенно понизилась до 10-15 м/год и 6-8 м/год соответственно.

В последующем (к 1982 г.) основные переформирования на участке заключались в формировании новых осерёдков (Скобинского в верхней части участка) и смещении вниз по течению островов и осерёдков. Остров Капитанский за это время сместился вниз по течению на 250-300 м, так же как и о. Верхний Селитренный. Наиболее интенсивно переформировывался осерёдок Машкины Пески, который стал занимать центральную часть русла и увеличился в размерах (3200x700 м). Интенсивность размыва пойменных берегов при этом снизилась до 3-5 м/год.

В период 1982–2000 гг. на участке последовало продолжение образования новых осерёдков и превращения части старых в острова. Так в левобережной части в начале участка осерёдок Скобинский превратился в остров, заросший растительностью и отделённый от левобережного пойменного массива неширокой протокой. Остров Капитанский сместился вниз по течению на 700 м, его ширина стала достигать 900 м, а наиболее повышенная часть полностью заросла растительностью (ивняком). Осерёдок Машкины Пески был существенно размыт, но его повышенная часть заросла ивняком и превратилась в остров. Частично размыт был и о. Верхний Селитренный, отделяющийся от о. Табу-Арал правобережной протокой.

Таким образом, к 2000 г. общая протяжённость островов на участке составила более 8,0 км, что соответствует 45% общей протяжённости участка. Используя критерий морфологической однородности участка (в случае если морфодинамический тип русла занимает более 70% от протяжённости участка, то он принимается за доминирующий) можно утверждать, что прямолинейный участок трансформировался в разветвлённый.

Такая трансформация непосредственно связана с изменением условий формирования русла – изменением влияния основных факторов русловых процессов – стока воды и наносов.

До создания каскада водохранилищ на Волге (1917-1944) на участке преобладала аккумуляция наносов. Это подтверждается и изменением площадей размыва и аккумуляции на участке. К 1944 г. площадь аккумулятивных образований превысил площадь размыва на 1,38 км². При этом аккумуляция в русле превышала размыв на 3,22 км². В период 1944-1965 гг., когда влияние каскада водохранилищ по регулированию стока воды и наносов сказалось в полной мере, площади аккумулятивных образований в русле превышали размываемые всего на 0,84 км². После сооружения Волгоградского водохранилища (1965-1982 гг.) сохранилось преобладание аккумуляции в пределах русла (+1,0 км²) при равенстве размыва пойменных берегов и аккумуляции у них. Этот период соответствует условиям приспособления русла к новым руслоформирующим расходам воды. Только после 1982 г. отмечается преобладание размыва берегов над аккумуляцией.

А.Г. Илларионов

Удмуртский государственный университет

К ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ РИСУНКА И СОВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ РЕЧНОЙ СЕТИ ВЯТСКОГО БАССЕЙНА

1. Формирование рисунка и современной структуры речной сети Вятского бассейна шло под влиянием двух основных факторов – *геодинамики* восточной части Русской платформы на неотектоническом этапе и *циклического изменения климата* в плейстоцене. Восточная часть Русской платформы на неотектоническом этапе испытала значительное воздействие сопряжённых с нею орогенных областей – возрождённого Урала и горных сооружений альпийского пояса. Активная геодинамика орогенных областей на платформе выразилась в образовании ортогональных деформаций большого радиуса действия. Морфологическим выражением этих деформаций являются наложенные друг на друга крупные орографические элементы: меридионально и широтно вытянутые возвышенности, кряжи, увалы и разделяющие их депрессии. Другой формой проявления геодинамики были подвижки отдельных блоков и пластин земной коры, видимо за счёт проявления сдвиговой и гравитационной тектоники. В орографии земной поверхности они выражены, чаще всего, в виде линейментов диагональных простираний. Геоструктурная основа находит достаточно чёткое выражение в крупных чертах рисунка речной сети Вятского бассейна. Последствия циклического изменения климата в квартере проявились в двукратном покрытии площади северной части бассейна в контурах Северных Увалов среднеплейстоценовыми ледниковыми щитами эпох днепровского и московского оледенений. Ледники в стадии относительно стабильного, стационарного функционирования и, особенно, в стадии деградации (отступления) оказывали мощное воздействие на речные системы – во-первых, из-за *избыточности стока* в виде талых вод, которая формировала, в контурах некоторых депрессий, водоёмы с подпруженным или слабопроточным режимом; во-вторых, вследствие *смены*, в эпохи оледенений, перстративной *фазы русловых процессов* на констративную. Эта смена сопровождалась подъёмом русел рек и выходом их на низкие междуречья, что приводило не только к изменению рисунка, но иногда и существенной перестройке структуры речной системы в водосборном бассейне. Все эти события очень ярко проявились в бассейне Вятки.

2. По особенностям геолого-геоморфологического строения долины, рисунку, структуре составных элементов, Вятку, в контурах ее водосборного бассейна, можно разделить на *пять* участков. *Первый* участок – Вятка в своих истоках; *второй* – в пределах Лойно-Слободской низины; *третий* – Кишкильской низменности; *четвёртый* – Вятка при пересечении ею Вятского Увала и *пятый* – Вятка до устья, ниже по течению от Вятского Увала.

3. Различное геолого-геоморфологическое строение долины Вятки на разных её участках свидетельствует о сложной, многостадийной истории

становления её современной структуры. В этой истории мы выделяем *три* основные, переломные стадии. Наиболее *древняя стадия* относится к раннему плиоцену, ко времени формирования Вятского Увала как неотектонического поднятия. Это поднятие сопровождалось предкинельским врезом рек, сконцентрировавшихся в двух водосборных бассейнах. Северный бассейн, совпадающий, в целом, с водосбором правобережных притоков Вятки на втором участке, в среднем плейстоцене был перекрыт ледниковыми отложениями. Водоприёмником плиоценовых палео-рек и раннеплейстоценовых (венедских) пра-рек северного бассейна, на наш взгляд, была Великая Волжская равнина, представлявшая, по мнению Б.Ф. Фридмана и В.К. Пригоды (2005), чётко обособившуюся отрицательную геоструктуру, сформировавшуюся на месте сопряжения двух литосферных плит – Варяжской и Сарматской. Современные долины правобережных притоков Вятки, на втором участке, судя по их юному, коленчато-решётчатому рисунку, в отличие от долин Чепцы и Быстрицы, образовались лишь после деградации среднеплейстоценовых ледниковых покровов. Реки южного бассейна, отделённые от рек северного бассейна Вятским Увалом и широтным Красногорским валом, развивались синхронно Нижней Каме, что подтверждается морфологическим сходством долин и возрастом аллювиальных свит, принимающих участие в их строении. Изолированность бассейнов сохранилась и во *вторую стадию* их развития. Особенно примечательной эта стадия была для рек северного бассейна, вследствие образования в их долинах подпрудных, слабо проточных водоёмов и обширных задровых полей. Спуск подпрудных водоёмов, врез Вятки и её крупных притоков в долинные задры и объединение водотоков северного и южного бассейнов в единую речную систему произошли лишь в *третью стадию*. По времени она совпадает с формированием Советского спиллвея на месте прорыва руслом Вятки Вятского Увала. Это событие совпало с региональной активизацией тектонических движений, оставивших след в долинах рек востока Русской равнины в виде так называемого «пердвюрмского» эрозионного вреза рек.

В.Н. Ильин, И.В. Никонорова

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

ЭРОЗИОННЫЙ СМЫВ КАК ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ*

При вычислении антропогенных нагрузок (АН) одноранговых природных комплексов (в частности – типов местности) возникает проблема выбора ключевого показателя. Решение данного вопроса для территории

* Работа выполнена в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, мероприятие 1.3.2., ГК №П375.

Чувашской Республики, характеризующейся высокой дифференциацией качественных и количественных показателей АН, возможно с использованием метода анализа эрозионного смыва с различных сельскохозяйственно-освоенных территорий, т.к. эрозия почв является одним из наиболее характерных негативных последствий антропогенных нагрузок. Используя величину эрозии в виде индикатора нагрузки, можно не только получить сравнительную характеристику территориальных единиц, но и определить потенциал устойчивости ландшафтов, степень остроты экологической ситуации. В пользу использования данного метода говорят: широкое распространение в республике сельскохозяйственных угодий (56,7% от общей площади), которые характеризуются высокой дифференциацией показателей смыва; наличие подробной информации о показателях и характере эрозионного смыва для территории Чувашии в разрезе муниципальных единиц.

Территория Чувашской Республики в целом отличается высоким эрозионным потенциалом: расчленённый оврагами и балками рельеф с крутыми склонами обеспечивает общий значительный уровень современной эрозии почв. Климатические условия обуславливают проявление как ливневой эрозии, так и эрозии при снеготаянии. Однако, земли лесного фонда, пастбищ и сенокосов характеризуется допустимыми показателями эрозионного смыва. Поэтому для подробного изучения были выбраны именно пахотные земли – 818,9 тыс. га (44,6% от площади республики) на различных типах местности.

На территории Чувашской Республики выделяется 5 типов местности: плакорный, склоновый, террасовый, пойменный и долинно-речной. В площадном соотношении преобладает склоновый, который по площади практически в 2 раза больше плакорного и составляет 46,6% территории республики, далее идёт плакорный тип – 26%, долинно-речной – 14,14%, пойменный – 6,15% и террасовый – 6,11%. Доля пашни, приуроченной к склоновому типу местности намного выше, чем к плакорному (60% и 45,7% соответственно). Для террасового типа этот показатель равен 24%, пойменного – 13%, долинно-речного – 2,7%. В свою очередь, показатели смытости почв для различных типов местностей весьма различны.

Смыв с пашни превышает естественное почвообразование на 80% площади плакоров и склоновых типов местности; 50% - террасовых типов и 15% - пойменных типов. Наибольшие показатели смыва характерны на пашнях плакоров и склонов северной части республики, средние значения – для плакоров и склонов юга-востока Чувашии, для пойм и террас долинно-речного типа (долины рек Аниш, Цивиль, Урюм). Наименее подвержены смыву пойменная и террасовая типы местности (долина р. Сура), где данный показатель минимален (до 1 т/га в год). Наибольшее значение смыва характерно для склоновых и плакорных типов местности северо-запада Чувашии, где площадь сильноосмытых почв занимает 90 тыс. га.

Возможность применения показателей эрозионного смыва для анализа распределения антропогенных нагрузок подтверждается проведёнными впоследствии вычислениями значений комплексной антропогенной нагруз-

ки на ПТК Чувашской Республики. Для этого применялся метод, основанный на нормировании и взвешивании анализируемых показателей. Главное условие, которое должно при этом соблюдаться, чтобы параметр при нормировании не принимал отрицательного значения и не был бы больше единицы. Этим условиям удовлетворяет следующий способ:

$$R_H = (R_i - R_{min}) / (R_{max} - R_{min})$$

Количественная величина антропогенной нагрузки составляет сумму произведения доли того или иного типа землепользования на его весовой коэффициент.

Для наиболее точного анализа показателей АН в рассматриваемой методике следует учитывать устойчивость каждого из исследуемых природных комплексов к антропогенному воздействию. Оптимальным соотношением по восстановительной способности различных ПТК является следующее: антропогенная нагрузка на плакорном типе местности приравнивается 1; на террасовом типе местности данной показатель увеличивается на 1,2; на склоновом – на 1,5; на пойменном и долинно-речном – в 2 раза.

В ходе проведённого анализа комплексных показателей АН было выявлено, что наибольшую антропогенную нагрузку испытывают склоновый и долинно-речной типы местности. Они характеризуются в основном неудовлетворительным и критическим состоянием в большинстве административных районов Чувашии. Для остальных типов местности в большинстве административных районов Чувашии АН носит умеренный характер. Таким образом сопоставление эрозионного смыва с типами местности позволяет дифференцировать природные сообщества по степени антропогенной нагрузки. Анализ показателей эрозионного смыва может служить титульным при дифференциации природных комплексов территории Чувашской Республики по степени антропогенной нагрузки, что подтверждается проведёнными исследованиями.

В.К. Калужный

ФГУ «Камское государственное бассейновое управление водных путей и судоходства»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ «ПОСАДКИ» УРОВНЕЙ ВОДЫ НА РЕКЕ БЕЛАЯ

В совместной публикации 2000 года ученые Барышников Н.Б. (ГГИ), Беркович К.М. (МГУ) и Гареев А.М. (БашГУ) дали развернутый ретроспективный анализ динамики наинизших уровней воды на реке Белая за период с 1965 года и в сравнении с данными 50-х г.г. прошлого века.

Научными исследованиями было установлено, что уровни по водопосту Уфа начали снижаться с 50-х годов, к 1965 году величина их «посадки» составила 50 см, к 1982 году – 125 см и к 1995 году достигла 170 см. Максимальная скорость снижения уровней достигала 7 см/год.

За этот период в районе Первушино (90 км от устья р. Уфа) «посадка» низких меженных уровней составила 80 см. По водпосту Бирск при наличии циклических колебаний, связанных с изменением водности и стока наносов реки Белая, «посадка» уровней не зафиксирована.

Научно и практически доказано, что снижение уровней воды по водпосту Уфа вследствие выполнения путевых дноуглубительных работ по увеличению и поддержанию гарантированных габаритов судового хода не превышает 20 см (около 10% от общей величины). Главной причиной «посадки» уровней является интенсивная разработка русловых карьеров НСМ на пригородном участке реки с начала 50-х годов.

За период с 1965 по 1995 год из русла и поймы реки Белая только Уфимским речным портом было извлечено более 85 млн. м³ ПГС. До 1991 года объем добычи непрерывно возрастал и достиг 7 млн. м³ за навигацию.

По мере смещения основных районов добычи от Уфы вниз по течению реки «волна» понижения меженного уровня к 1965 году продвинулась до района Благовещенска (70 км от Уфы) и в настоящее время находится в районе Печенкино (150-й км). Скорость перемещения «волны» составляла 2-3 км в год.

Впереди «волны», непосредственно за зоной понижения уровней, наблюдалось интенсивное отложение наносов, возникших в процессе трансгрессивной эрозии русла, обусловленной предшествующей разработкой карьеров. Это приводило к значительному увеличению объемов дноуглубительных работ по расчистке судовых ходов на этих участках.

В исследовании МГУ также отмечено понижение за рассматриваемый период меженных уровней воды на пригородных участках рек Уфа и Верхняя Белая, обусловленное как разработкой местных русловых карьеров, так и регрессивной эрозией русла вследствие многолетней добычи НСМ на участках, расположенных ниже устья реки Уфа. К сожалению, по ряду причин научные исследования на верхних участках рек не были завершены и более детальный анализ «посадки» уровней сделать не представляется пока возможным.

Маловодье последних трех навигаций и обострившиеся в связи с этим проблемы поддержания судоходных глубин вынудили нас самостоятельно продолжить изучение проблемы «посадки» уровней воды на Белой.

Известно, что наинизшие уровни воды наилучшим образом характеризуют изменение отметок дна реки, так как сток в период стояния таких уровней (обычно осень) формируется в основном за счет грунтового питания, хотя имеется также зависимость от метеорологических условий конкретного года.

Построенные нами графики наинизших уровней воды по водпостам Уфа и Бирск за последние 50 лет (1961-2010 г.г.) позволили выявить цикличность маловодий на Белой – 6-8 лет и их продолжительность – 2-3 года.

Анализ построенных графиков обеспеченности проектных уровней воды по водпостам Уфа и Бирск нарастающим итогом с 1967 года по настоящее время показал, что на фоне циклических колебаний величин в со-

ответствии с циклами изменения водности навигаций прослеживаются отчетливо выраженные тенденции.

По водпосту Уфа отмечается устойчивая тенденция снижения обеспеченности проектного уровня, что свидетельствует о наличии «посадки» низких меженных уровней воды.

По водпосту Бирск в большей степени для старого проектного уровня, соответствующего «0» графика и в меньшей степени для нового, соответствующего отметке + 20 см, отмечается повышение их многолетней обеспеченности, что косвенно подтверждает факт отсутствия «посадки» уровней по данному посту.

Учитывая это обстоятельство, нами был построен совмещенный график наинизших навигационных уровней по водпостам Уфа и Бирск за период 1967-2010 г.г. и интегральная кривая разности минимальных уровней. Поскольку «посадка» уровней воды по водпосту Бирск отсутствует, данная кривая отражает «посадку» уровней по водпосту Уфа за рассматриваемый период, достигшую к 2000 году величины около 1 м.

Анализ тренда этой зависимости показывает, что с 2000 года наблюдается стабилизация и небольшое восстановление наинизших уровней воды по водпосту Уфа.

Построенный совмещенный график связи минимальных уровней воды по водпостам Уфа и Бирск за период с 1967 по 2010 год в хронологической последовательности показал, что точки, соответствующие годам маловодных и полноводных периодов, за редким исключением, хорошо укладываются в отдельные прямые линии каждого такого периода.

Система линий в строгом хронологическом порядке постепенно смещается влево по оси координат графика, соответствующей данным водпоста Уфа и характеризует изменение величины «посадки» уровня, а углы наклона прямых линий циклов к этой оси графика характеризуют интенсивность понижения отметок дна и «посадки» уровней в каждом периоде. В циклы многоводья этот процесс происходит быстрее, чем в маловодные периоды.

Расстояния по горизонтальной оси координат между точками пересечения ее линиями циклов также характеризуют скорость процесса «посадки». На графике хорошо заметно, что с 1991 года, после прекращения добычи ПГС в пригороде Уфы, снижение уровней резко замедлилось, а в период 1996-2010 г.г. практически все точки графика укладываются на одну прямую. Это свидетельствует о прекращении «посадки» и стабилизации уровней воды по водпосту Уфа.

Выводы:

1. После резкого сокращения объемов добычи НСМ из русловых карьеров р. Белая в последние 10 лет отмечено прекращение «посадки» уровней воды по водпосту Уфа и начало стабилизации русла.

2. Вследствие перехвата транзитных наносов русловыми карьерами и уменьшения трансгрессивной эрозии ниже отработанных карьеров

отмечается снижение потребных объемов путевых дноуглубительных работ по расчистке судовых ходов, особенно, в маловодные годы.

3. В связи с продолжением в ограниченных объемах русловой добычи НСМ на реке Верхняя Белая необходимо выполнение мониторинга русловых процессов и завершение научных исследований на участке Охлебинино – устье р. Уфа.

Необходимо проведение исследований последствий сжатия русла искусственными ГТС (мосты, дамбы, стесняющие пойменный поток и т.п.).

А.З. Карабаева

Астраханский государственный университет

ВОДНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ ЗАПАДНОГО ИЛЬМЕННО-БУГРОВОГО РАЙОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Водные геосистемы Западного ильменно-бугрового района представлены уникальными природными гидрографическими объектами. Предметом изучения выбраны ильмени (озёрные впадины) исследуемого района, что даёт возможность оценить перспективы использования их с учётом современного экологического состояния и природопользования.

Площадь западно-подступных ильменей составляет около 45,1 тыс. га, в том числе 18,6 тыс. га под водой.

В геоморфологическом отношении исследуемый район представляет собой первичную морскую аккумулятивную равнину, поверхность которой осложнена бэровскими буграми и сильно запутанным лабиринтом межбугровых понижений, занятыми водотоками, ериками и ильменями. Многие из них в недавнем прошлом соединялись с Волгой или Каспийским морем, получая оттуда воду. В настоящее время система западно-подступных ильменей подпитывается только во время весеннего половодья из рек: Хурдун, Бушма, Прямой Бертюль, ерик Ножовский и другие.

Бэровские бугры образуют положительные формы рельефа ильменно-бугрового района и являются важнейшим элементом местного ландшафта. Они имеют субширотную ориентацию. Южные склоны бугров положе северных. Вершины, как правило, плоские. Отдельные бугры соединяются между собой межбугровыми седловинами и образуют гряды. По данным А.А. Свиточа и Т.С. Ключиткина (2008) склоны бэровских бугров плавно переходят в межбугровые впадины, часть которых занята ильменями. Относительная высота этих бугров колеблется от 6 до 20 метров. Территория занятая бэровскими буграми, составляет 53% от всей площади равнины, а впадины занимают остальные 47% территории. В исследуемом регионе наиболее хорошо в отличие от других мест Астраханской области сохранились данные элементы рельефа.

Ильмени – местное название пойменных и дельтовых озёр волжского Понизовья. По данным наших исследований длина их колеблется от

1,0 до 15-20 км, а ширина от 0,2 до 1,5 км. Глубина ильменей варьирует от 0,5 до 1,5 м в меженный период и достигает 2,0-3,5 м в дни весеннего половодья.

Форма их зависит от расположения котловин в одной или нескольких межбугровых понижениях. Если ильмени расположены в одной межбугровой котловине, они, как правило, ориентированы в субширотном направлении. Ильмени, находящиеся в нескольких межбугровых понижениях имеют неправильную форму и могут быть вытянуты в субширотном и субмеридианальном направлении. Большинство ильменей соединяются между собой ериками разной длины, вследствие чего образуются вытянутые с востока на запад цепочки ильменей. Характерной чертой является то, что соединение ильменных цепочек между собой осуществляется при помощи ильменей, расположенных в нескольких котловинах или, что наблюдается реже, посредством ериков.

Донные отложения представлены послехвалынскими песчано-глинистыми осадками с небольшими линзами илистых фракций.

В последние десятилетия большинство водоёмов ильменно-бугрового района находятся в крайне неудовлетворительном экологическом состоянии, что обусловлено рядом природных особенностей, а также интенсивной деятельностью человека. При этом масштабы хозяйственного воздействия таковы, что приводят к нарушению целостности ильменных ландшафтов и ослаблению их потенциальных возможностей самовосстановления.

Гидрологический режим зоны Западно-подступных ильменей в естественных условиях сильно зависит от высоты стояния и продолжительности весенних половодий. После зарегулирования р. Волги Волгоградской ГЭС продолжительность и водность половодий значительно сократилась. Многие протоки, по которым волжская вода поступала в зону Западно-подступных ильменей, оказались перегорожены дамбами. В результате площадь ильменей сократилась. На местах бывших пресноводных ильменей формируются пересохшие, с небольшим количеством воды в центральной части. Другие ильмени совершенно исчезли. В ряде случаев образовались засоленные озера, а местами солончаки. Это привело к изменению растительности и исчезновению животного мира. Большинство из пересыхающих озёр заросли солянками, солеросами и другими галофитами.

Таким образом, для решения поставленных проблем необходимо комплексное изучение ильменей для предупреждения негативных последствий антропогенеза и для рационального ведения хозяйства. Необходимо активизировать природоохранную деятельность данного района с использованием материалов, базирующихся на научно-исследовательских работах.

Территорию западной ильменно-бугровой равнины можно использовать разнопланово: для организации интенсивного земледелия, для ведения прудового хозяйства, создания зон рекреации и др.

Е.Г. Каткова

Горно-Алтайский государственный университет

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕКРЕАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ РОДНИКОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

На территории Горного Алтая зарегистрировано большое количество естественных выходов подземных вод на поверхность (родников). Наибольшее их количество находится в Северо-Алтайской и Северо-Восточной Алтайской физико-географических провинциях (по 450-550 источников). В Юго-Восточной провинции наблюдается среднее количество водопроявлений (около 400), а наименьшее (150-350) – в Центрально-Алтайской и Восточно-Алтайской физико-географических провинциях.

Родники Горного Алтая отличаются большим набором химических элементов. Например, вода некоторых источников содержит ионы серебра (источники Алжан-Суу и Кызыл-Озекский), в воде некоторых содержатся радон и азот (Джумалинские тёплые ключи, источник Бугузун). Вода в источниках обладает разными вкусовыми качествами. На основе бальнеологических и питьевых свойств родниковой воды были выделены источники: с повышенной минерализацией (более 1 мг/л); с повышенным содержанием фармакологически (биологически) активных компонентов (железо, кремниевая кислота, органические вещества, сероводород и т.п.); со специфическими свойствами (радиоактивность). По вкусовым и бальнеологическим свойствам воды было проведено районирование территории Горного Алтая.

Выделились следующие районы: I – Чуйско-Пыжинский район с распространением минеральных источников (Джегитай, Джумалинские ключи, Чаган-Узунский и т.д.); II – район распространения лечебно-столовых вод (источник Железистый); III – район распространения экологически чистых вод источников, используемых в питьевых целях (Кызыл-Озекский, Черемшанский и т.д.); IV – район распространения минерализованных вод (Кара-Кебек, Кадринский и т.д.).

Родники, их аквальные и околородные ландшафты являются одним из популярных рекреационных объектов в регионе. Рекреационная привлекательность источников и окружающих их ландшафтов определяется набором показателей, которые взаимодополняют друг друга: особенности околородных пространств, гидрохимические характеристики источника и наличие каптажного устройства.

Оценка ландшафтной привлекательности околородных пространств позволяет в значительной мере рассмотреть рекреационные возможности

исследуемых территорий. Так источник Яломанский представляет собой типичный воклюз, который выходит на поверхность из левого борта карстового суходола. Ландшафт в районе выхода источника уникальный, так как здесь представлено сочетание подземного карстового источника и водопада, скатывающегося со скалистого уступа. Источник Кара-Кебек располагается в пределах горнолесных ландшафтов, большую роль на их формирование здесь оказывает остепнённая долина р. Урсул и её притоков.

На территории Горного Алтая преобладают некаптированные источники. Среди источников, имеющих каптажные сооружения, преобладают родники, оборудованные железными трубами и ограждениями. Такие источники как Манжерокский, Черемшанский, Кызыл-Озекский хорошо оборудованы и служат источниками питьевой воды для местного населения и туристов.

По уровню рекреационного потенциала естественных водопроявлений на территории Горного Алтая выделяется три категории родниковых районов:

1. *Родниковые районы с высоким уровнем рекреационного потенциала* – сюда относятся источники с максимальными дебитами, значительной долей каптажных устройств, родниковые урочища характеризуются ландшафтным разнообразием. Сочетание данных показателей позволяет говорить о возможности практического использования естественных водопроявлений в рекреационной деятельности региона.

2. *Родниковые районы со средним уровнем рекреационного потенциала* – родники данных районов характеризуются незначительными показателями дебита, меньшей долей каптажных устройств. Несмотря на то, что показатели рекреационной привлекательности источников незначительны, роль их в развитии рекреации велика.

3. *Родниковые районы с низким уровнем рекреационного потенциала* – естественные водопроявления этих районов характеризуются наименьшими показателями дебита, отсутствием каптажных устройств, располагаются в труднодоступных и неосвоенных районах, все это обуславливает их низкое рекреационно-практическое значение. Однако низкие показатели сглаживаются ландшафтными особенностями местности.

В настоящее время выходы подземных вод на поверхность в виде родников имеют большую популярность, особенно интенсивно используются источники, расположенные в доступных для населения местах. Большинство родников и их околородные пространства являются рекреационными объектами, воды источников широко применяются в бальнеологических и питьевых целях.

И.И. Кирвель¹, М.С. Кукшинов²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; ² Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА РУСЛОВЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ НА ЗАРЕГУЛИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ РЕК В БЕЛАРУСИ

Ни один проект гидротехнического строительства не обходится без учёта и фонового прогноза развития русловых деформаций. Это позволяет проектировщикам наметить наиболее оптимальные места строительства тех или иных сооружений на реке, их конструкцию, а в случае необходимости – предусмотреть комплекс защитных мероприятий, которые обеспечили бы их бесперебойную работу при минимальных затратах. Вместе с тем, многочисленные факты о прямых неполадках и авариях на таких сооружениях свидетельствуют, что наши знания о русловом процессе, методы инженерных расчётов и прогнозов все ещё далеки от совершенства. С одной стороны, это объясняется сложностью и многофакторностью процесса формирования русел рек, с другой – большим разнообразием гидротехнических сооружений, их конструкций и режимов эксплуатации, а также разнообразием природных условий, в которых они создаются. При строительстве речных водохранилищ дополнительно возникает необходимость предусмотреть то, как повлияет их создание на ход естественных деформаций русла и какое влияние окажут эти изменения на эксплуатацию уже существующих гидротехнических сооружений. Принимая во внимание наметившиеся изменения климата и усиление антропогенной нагрузки на водосборные территории, что приводит к изменениям как поступления наносов в реки, так и их транспортирующей способности, эта задача представляется довольно сложной. Одним из решений является накопление фактического материала и использование при прогнозировании результатов исследований, максимально приближенных к условиям будущих водохранилищ. К сожалению, подобные региональные обобщения выполнены для ограниченного числа регионов мира. Отсутствуют они и в нашей стране.

Равнинный характер территории определил преобладание в Беларуси малых и небольших низконапорных водохранилищ. Целью комплексных натурных наблюдений выполненных авторами в 2001–2010 гг. было определение направленности и параметров плановых и высотных деформаций русел рек в нижних бьефах водохранилищ. Водохранилища Беларуси аккумулируют до 70% среднегодового стока наносов зарегулированных рек. При этом в период половодья наносоудерживающая способность водохранилищ может достигать 80–85%. Восстановление мутности потока до зна-

чений близких к естественному режиму отмечается на расстоянии от 20 до 50 км ниже плотины водохранилищ. Наряду с изменением водного режима рек, аккумуляция в чаше водохранилищ большей части твёрдого стока привели к новому соотношению параметров потока и русла реки, став причиной закономерных вертикальных и плановых деформаций. В нижнем бьефе Вилейского водохранилища (объем 238,0 млн.м³; площадь зеркала 63,8 км²) при наличии на дне легкоразмываемых песчаных отложений преобладающим процессом является глубинная эрозия. За 30-летний период эксплуатации водохранилища понижение отметок дна русла в зоне общего размыва по отношению к максимальным бытовым отметкам достигло 40 см. При этом, скорость смещения зоны трансгрессивной эрозии ниже плотины вниз по течению реки составила около 250 метров в год. По мере продвижения вниз по течению реки, наблюдается общая тенденция к уменьшению крупности наносов. Так, диаметр частиц донных наносов мелкой фракции ($d_{10\%}$) вблизи плотины указанного водохранилища равен 0,35 мм, в то время как на расстоянии 50 км – 0,12 мм. Значение наносов средней крупности ($d_{50\%}$) также уменьшается по длине нижнего бьефа этого водохранилища с 0,62 мм до 0,45 мм. Весь диапазон крупности отложений представленных песчаными грунтами имеет практически одинаковую размывающуюся скорость, поэтому формирование отмостки для нижнего бьефа этого водохранилища не характерно. Плановые деформации русла р. Вилии после зарегулирования ее стока значительно снизились. Главной причиной этого является сокращение стока реки более чем на 30% (вследствие межбассейновой переброски). В начальный период эксплуатации гидроузла (5–7 лет) река на участке длиной около 10 км ниже плотины сменила существующий тип русловых процессов на сочетание свободного меандрирования и русловой многоорукавности. Изменения вызваны перегрузкой потока наносами, сформированными в результате местных размывов русла непосредственно ниже рисбермы. Постепенное прекращение поступления наносов из воронки размыва привело к изменению подчинённости типов: консервированию русловой многоорукавности и «оживлению» свободного меандрирования.

При наличии в русле реки грунтов повышенной неоднородности с включением гравийно-галечного материала, как в нижнем бьефе Рачунского водохранилища (объем – 2,29 млн.м³; площадь – 1,5 км²), отмечается образование самоотмостки, что препятствует развитию направленной глубинной эрозии. Так, в реке выше водохранилища диаметр частиц донных наносов мелкой фракции ($d_{10\%}$) равен 0,35 мм, в то время как ниже плотины – 0,45 мм. Значение наносов средней крупности ($d_{50\%}$) также увеличивается от 0,51 мм – выше водохранилища, до 1,0 мм – в нижнем бьефе. Диаметр крупных частиц $d_{90\%}$ выше водохранилища равен 1,5 мм, в то время как ниже плотины превышает 10,0 мм. При этом на участке реки, где берега сложены размываемыми аллювиальными отложениями, отмечается активизация плановых деформаций русла.

О.М. Кирик

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ РУСЛА В ГОРОДСКОЙ ПРОТОКЕ р. ЛЕНЫ

Русло р. Лены в районе г. Якутска разветвлено на рукава. В нём выделяются рукава боковые, отмирающие и рукава, входящие в современный пояс разветвления. Ленские боковые рукава (например Городские протоки) в начале XX века были активными и вместе с современным руслом составляли единую систему русловой многоорукавности. Общая ширина пояса разветвления, без учёта маловодных отшнуровавшихся от главного русла реки пойменных протоков, составляет в самой широкой части (створ посёлка Нижний Бестях) 10,5 км, в створе г. Якутска – 7,5 км, возле устья р. Мархинки – 5,5 км. Современный пояс разветвления, в котором сосредоточено до 90% общего расхода воды в реке, определяет все процессы руслоформирования. Он более выдержан по ширине: в районе пос. Нижний Бестях – 4,2 км, в створе устья р. Мархинки – 5,5 км. Таким образом, если в начале XX века активный пояс разветвления сужался вниз по течению реки, то в настоящее время он несколько расширяется.

К отмирающим боковым рукавам относятся и Городские протоки, одна из которых 100 лет назад была судоходной. Её роль резко снизилась после строительства в начале 60-десятых годов глухой дамбы, наглухо отгородившей левый, наиболее многоводный рукав. Ниже дамбы организован водообменник ГРЭС и акватория ЯРП. Весь сток Городской протоки устремился в узкие правые рукава между островами Малый Хатыстах, Большой Хатыстах, Большой Харыялах и Хорогор. Малая пропускная способность этих протоков не позволила следовать по Городским протокам тому объёму воды, который они пропускали до строительства городской дамбы.

Собственно система рукавов Городских протоков начинается от оголовка острова Большой Харыялах (примерно в 10 км выше по течению от г. Якутска), начиная от самого истока эта система рукавов подразделяется на ряд более мелких и, зачастую, самостоятельных протоков. Здесь можно выделить маловодную протоку, рассекающую остров Большой Харыялах и протоку Хорогорскую, расположенную между островами Большой Харыялах и Хорогор. Вдоль левого берега расположена многоорукавная система собственно Городской протоки. Суммарно левобережные протоки отводят из основного рукава до 10% общего стока воды. Истоки системы Городских протоков расположены в вогнутой части излучины главного Ленского рукава, в области распространения сбойного (по Лелявскому) или прижимного течения, поэтому сюда поступает более осветлённый поток. Малое содержание взвесей в потоке в системе Городских протоков, по сравнению со средним количеством наносов в главном русле Лены является основной из причин эрозионной активности потока и продолжительного периода её существования. Около половины стока Городских протоков возвращается в

главное русло реки через правое устье между островами Большой Харылах и Большой Хатыстах. Остальное (около 5% общего расхода воды р. Лены) направляется по неразветвлённому рукаву, ограниченному левым берегом и островом Большой Хатыстах. До 1966 года, когда было завершено строительство городской дамбы, левобережный, сравнительно широкий рукав «работал», и вдоль набережной г. Якутска по нему текла вода. После 1966 г. постепенно начала развиваться бывшая пойменная ложбина, которая со временем преобразовалась в самостоятельный узкий рукав между островами Хатыстах и Большой Хатыстах. Развитие этого рукава происходит наиболее энергично после разработки карьера под микрорайон «Зелёный Луг». Распределение речного стока по системе рукавов руслового разветвления является важным показателем современного и перспективного развития отдельных водотоков, образующих разветвление русла. Изменение водности конкретного рукава сопровождается изменением гидравлических условий взаимодействия потока и русла, транспорта русловых и транзитных наносов, их продольного баланса. Результатом изменений может оказаться трансформация пропускной способности русел и перераспределения стока по системе водотоков. Подобные процессы важно заранее предвидеть в интересах использования территорий, прилегающих к русловому разветвлению. Использование пойменных земель под инженерные сооружения предполагает, что они не окажутся под влиянием размывающего воздействия потока. Подобная проблема характерна для Якутского узла разветвления р. Лены в связи с расположением здесь многочисленных инженерных сооружений. Поступление воды в Городские протоки гидравлически предопределено не только её морфометрическими характеристиками, но и параметрами всех водотоков, входящих в русловое разветвление. Наиболее полная информация по естественному перераспределению стока по рукавам получена по данным натурного измерения расходов воды в различные годы. Их сопоставление даёт возможность установить тенденции изменения водности и пропускной способности основных рукавов.

Якутский узел разветвления подробно изучен в отношении распределения стока по рукавам, однако наиболее детальные гидрометрические измерения выполнены в 1972, 1982 и 1989 гг. Детальный анализ данных измерений показывает, что при разных величинах расхода воды распределение стока внутри системы Городских протоков происходит следующим образом. У оголовка острова Большой Хатыстах система Городских протоков разделяется надвое: большая часть стока направляется в верхний устьевой рукав, сюда же отходит и Хорогорская протока. Остальной сток воды следует под левым берегом. При малых горизонтах воды сток левобережной части протоки прекращается и вся вода, поступающая в Городские протоки уходит из них через правое устье. Так, при расходе воды в Лене $3000 \text{ м}^3/\text{с}$ в 1972 г. сток воды в левом рукаве отсутствовал, а в устье правого рукава проходило 10% стока. При расходах, соответствующих среднегодовым величинам стока (по измерениям 1982 г. – $7070 \text{ м}^3/\text{с}$), в левый рукав уходит уже более половины общего расхода, поступающего в систему Городских

проток. Таким образом, в этот момент левобережный рукав получает определённые стимулы для развития. Поэтому поток левого рукава постепенно углубляет и расширяет протоку, изменяет её плановую конфигурацию, приводит морфометрические параметры узкого рукава в соответствие со своими гидравлическими характеристиками, в сторону их выравнивания со средними русловыми показателями (шириной, глубиной, шероховатостью и т.д.). При экстремально больших расходах воды, когда имеет место затопление поймы (наблюдения 1989 г., расход 36000 м³/с), пропускная способность как всей системы Городских проток, так и их левобережного устьевого рукава, становится слишком малой для пропуска повышенного стока. Поэтому относительная водность системы Городских проток повышается несущественно и протоки суммарно отвлекают не более 10% общего стока реки. С другой стороны, ощутимо перераспределение стока внутри системы Городских проток, особенно в их устьевой части. Более широкие рукава, имеющие большую пропускную способность, становятся и более выгодными. Несмотря на это, по левому рукаву в 1989 г. проходило около 2000 м³/с. Это достаточно большое значение стока для столь узкого и неглубокого русла. И только присутствие значительных площадей промёрзших участков берегов и отмелей несколько сдерживает процесс трансформации морфологического облика левого рукава.

Русловой анализ и расчёты показали, что темпы размыва берега в Хатыстахской протоке должны сохраниться ещё в течение нескольких лет. Они ниже, чем на размываемых участках главного русла Лены, однако, достаточно высокие, чтобы представлять опасность для имеющихся на островах опор ЛЭП. Отсутствие обоснованного прогноза в период их возведения, привело к тому, что в 1997 и 2010 гг., две опоры, первоначально отстоящие от уреза воды на 150-200 м были подмыты, причём в 1997 г. произошло их опрокидывание с обрывом токонесущих проводов. Хозяйственные интересы в районе расположения Городских проток достаточно обширны. Они не ограничиваются только защитой опор ЛЭП, но и распространяются на нужды города, речного порта и других потребителей. Поэтому, во избежание нежелательных последствий и для получения более детальной русловой информации, целесообразно каждые 5-7 лет контролировать результаты предыдущих измерений и прогнозных оценок.

А.А. Кирсанов

Кубанский Государственный Аграрный Университет

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В МЕЛИОРАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Построенные в 50-е годы прошлого века водохранилищные гидротехнические сооружения на Кубани в настоящее время имеют степень износа гидротехнических сооружений 60-80%. Необходимость их участия в работе водохозяйственно-

го комплекса требует реконструкции и восстановления гидротехнических сооружений, проведения мелиоративных мероприятий в акваториях водохранилищ.

Первым объектом, выведенным из эксплуатации для капитальной реконструкции сооружений является Шапсугское водохранилище в устье реки Афипс. Опорожнение водохранилища с целью обеспечения реконструкции, вызвало естественное его зарастание на оставшихся мелководьях и местах высокого стояния УГВ. С целью изучения естественных процессов в опорожненном водохранилище были организованы исследования в ложе по определению видов и количества болотной влаголюбивой растительности, степени заиливания водохранилища, уровня режима.

Выполняемые научные исследования ложа Шапсугского водохранилища предполагают разработку мелиоративных приемов подготовки его основных ГТС в предпусковой период после реконструкции. В начале исследований в декабре 2008 года был произведен облет ложа Шапсугского водохранилища и выполнен визуальный осмотр. В результате выявлено, что практически по всей территории ложа произрастает болотная растительность. Были выделены зоны произрастания определенных видов влаголюбивых растений. Разбивка ложа водохранилища на створы позволила координировать результаты наблюдений. При выборе направлений и способов борьбы с зарастанием рассмотрен вариант искусственного мульчирования растительности. Для этого были оборудованы специальные площадки с размещением геосинтетиков по периметру водохранилища.

Опыты производились с использованием таких материалов как: Геоспан ТН, ТС, агротекс, полиэтиленовая пленка черного цвета. Полученные результаты проанализированы и составлена таблица. Работа проводилась с мая по август. Осуществлено 11 вариантов опытов с использованием этих материалов и их комбинации на специальных площадках в закрепленных створах водохранилища. Произведена оценка эффективности по 13 параметрам. Эффективность оценивалась в баллах (от 0 до 10), учитывались такие важные факторы как водопроницаемость, устойчивость к огню, УФ излучению и др. Наиболее эффективный материал (по сумме баллов) – Геоспан ТС с пригрузкой землей (103 балла).

Как показали исследования нетканый термоскрепленный геотекстиль (Геоспан ТС), производимый из бесконечных полиэфирных волокон полностью отвечает требованиям борьбы с ростом болотной растительности. Он обладает хорошей водопроницаемостью, необходимой при движении водных потоков в ложе водохранилища. Термоскрепленный материал не заиливается и сохраняет свою проницаемость неизменной под воздействием эксплуатационных нагрузок. Данный материал необходимо фиксировать анкерами, это предотвратит перемещение его в ходе укладки и при вводе объекта в эксплуатацию. С целью обеспечения целостности геоматериала и для получения максимального эффекта угнетения болотной растительности необходима пригрузка материала грунтом толщиной 7-10 см. В этом случае ростки болотных растений не пробивают его структурную решетку и не наносят никаких повреждений, что дает возможность исключить прорастание семян растений и обеспечить угнетение их корневой системы.

З.П. Кирюхина, Н.Г. Добровольская, Л.Ф. Литвин
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

РОЛЬ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ В СОВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКЕ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ЭРОЗИИ В РОССИИ

Природно-антропогенная эрозия почв и, прежде всего, её главная составляющая земледельческая эрозия – наиболее мощный динамичный фактор снижения естественного плодородия почв, латерального перемещения почвенных веществ, в том числе и загрязняющих, на хозяйственно освоенных равнинах. Социально-экономические преобразования последних десятилетий внесли существенные коррективы в картину территориального распределения земледельческой эрозии. Наиболее эрозионно значимы: а) общее сокращение площади пахотных земель; б) появление и распространение нового вида агрофона – «незасеваемой пашни» или залежи; в) изменения структуры посевных площадей и технологий обработки, сказавшиеся на почвозащитной способности агроценозов.

По данным Госкомстата в России с 1980 по 2006 г. выведено из земель сельскохозяйственного назначения около 13% площади пашни, причём только треть из них продолжает обрабатываться. Из оставшейся пашни в реальности используются (посевы + пары) только около 69% площади. Незасеваемая пашня (фактически залежи) составила 18%, а по данным Всесоюзной сельскохозяйственной переписи (2006 г.) – 24%, от дореформенной площади пашни. Почвозащитная способность растительности на этих залежах близка к способности естественной растительности, а интенсивность эрозии снижена до темпов естественной эрозии. Таким образом, в целом по России за счёт вывода (около 8-9%) и трансформации пашни в залежи (18-24%) общая масса ежегодно смываемой почвы, составлявшая в 1980 г. 570 млн. тонн, снизилась на 25-30%.

Заметные изменения претерпела структура посевов, а, следовательно, и почвозащитные свойства агроценозов. По данным Всесоюзной сельскохозяйственной переписи (2006 г.) были рассчитаны агроэрозионные индексы агроценозов по административным областям и проведены расчёты современных объёмов ежегодного смыва (табл. 1). Наиболее резкое повышение почвозащитной способности произошло на пашнях южно-таёжной зоны, северной лесостепи Европейской части и на Урале – в 1,2-1,4 раза для ливневой и 1,2-1,6 раза для талой эрозии. (В Северо-западном районе почвозащитная способность при талом стоке удвоилась, в ЦЧО несколько снизилась). Южнее на ЕТР прослеживаются тенденции к незначительному ослаблению почвозащитной способности при талом и увеличению при ливневом стоке. В Западной Сибири изменения незначительны, тогда как в Восточной Сибири общая почвозащитная способность агроценозов увеличилась в 1,1 раза. На пашнях Дальнего Востока она снизилась в 1,3 раза при ливневом стоке и в 1,04 раза при талом стоке.

Таблица 1. Соотношения интенсивности смыва и среднегодовых масс смытой почвы на пахотных землях России в 1980 и в 2006 годах

Экономические Регионы России (1980 г.)	Площадь пашни, тыс. га	Интенсивность смыва, <i>т/га·год</i>	Масса смытой почвы, тыс. т в год	Площадь пашни, <i>тыс. га</i>	Интенсивность смыва, <i>т/га·год</i>	Масса смытой почвы, тыс. т в год	Соотношение масс смытой почвы, %
Северный	1299,7	6,3	8188,1	804,6	4,7	3821,5	-53,3
Северо-западный	1845,1	4,6	8487,5	840,8	2,6	2161,3	-74,5
Волго-Вятский	7599,8	8,4	63838,3	4368,7	6,6	28662,0	-55,1
Центральный	14715,3	5,0	73576,5	7154,2	3,9	27569,7	-62,5
Центрально- Чернозёмный	10831,5	3,1	33577,7	7738,9	3,2	24826,3	-26,1
Поволжский	24819,6	2,5	62049,0	15740,4	2,8	43564,6	-29,8
Северо-кавказский	16394,8	6,5	106566,2	13004,8	6,8	88861,3	-16,6
Уральский	22459,3	4,0	89837,2	14389,5	3,3	48092,4	-46,5
Западно- Сибирский	19534,6	1,3	25395,0	14282,5	1,5	21774,3	-14,3
Восточно- Сибирский	9567,5	8,1	77496,8	3116,5	6,6	20450,3	-73,6
Дальневосточный	2827,9	6,0	16967,4	1128,4	6,2	9365,4	-44,8
Россия	131895,1	4,3	565979,6	82569,3	3,9	319149,1	-43,6

А.Н. Кичигин¹, М.М. Поляков²

¹Вологодский государственный технический университет; ²Вологодский научно-координационный центр РАН

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЧНЫХ НАНОСОВ В ДОЛИНЕ РЕКИ СУХОНЫ

Долина и бассейн р. Сухоны обладают рядом специфических особенностей. Бассейн исключительно вытянут вдоль прямолинейной долины, притоки, сопоставимые по размерам с р. Сухоней, отсутствуют. Продольный профиль реки резко выпуклый, не характерный для равнинных рек. В долине чётко выделяются три характерных морфологических участка.

В верховьях река протекает в центральной части днища древнего водоёма. Котловина водоёма выполнена в основном глинистыми и торфяными отложениями, поэтому объем песчаных наносов в русле невелик. Врез

долины практически отсутствует, уклоны очень извилистого русла настолько малы, что в половодье здесь формируется обратное течение, направленное в исток реки – в Кубенское озеро. При достаточно быстрой смене направления течения реки на противоположное наблюдается интенсивная перестройка русловых форм. В этот процесс дополнительно вовлекается значительное количество взвешенных наносов. При высокой сорбционной способности взвешенных частиц вместе с ними происходит загрязнение верховий реки и Кубенского озера соединениями тяжёлых металлов, поступающих от Сокольского промышленного узла.

На втором морфологическом участке долина глубоко врезана. На некотором протяжении борта её сложены ледниковыми отложениями, в дальнейшем врез достигает толщи пермских терригенно-карбонатных пород. За счёт размыва грунтов и, главным образом, за счёт поступления из притоков большого объёма песчаных наносов в относительно прямолинейном русле появляется много валунов и формируются острова. В устьях притоков формируются своеобразные внутренние дельты. На отрезке, где уклоны продольного профиля увеличиваются, растёт транспортирующая способность реки, объём песчаных наносов резко сокращается, появляются участки, сложенные скальными грунтами. Концентрации загрязняющих веществ в русловых наносах не наблюдается.

На третьем, приустьевом участке долины р. Сухоны глубина её вреза сокращается, русло становится широкопойменным. Гидролого-морфологические особенности русла и долины р. Сухоны способствуют образованию здесь заторных наводнений.

С.Н. Ковалев

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ОСВЕЩЕНИЕ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ В ИНТЕРНЕТЕ

За последнее десятилетие Интернет превратился из средства коммуникации в мощный информационный источник, где можно получить практически любую информацию. К сожалению, степень достоверности размещенной информации базируется на осведомленности и грамотности тех, кто её разместил. На запрос «овраг» вы получите в Яндексe – 2 млн. ответов, при этом 293 тыс. ссылок на книгу «До свидания, овраг», 29 тыс. – Коломенский овраг, 5 тыс. – Глѣбучев овраг и далее вперемешку происхождения, мистика и т.д. Чтобы добраться до научной статьи надо пролистать, как минимум 200-300 страниц. А, вот попасть на сайты, позиционирующие себя как географические, геологические, экологические и т.д. словари, которые копируют друг друга, опираясь на устаревшую информацию один раз кем-то выложенную в интернет, нужно пролистать 2-3 страницы.

Обычно это толкование значения слова по словарям Д.Н. Ушакова, В.И. Даля С.И. Ожегова. Описание оврагов, условия и факторы их образо-

вания, борьба ними – это ссылки на В.В. Докучаева, В.И. Масальского, словарь Ф.А. Брокгауза – И.А. Ефрона или вообще без ссылки. Самые поздние ссылки на С.С. Соболева, А.Г. Рожкова, М.Н. Заславского. Причем на сайте, ссылающемся А.Г. Рожкова – упоминание о 2 млн. оврагов – следом идет описание оврагов Паруллены и оврагов в Полтавской губернии описанных в словаре Брокгауза-Ефрона.

Причины образования оврагов во многом соответствует существующим представлениям, но иногда они образуются только *«по рытвинам на дорогах»* или *«При разделе земель крестьянам достались плохие земли и поэтому при их вспахивании возникли овраги.»*, ...*«Чтобы отделить свою землю от чужой крестьяне рыли глубокие рвы»*.

Описание процессов оврагообразования и развития оврага в лучшем случае по В.В. Докучаеву. В большей мере это странная смесь всевозможных представлений. Для примера: *«Постепенно овраг собирает со склона всю воду»*. *«Достигая зеркала грунтовых вод, овраг иногда приобретают постоянный водоток и могут превратиться в речную долину»*. *«По дну оврага часто течет речка или ручей. Если по краям оврага много трав и кустарников то он превращается в болото»*.

Не лучше обстоит дело описанием габаритов. Можно встретить такие размеры: глубина – несколько десятков метров, ширина – десятки метров при длине в десятки километров.

Терминологические ошибки. Всем известный отвершек превращается в отвержек или отверток. С отвертками понятно – текст, автоматически исправленный компьютером. А вот отвержками почему то наводнены сайты Смоленска (даже некоторые официальные).

Причины появления таких сайтов кроется в самой системе интернета. Во-первых, полное отсутствие ответственности за публикуемые материалы. Во-вторых, проще найти информацию в сети. Доступность научной литературы ограничена свойствами поисковых систем. В-третьих, в погоне за рейтингом сайта его владельцы искусственно повышают его значение при помощи автоматов, многократно вызывающих сайт или при помощи многочисленных фирм готовых выполнить эту работу. В результате поисковая система, обнаруживая высокий рейтинг сайта, находит его в первую очередь. В-четвертых, действительно научных сайтов, на которых бы излагались научные принципы овраговедения, практически нет.

И.П. Ковальчук¹, Т.С. Павловская²

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины;

²Волинский национальный университет имени Леси Украинки

РУСЛОВЫЕ ДЕФОРМАЦИИ р. СТОХОД (БАССЕЙН ПРИПЯТИ)

Вертикальные и горизонтальные деформации русел и движение аллювиальных гряд в значительной мере предопределяются геоморфологическими условиями, гидроклиматическими факторами и деятельностью чело-

века. С экологической точки зрения резкая активизация или затухание русловых деформаций приводит, как правило, к «отрицательным» последствиям условий жизнедеятельности человека (разрушение инженерных сооружений или их заиливание, изменение условий проживания в прибрежных зонах рек и т.п.).

В Украине в последние десятилетия все больше усилий направляется на изучение интенсивности горизонтальных и вертикальных деформаций русел рек (А. Кафтан, И. Ковальчук, А. Ободовский, В. Онищук, А. Михнович, В. Явкин, М. Цепенда и др.) и оценивание влияния деятельности человека на сток воды и наносов, состояние малых рек и развитие в них деградиационных процессов (А. Яцик, Е. Гопченко, Н. Лобода, О. Петрук, О. Ревера, С. Кочубей, В. Перехрест, Б. Стрелец, С. Русинов, И. Ковальчук, В. Вишневский, А. Шерешевский, Я. Мольчак, С. Кутовой, Л. Бышевец, В. Молодых, М. Чемерис, Л. Дубис, Л. Курганевич, А. Михнович, Т. Павловская). Это обусловлено значительной активизацией этих процессов и явлений под воздействием естественных (изменения климата) и антропогенных (вырубка лесов, гидротехническое и дорожное строительство, рекреация) факторов, а также возрастанием масштабов отрицательных последствий их влияния на угодья, коммуникации, поселения и население.

Важность подобных исследований относительно рек Волынского Полесья, в том числе р. Стоход, которую мы избрали в качестве примера, подчёркивается необходимостью выявления направленности русловых эрозивно-аккумулятивных процессов в условиях функционирования гидротехнических сооружений, а также в условиях уже осуществлённых (или планируемых) мелиоративных и выпрямительных мероприятий в бассейне и русле.

Изучение русловых горизонтальных и вертикальных деформаций р. Стоход (гидропост Любешов) осуществлялось путём построения и анализа компьютерных моделей поперечных профилей русла и кривых расходов по измеренным значениям расходов и уровней воды состоянием на 1983, 1984, 1987, 2008 гг. (Волынский областной центр гидрометеорологии).

Анализируя состояние русла в 1983 г., можно отметить более активное проявление эрозионных процессов возле правого берега. Средняя глубина русла составляет 2 м. Пойма начинает затопливаться при уровнях воды 210- 220 см. Поперечный профиль русла в 1984 г. особых изменений не испытал. Так же, как и на предыдущем временном срезе, правый берег был круче, а левый – положе. Поперечный профиль русла следующего временного среза (1987 г.) свидетельствует о некоторых деформациях русла. Отметки максимальных глубин уменьшились, вместе с тем усилились эрозионные процессы возле левого берега: в этом месте глубины выросли на 15-20 см. Такими же по величине являются количественные показатели аккумуляции в наиболее глубокой части русла, возле правого берега. Вероятно, уменьшение максимальных глубин произошло вследствие накопления здесь продуктов размыва противоположного берега.

В 2008 г., по сравнению с предшествующими временными срезами, прослеживаются более яркие изменения профиля русла, особенно возле левого берега. По сравнению с 1987 г. русло реки расширилось на 1,5 м. За 21-летний период темп размыва левого берега составил 7,1 см/год. За исследуемый отрезок времени эрозионные процессы углубили центральную часть русла в среднем на 15 см; по направлению к левому берегу вертикальная деформация увеличилась до 50 см. Если проанализировать изменение положения левого берега в горизонтальном направлении от его начального состояния, то максимальная величина размыва за это время составляет 3 м. Скорость подмывания левого берега достигла 12 см/год, что на порядок больше, чем показатель вертикального размыва. Развитие эрозионных процессов прослеживается и в верхней части правого берега. За счёт размывания правого и, особенно, левого берегов за период 1983-2008 гг. максимальная ширина русла (на уровне отметки 1,5 м глубины) увеличилась на 4,5 м. О доминирующем развитии в русле реки эрозионных процессов свидетельствует и график совмещённых кривых расходов воды, на котором чётко прослеживается снижение уровней воды при одинаковых расходах с течением времени.

Таким образом, результаты анализа компьютерных моделей разновременных поперечных профилей русла и кривых расходов р. Стоход по гидропосту Любешов свидетельствуют о проявлении меандрирования реки на исследуемом отрезке и дают основание прогнозировать плановые смещения русла. Систематизация и анализ данных о вертикальных и горизонтальных деформациях р. Стоход с учётом их многолетней динамики, а также учёт факторов воздействия на русловые процессы позволяет прогнозировать их последующее развитие, что будет способствовать предупреждению неблагоприятных геоморфологических процессов в пределах исследуемого региона и повышению комфортности условий жизнедеятельности населения.

О.В. Козина

Волгоградский государственный педагогический университет

ОЗЁРА В ДОЛИНЕ ХОПРА

Хопёр относится к числу меандрирующих рек, поэтому большинство его пойменных водоемов образовано путем отделения петлеобразных излучин спрямлением русла. Водоемы эти, как правило, по ширине такие же, как русло Хопра. Длина их колеблется от нескольких десятков метров в верхнем течении до 6–7 км в нижнем течении. Глубина озёр, образовавшихся на месте бывших перекатов реки, очень небольшая – до 30–40 см в межень. Встречаются озера и более глубокие, образованные, скорее всего, на плёсах – до 10 м.

В пойме р. Хопра и его притоков имеется множество замкнутых или слабо проточных водоёмов. Только на территории Хопёрского заповед-

ника, площадь которого 16027 га, таких водоемов около 400. Одни из них изолированы друг от друга и за исключением периодов половодий не имеют связи с рекой (замкнутые водоемы), другие соединены между собой или с рекой небольшими протоками – ериками (слабо проточные водоемы).

В центральной части поймы на территории Хопёрского заповедника в районе с. Варварино озера-старицы образуют цепочки, соединяющиеся протоками в высокое половодье. Они имеют различную форму, отличаются по глубине и размерам. Старицы по форме повторяют очертания излучин р. Хопра – вытянутые, овальные, дугообразные, глубиной до 3 м.

В вершине одной из бывших меандр располагается оз. Кривенькое. Оно имеет овально-округлую форму, протягиваясь с севера на юг. При достаточно небольших размерах (длина около 110 м и ширина около 60 м), озеро имеет глубину до 8 м.

В 1944-1945 гг. этот водоём исследовался сотрудниками Хопёрского заповедника. В 1944 г. максимальная ширина озера составляла 70 м, длина береговой линии 950 м. Оба берега – низкие, твёрдые, пологие. Дно ровное, твёрдое, грунт – ил с растительными остатками. Питание паводковое, заливается ежегодно. Ериков и родников нет.

В 1945 г. измерения озера были уточнены и описаны К.И. Шурыгиной более подробно. Водоём, по сравнению с современным, имел вытянутую форму с востока на запад. Общая площадь 2,3 га. Длина 446 м, преобладающая ширина 49 м. Летом вся водная поверхность зарастала растительностью. Берега низкие, пологие, твёрдые. Правый берег иловато-суглинистый, левый берег и верхний конец озера – иловато-глеевые.

В 1940-е многоводные годы в высокое половодье пойма полностью заливалась водой и оз. Кривенькое составляло единое целое с водоёмом, расположенным восточнее. В связи с этим К.И. Шурыгина в своих отчётах и дает именно такие морфометрические показатели исследуемой старицы.

Сейчас низина между двумя водоёмами частично заросла ивняком. Восточная часть бывшего озера не имеет собственного названия и развивается самостоятельно.

А.Н. Кондратьев

ООО «Русловые процессы»

ВИДЫ РЕАКЦИЙ РЕЧНЫХ РУСЕЛ ПРИ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ИЗМЕНЕНИЯ РУСЛОФОРМИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

В естественных науках правомерно использовать принцип Ле Шателье – Брауна в широком толковании А.А. Богданова (1905-1924): «Если система равновесия подвергается воздействию, изменяющему какое-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению». Этот принцип представляет собой формулировку отрицательной обратной связи.

В русловых процессах для системы «речной поток – речное русло» принцип Ле Шателье выражается в ответном действии системы (реакции), направленной на восстановление нарушенного баланса между руслоформирующими факторами. В частности, этот принцип выражается в изменении типа русловых процессов при значительном нарушении баланса между поступлением наносов и транспортирующей способностью потока.

Признавая правомерность применения принципа отрицательной обратной связи (Ле Шателье) в русловедении и других науках, необходимо указать, что этот принцип выражает частный случай реакции системы на внешнее воздействие. Кроме отрицательных в системе могут проявляться и другие виды реакции: например, безразличная или с положительной обратной связью.

Поэтому рассмотрена система законов реакции применительно к русловым процессам на основе системы законов природы, сформулированной Г.Е. Скворцовым (2003, 2004). В его работах выполнен анализ законов из различных отраслей естествознания и выяснено, что законы в науках едины, и поэтому их можно обобщить, получив общие законы природы.

Система законов реакции включает: закон меры действия, законы очень малых, малых и умеренных воздействий, противодействия, границы качества, аномальности, концентрации ресурса, чередования режимов, гистерезиса и разрушения системы.

Мера действия представляет собой соотношение между воздействием внешнего руслоформирующего фактора и ответным противодействием внутреннего фактора системы. При разных мерах действия реакция системы «поток – русло» выражается по-разному.

Закон очень малых воздействий: очень малые воздействия никаким образом не влияют на систему.

Закон малых воздействий: при малом изменении руслоформирующих факторов тип русловых процессов не изменяется. Отклик может проявляться на другом, более низком системном уровне.

Закон значительных воздействий: при значительных изменениях руслоформирующих факторов тип русловых процессов изменяется пропорционально воздействующему фактору. При таких воздействиях выполняется закон противодействия (закон отрицательной обратной связи или принцип Ле Шателье, на котором было заострено наше внимание (2005): при значительных нарушениях баланса между руслоформирующими факторами система «поток–русло» реагирует таким образом, чтобы восстановить баланс между руслоформирующими факторами.

На основе закона значительных воздействий можно сформулировать несколько принципов, в частности: при значительном изменении относительной транспортирующей способности в системе «поток–русло» возникает противодействие, направленное на восстановление баланса между транспортирующей способностью потока и расходом наносов. Это происходит за счёт морфологической перестройки русла и гидравлической перестройки потока, что приводит к изменению типа русловых процессов. По-

следовательность изменения типов русловых процессов при этом такова: развитое меандрирование – неразвитое меандрирование – побочный процесс – русловая многорукавность.

После перехода через границу качества действует закон разрушения системы: с ростом воздействия система разрушается. То есть речное русло исчезает, а система превращается в другой водный объект, например: сухое русло, озеро, водохранилище, сель, лавина и т.д.

На основе рассмотренных законов реакции можно сделать вывод, что закон отрицательной обратной реакции (принцип Ле Шателье) выполняется только в определённых пределах меры действия. Если мера действия очень мала, то ответная реакция системы «речной поток – речное русло» отсутствует или затухает действием других руслоформирующих факторов. При малых и средних мерах действия выполняется отрицательная обратная связь, т.е. принцип Ле Шателье – Брауна. По достижении границы качества в системе возникает качественное изменение, при этом возвращение к прежнему состоянию не происходит; т.е. проявляется положительная обратная связь. Положительная обратная связь приводит к разрушению системы «поток–русло», превращению в другой водный объект.

В русловых процессах действуют не только отрицательные обратные связи (принцип Ле Шателье), но также и другие виды реакции. Каждый вид реакции действует в своём диапазоне внешнего воздействия и приводит к разным морфологическим изменениям речных русел.

Предложенный набор законов реакции в русловых процессах является примером применения законов природы, предложенных Г.Е. Скворцовым (2003, 2004). Их можно применить и для других естественной науки. В некоторых науках эти законы уже сформулированы, в других молчаливо подразумеваются или же ещё совершенно не известны.

О.В. Кораблева

Московский педагогический государственный университет

ДИНАМИКА ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ РЕК ЮЖНО-ТАЁЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ НИЖЕГОРОДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ Р. КЕРЖЕНЕЦ)

Нижегородское Заволжье охватывает залесённые бассейны левобережных притоков средней Волги. На одной из рек Нижегородского Заволжья – Керженце, пересекающей аллювиально-флювиогляциальную равнину, были проведены подробные исследования состояния и динамики пойменно-русловых комплексов (ПРК) – деформаций русла, образования и дальнейшего развития поймы и пойменных ландшафтов.

На большей части своего протяжения русло Керженца меандрирует, образуя свободные излучины. В русле преобладают сегментные свободные излучины. Различаются сегментные излучины с разной степенью развития. Выделяются и участки прямолинейного русла, врезанного в корен-

ные породы. Пойма Керженца сегментно-гривистая, чаще всего широкая (1,5-2,0 км), как правило, двусторонняя.

Русло р. Керженец испытывает активные горизонтальные деформации, выражающиеся в размыве вогнутых и намыве выпуклых берегов, спрямлении очень крутых излучин и развитии новых на месте спрямляющих рукавов. Этому способствует литологическое строение поймы и террас, сложенных легкоразмываемыми породами. По наблюдениям на трёх излучинах р. Керженца, различных по степени развитости, было определено следующее: интенсивность горизонтальных деформаций тесно связана с высотой половодий. Средняя скорость размыва вогнутых берегов за последние 8-10 лет равна 0,5-1 м/год. В годы с высокими половодьями, какими были 2001 и 2005 гг., средние показатели размыва были 2 и 3 м, в отдельных местах максимальные размывы составили 6,6 и 8,9 м. На всех трёх излучинах размывается, преимущественно, нижнее крыло.

В среднем течении р. Керженец выделены 2 типа пойменно-русловых комплексов: аккумулятивный и цокольный. Аккумулятивный тип ПРК образуется в результате эрозионно-аккумулятивной деятельности реки в рыхлых беспрепятственных для размыва породах и представляет собой меандрирующее русло с двусторонней поймой. Цокольный тип ПРК выделен на участках прямолинейного русла с односторонней поймой, где русло врезано в коренные пермские мергели и глины; они же слагают цоколь поймы. Эволюция пойменных ландшафтов зависит от морфологической структуры ПРК, которая в свою очередь определяется литологией пород, слагающих пойму, и характером деформаций русла. В аккумулятивном и цокольном ПРК изучены динамические процессы, представляющие собой смену многолетних состояний ПТК: допойменная фаза, фаза зарождения и становления, устойчивого существования и медленного развития, смена природно-территориального комплекса (ПТК).

В аккумулятивном типе ПРК на выпуклых берегах излучин образуется прирусловая песчаная отмель – допойменная фаза. Затем в фазе зарождения и становления поймы появляется первичная растительность, которая подтверждает, что формируется молодой участок поймы, отличающийся от другой – зрелой поймы своей молодостью. Молодая пойма формируется постепенно, вслед за ростом кривизны излучины. Завершается данная фаза начальной стадией формирования аллювиальных ещё слаборазвитых почв. Длительность данной фазы составляет до 100 лет.

Зрелая пойма находится во второй фазе – устойчивого существования и медленного развития, длительность которой составляет несколько сотен, а иногда и тысяч лет. Эта фаза характеризуется хорошо сформированными слоистыми почвами, находящимися на разных стадиях формирования; на ней можно произвести выделение прирусловой, центральной и притеррасной пойменных зон. Эти зоны находятся в разных гидродинамических условиях по отношению к современному руслу.

Прирусловая пойма первая принимает на себя поток половодья на его подъёме, на ней происходит отложение наиболее крупного материала. К

центральной зоне поймы поток доходит уже основательно разгруженным от переносимых им наносов. Притеррасная зона поймы расположена на значительном удалении от русла, до нее доходит полностью осветленный поток, имеющий здесь очень малые скорости. Практически не происходит пойменной аккумуляции, отчего эта зона поймы лежит гипсометрически ниже остальных участков поймы и в той или иной мере заболочена.

Сравнивая пойменные зоны на зрелой пойме, можно отметить, что наименее устойчивое положение занимает прирусловая пойма: она мигрирует вслед за руслом, в ряде случаев отделяясь от него массивами молодой формирующейся поймы. Притеррасная зона поймы наиболее устойчива в пространстве, так как расположена в глубоком её тылу, вблизи террасы или коренного борта долины, не меняющих своего положения.

Последняя, третья фаза развития – смена старого ПТК новым, происходит на высоких поверхностях, испытывающих недостаток влаги. Усиливается проявление зональных признаков, характерных для южно-таёжных ландшафтов, в почвах появляются признаки оподзоливания. Пойменные комплексы постепенно превращаются в надпойменную террасу.

В цокольном ПРК отсутствует молодая пойма; у зрелой – почва, более тяжелая, чем в аккумулятивном ПРК. Цокольный ПРК является наиболее стабильным в пространстве и времени, так как здесь эрозионно-аккумулятивная деятельность не проявляется в полную силу из-за ограничивающего литологического фактора.

С.Е. Коркин

Нижневартровский государственный гуманитарный университет

ИЗЛУЧИНЫ РЕКИ ГЛУБОКИЙ САБУН

На территории природного парка «Сибирские Увалы» сформировались районы с промежуточными условиями развития русловых деформаций (преобладание адаптированных русел) и районы распространения заломов на малых реках. С точки зрения морфодинамической составляющей преобладают широкопойменные типы русел, где отмечены излуины свободные, сегментные пологие (с продольным перемещением) и излуины свободные, сегментные крутые с широким распространением омеговидных излуин (с продольно-поперечным перемещением). Для территории парка характерный радиус кривизны излуин изменяется от 150 до 200 м, а степень их развитости от 1,6 до 1,8 км. Средние скорости размыва берегов р. Сармсабун на карте «Русловые процессы на реках» в Атласе Ханты-Мансийского автономного округа, Том 2 (Природа и экология) 2005 года показаны в пределах от 0 до 2 м/год и эти данные подтверждаются полевыми исследованиями.

В ходе работы с использованием морфодинамической классификации Р.С. Чалова было выделено 129 излуин, из которых преобладают свободные петлеобразные, сегментные и заваленные, а из адаптированных сегментные. Степень развитости излуин изменяется от 1,2 до 19,2, со средним

показателем 3,6, что говорит о снижении активизации размывов русла и о увеличении возможных прорывов в узких частях излучин. При превышении критической величины (степень развитости 1,4) свободные излучины либо спрямляются за счёт формирования пойменного протока через шпоры, либо трансформируются в излучины петлеобразной или синусоидальной формы с последующим затуханием деформаций. Но при степени развитости от 2 до 3,5 петлеобразные излучины вновь активизируются и связано это с развитием вторичных излучин на крыльях петлеобразной. Для Глубокого Сабуна (длина которого в пределах парка - 188 км) ось пояса меандрирования составила 44 км, а суммарная величина длины излучины достигает 117 км, что соответствует 62%. Сегментные излучины делятся на «сегментные пологие» 1,10-1,40, «сегментные развитые» 1,40-1,70, «сегментные крутые» 1,70-2,00.

В.Н. Коротаев

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ДИНАМИКА ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ (КЫРГЫЗСТАН)*

Первые детальные геоморфологические исследования на Иссык-Куле проводились в 60-80-х годах прошлого столетия. Подробно описана морфоструктура и типы рельефа Иссык-Кульской котловины и обрамляющих её гор, морфология и динамика береговой зоны озера. Геоморфологические работы, связанные с изучением динамики речных дельт, приходится на 1990–1992 гг. В последнее десятилетие появились новые возможности изучения динамики береговой зоны с использованием ГИС-технологий и спутниковой информации.

В истории развития береговой зоны озера Иссык-Куль наибольшее значение имели регрессивно-трансгрессивные голоценовые фазы колебания уровня: 1) раннеголоценовая регрессия (около 10 т.л.н.) на 110 м ниже современного уровня, во время которой были образованы палео-долины крупных рек иссык-кульского бассейна; 2) позднеголоценовая трансгрессия (1400-1200 л.н.), выработавшая абразионные уступы по всему периметру озера на высотах 1622-1623 м абс. и подтопившая долины рек («бозбулунская» по А.К. Трофимову) и 3) современная ингрессия озера в 1900-х годах до отметок 1614-1613 м абс. («балыкчинская» по А.К. Трофимову), когда были сформированы крупные аккумулятивные береговые формы (косы, пересыпи и бары).

На основе космических снимков *Landsat TM*+(2000 г.) и топографической карты 1:200 000 масштаба (Кыргызгеодезия, 1992) автор составил обзорную геоморфологическую картосхему котловины озера Иссык-Куль, используя некоторые элементы легенды Р.Я. Ранцман (1959). Выделены следующие типы рельефа: ГОРЫ: 1 – расчленённые, с современными ледниками, 2 – расчленённые, со следами древнего оледенения, 3 – расчленён-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00193) и гранта Президента РФ по поддержке ведущих научных школ (НШ-3284.2010.5).

ные, без следов древнего оледенения. ПРЕДГОРЬЯ: 4 – холмисто-увалистые возвышенности, расчленённые, 5 – холмогорья на куполовидных структурах, 6 – увалистые гряды на антиклиналях, 7 – межгорные котловины. РАВНИНЫ: 8 – подгорные наклонные, расчленённые аккумулятивные, 9 – аллювиальные наклонные конуса выноса, 10 – речные долины, 11 – озёрная плейстоценовая, 12 – озёрная голоценовая. ОЗЕРНАЯ ВПАДИНА: 13 – прибрежная отмель (до 100 м), 14 – подводный склон (100 – 600 м), 15 – днище озера (более 600 м). ГИДРОСЕТЬ: 16 – современная, 17 – реликтовая. ПРОЧИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ: 18 – изобаты (м), 19 – оси горных хребтов, 20 – оси антиклиналей, 21 – разломы, 22 – оси синклиналей.

На основе космоснимков *Landsat TM+* (2000 г., уровень озера – 1606,8 м абс.) и топографических карт 1: 100 000 масштаба (состояние местности на 1970–1980-е годы, уровень озера – 1606,5 и 1607,9 м абс.) составлены крупномасштабные картосхемы отдельных участков побережья озера Иссык-Куль и подсчитаны площади аккумуляции в береговой зоне озера и в устьях крупных рек за период 1974–2000 гг. (табл. 1).

Таблица 1. Прирост побережья озера Иссык-Куль за 1974–2000 гг.

Участок берега	Прирост, км ²
Западное побережье	
урочище Кет-Малды	0,80
урочище Бозбармак	0,65
урочище Ак-Олён	1,44
остров Ак-Булун	1,1
Северное побережье	
урочище Сары-Камыш	0,79
полуостров Торы-Айгыр	0,16
полуостров Каройский	0,70
полуостров Чолпон-Ата	0,41
бухты между полуостровами	0,20
полуостров Григорьевский	8,14
с.Ойтал – с.Кутурга	1,8
Восточное побережье	
полуостров Сухой Хребет	6,98
дельта р. Тюп	0,63
дельта р. Джергалан	0,34
дельта р. Ирдык	0,17
дельта р. Каракол	0,13
Юго-восточное побережье	
полуостров Карабулун	0,77
г. Мал. Оргочер – урочище Койсара	2,08
с. Актерек – устье р. Джуука	0,54
дельта р. Джуука	0,07
коса на входе в Покровский залив	0,69
дельта р. Чон-Кызыл-Су	0,08

А.Г. Косицкий

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ПРЕИМУЩЕСТВО ПОРЯДКА РЕК КАК ПРЕДИКТОРА ИХ ХАРАКТЕРИСТИК*

Общеизвестно, что размер реки является важнейшим фактором, определяющим характеристики гидрологического и руслового режима. С ростом размеров рек происходят как количественные, так и качественные изменения условий формирования стока. Количественные изменения связаны прежде всего с ростом водоносности рек и сопутствующих ей морфодинамических характеристик русла: ширины, глубины и др. Качественные изменения условий формирования стока с ростом размера реки можно проследить, например, при оценке роли зональных факторов. Характер русловых процессов также различен на реках разного размера.

В классической гидрологии размер реки чаще всего характеризуется площадью речного бассейна. Связано это, прежде всего с картированием среднего многолетнего модуля стока, представляющего отношение среднего многолетнего расхода воды к площади бассейна. Средние многолетние модули стока зональных рек обычно не зависят от площади бассейна, а зависят преимущественно от зональных соотношений между составляющими водного баланса: осадков и испарения, что позволяет наносить их на карту в виде изолиний. Однако, такой подход затрудняет пространственный анализ максимального и минимального стока. Вследствие одновременного их прохождения в разных частях речного бассейна модули максимальных расходов воды обычно уменьшаются с ростом площади бассейна, а минимальных напротив увеличиваются.

Индикационный подход, активно используемый в зарубежной, а в последние десятилетия и в отечественной гидрологии, в качестве предиктора чаще всего использует порядок реки. Существует несколько схем его определения, наиболее популярными в настоящее время являются три. Классическая – река, впадающая в приёмный водоём является главной рекой, реки, впадающие в главную реку, являются реками первого порядка, впадающие в реки первого порядка – реки второго порядка и т.д.; Стралера-Философова – река, не имеющая притоков, является рекой первого порядка, при слиянии двух рек одинакового порядка он увеличивается на единицу, при слиянии рек разных порядков ниже по течению сохраняется порядок наибольшей из рек; Шайдеггера – порядок реки N определяется в зависимости от количества водотоков первого порядка P в бассейне реки по уравнению:

$$N = 1 + \log_2 P. \quad (1)$$

Последняя схема является наиболее удобной для гидрологических исследований, поскольку учитывает все элементы речной сети. Площадь

* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проекты № 09-05-00339, 10-05-000955).

бассейна F связана с порядком реки экспоненциальной зависимостью. Приведенные с помощью данной зависимости значения площади бассейна к $N = 10$ обнаруживают тесную обратную зависимость от густоты речной сети d . Чем больше густота речной сети, тем меньшая требуется площадь бассейна, чтобы на ней сформировалась река заданного порядка. Зависимость может быть описана степенным уравнением:

$$F10 = 1190 \cdot d^{-1,91}, \quad (2)$$

где $F10$ – площадь бассейна реки, приведенная к $N = 10$. В общем виде соотношение между площадью бассейна, порядком реки и густотой речной сети описывается уравнением:

$$F = 1,16 \cdot d^{-1,91} \cdot e^{0,69N}. \quad (3)$$

Решая уравнение (3) относительно N после некоторых преобразований получаем:

$$N = \log_2 F + 2,76 \cdot \ln d - 0,22. \quad (4)$$

Соотношения (2) - (4) получены с использованием площади бассейна, густоты речной сети и порядков рек российской части бассейна р. Амур. Сравнение фактических значений N с рассчитанными по уравнению (4) для рек данной территории показывает, что среднее квадратичное отклонение составляет 0,26, что соответствует примерно 20%-му отклонению средних многолетних расходов воды. Полученные соотношения выдерживают проверку и на независимом материале. Подстановка в уравнение (4) густоты речной сети и площадей бассейнов рек Верхней Волги и Печоры показывает, что среднее квадратичное отклонение фактических значений N от рассчитанных составляет 0,24 для Верхней Волги и 0,25 для Печоры, что ещё меньше, чем для бассейна Амура, данные по которому использовались для построения самой зависимости. Таким образом, порядок реки характеризует размер водотока с учётом поправки на густоту речной сети. Причём, соотношения между тремя этими характеристиками носят универсальный характер.

Густота речной сети, в свою очередь, является косвенным показателем водоносности рек. Этой теме посвящены работы многих исследователей. В соответствии с уравнением (4) при густоте речной сети, равной $0,1 \text{ км/км}^2$ на площади бассейна, равной 2000 км^2 , что соответствует граничному значению между средними и малыми реками сформируется река с $N = 4,4$. При густоте речной сети, равной $0,9 \text{ км/км}^2$ на той же площади бассейна сформируется река с $N = 10,5$. Учитывая, что при прочих равных условиях с ростом N на единицу водоносность рек увеличивается в два раза, при прочих равных условиях различия в водоносности этих рек могут составить 60 и более раз, несмотря на одинаковую площадь бассейна. А это значит, что во столько же раз могут отличаться и их средние многолетние модули стока, что в реальности зачастую и наблюдается.

Проведённые исследования показали, что именно порядок реки в большей мере определяет её размер с точки зрения водоносности и как следствие – характера русловых процессов.

В.Ф. Кудров, И.В. Никонорова

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

РЕСУРСЫ МАЛОЙ РЕКИ КАК ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ШУМЕРЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Экологическое состояние многих крупных и средних рек европейской части России оценивается как неблагоприятное, и воды их уже не могут использоваться в хозяйственно-питьевых целях без значительных затрат по их очищению. Данное обстоятельство заставляет ориентироваться на более широкое использование подземных вод, которые, к сожалению, также не всегда соответствуют требованиям санитарных норм. Подобные условия сложились с водоснабжением города Шумерля – центра одноименного района на западе Чувашии, расположенного в нижнем течении реки Суры.

Гидрогеологическими исследованиями, проведенными Чувашской ГРЭ в 2006-2007 гг. для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения города в пределах 7 км вокруг города в сочетании с переоценкой эксплуатационных запасов подземных вод на разведанных ещё в 1962-63 гг. и донные эксплуатируемых участках Шумерлинского месторождения установлено, что водоносные толщи сложены трещиноватыми известняками и мергелями с прослоями глин уржумской и мергелями котельничской серий общей мощностью до 20,5 м.

Водоносные свиты напорные. Напор 10,5-28,6 м, глубина невозмущенного пьезометрического уровня от 3 до 82 м. Качество воды по основным нормируемым показателям соответствует требованиям СанПиН 2.14.559-01 за исключением содержания бора, железа, кремнекислоты, марганца и фтора. Использование её для питьевого водоснабжения возможно лишь при условии уменьшения концентрации компонентов, содержащихся в избытке, путём соответствующей водоподготовки. В настоящее время концентрацию указанных компонентов в воде городского водопровода предусмотрено снижать до допустимых норм путём смешивании воды из скважин с поверхностной, забираемой из Суры.

Концентрация бора в пробах, отобранных с глубоких горизонтов заметно выше, чем в пробах с небольшой глубины.

Эксплуатационные запасы категорий А и С1 Шумерлинского месторождения 7,6 тыс. м³/сут. При заявленной потребности в 6,5 тыс. м³/сут. можно было бы признать вопрос водоснабжения населения города решённым. Но основная часть потребности Шумерли в хозяйственно-питьевой воде удовлетворяется береговым водозабором на р. Суре. При этом преобладающий объём речной воды поступает к потребителю, не смешиваясь с водами из подземных источников. Кроме того, береговой водозабор находится под постоянной угрозой заноса песками ввиду неустойчивости русла реки. Все это не даёт оснований считать проблему водоснабжения города окончательно решённой.

Поиски новых ресурсов подземных вод в окрестностях Шумерли положительных результатов не дали.

Предполагается, что речка Шумерля, в нижнем течении которой расположен один из участков Шумерлинского месторождения подземных вод, протекает над региональным разрывным нарушением, по которому происходит питание глубоко залегающих водоносных горизонтов. На это, в частности указывает тот факт, что из всех водотоков в окрестностях Шумерли только этот, будучи не самым мелким, в отдельные годы пересыхает в летнее время. Учитывая весьма благоприятные экологические условия в его покрытом лесом бассейне, следует использовать возможность искусственного восполнения запасов подземных вод путём зарегулирования стока малой реки.

Создание на всем её протяжении непрерывного каскада небольших прудов позволит задерживать часть весеннего стока и тем увеличить продолжительность инфильтрации поверхностных вод через ослабленную зону вдоль упомянутого разрывного нарушения.

Увеличение концентрации бора в пробах в зависимости от глубины отбора дает основание предполагать, что поступление его связано с подтягиванием к водозабору глубинных вод. Искусственное пополнение запасов подземных вод, увеличив напор в эксплуатируемых водоносных горизонтах, ограничит такое подтягивание и тем самым позволит уменьшить содержание бора в забираемой воде.

Так как в воде эксплуатируемых водоносных горизонтов содержание других нежелательных компонентов лишь незначительно превышает предельно допустимые концентрации, можно надеяться, что восполнение запасов подземных вод искусственным путём позволит довести качество воды до кондиционного уровня. Кроме того, водоёмы ещё более улучшат и без того достаточно благоприятную экологическую обстановку в долине ручья.

М.В. Кумани, А.Н. Слипецкий

Курский государственный университет

ДИНАМИКА СТОКА НАНОСОВ НА СКЛОНАХ И В РЕЧНОЙ СЕТИ В ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Сток наносов играет важную роль в формировании русла реки, ее поймы, влияет на экологическое состояние водных и околотоводных биоценозов. На территории Курской области за период весеннего половодья проходит основная часть стока воды и наносов. Важно установить закономерности формирования твёрдого стока в период весеннего половодья в условиях интенсивной сельскохозяйственной освоенности водосборов лесостепной зоны, в частности, закономерности и соотношение двух основных составляющих твёрдого стока в период весеннего половодья: 1) выноса накоплен-

ных в русле донных отложений и транспорта накопленного на пойме аллювиального материала и 2) транзитного перемещения по руслу продуктов плоскостной и линейной эрозии, поступающих с водосбора.

Соотношение этих двух компонентов твёрдого стока на территории Курской области изучено недостаточно. Поэтому нами предпринята попытка выяснить временные и пространственные закономерности твёрдого стока в период половодья. Нами использованы материалы за те годы наблюдений, когда в период половодья на гидрометрических постах УКГКС ЦЧО определялись расходы взвешенных наносов, а по ним – средняя мутность, что позволило получить достаточно точные и надёжные данные по динамике твёрдого стока и мутности в период весеннего половодья и межени.

Для анализа нами были построены графики изменения мутности и расходов воды на следующих гидрометрических постах: р. Тускарь у г. Курска, р. Сейм у г. Рыльска, р. Свапа у Старого города. Отчётливо выделяются два пика мутности: первый – при максимальном расходе воды, а второй – на спаде половодья.

Первый пик можно условно назвать русловым. В эту фазу увеличение мутности совпадает с максимальными расходами воды, приходящимися на пик половодья, когда наблюдается интенсивное снеготаяние и резкое увеличение транспортирующей способности руслового потока, в том числе при выходе на пойму, что приводит к увеличению мутности и расхода твёрдых наносов. Максимальная мутность в этот период наблюдается при прохождении максимальных расходов.

Второй пик мутности наблюдается на спаде половодья, в завершающей фазе, когда расходы воды значительно снижены. Следовательно, это транзитный пик мутности и связан он уже со смывом почвы с сельскохозяйственных угодий, выносом материала из оврагов и балок. Этот вывод подтверждается многолетними наблюдениями на полевых балочных водосборах лаборатории гидрологии ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии.

Многолетние данные свидетельствуют о том, что в начале половодья идёт интенсивное таяние снежного покрова, расходы максимальные, но вода течёт по мёрзлой почве, поэтому мутность воды и интенсивность смыва незначительны. В завершающей фазе снеготаяния сток формируется по талой почве и, несмотря на снижение расходов воды, мутность и твёрдый сток увеличиваются в десятки и сотни раз. Именно в это время происходит основной размыв почвенного покрова. Таким образом, данные наблюдений на реках и распаханых склонах полностью соответствуют указанным закономерностям.

А.А. Куржанова
Казанский федеральный университет

ПЛАНОВЫЕ СМЕЩЕНИЯ РУСЕЛ РЕК ВОСТОКА РУССКОЙ РАВНИНЫ

Морфология и внутреннее строение речных долин равнинных рек определяется динамикой русловых процессов. Для равнинных рек, длительное время развивающихся в условиях относительно слабых тектонических движений, ведущее значение приобретают плановые или горизонтальные деформации русла.

В настоящее время существуют различные способы расчёта русловых деформаций. Довольно часто используются гидроморфологические зависимости, связывающие форму поперечного сечения русла с расходами, характером грунта, уклонами и т.д. Широкое применение имеют также эмпирические формулы, установленные для определённых регионов. К таким относится метод К.М. Берковича для оценки скорости отступления пойменного берега. С его помощью составлена карта размывов берегов рек Нечернозёмной зоны России, на которой показаны некоторые реки анализируемой территории.

Наиболее надёжные данные о деформациях русел могут быть получены непосредственными стационарными наблюдениями за этим процессом или путём сравнения материалов крупномасштабных съёмок русел рек разных лет. Для определения скоростей и направления плановых смещений русел ряда крупных и средних рек востока Русской равнины нами использовались различные приёмы. Анализ современных деформаций производился путём сравнения детальных лоцманских карт начала века с современными крупномасштабными топографическими картами. Для определения геологических скоростей анализировалось распространение пойменных и террасовых комплексов: низкой и высокой поймы голоценового возраста, первой и второй надпойменных террас средне - поздневалдайского возраста, третьей и четвертой террас среднечетвертичного времени. Возраст террас принят по данным А.П. Дедкова (1976).

Средние скорости смещения русел рек за первую половину 20 века на отдельных участках колеблются в значительных, что определяется в первую очередь характером подмываемых берегов. Поскольку правые берега чаще всего сложены коренными породами, то скорости правостороннего смещения даже на крупных реках, развивающихся по закону Бэра-Бабины, меньше левосторонних, где размываются молодые аллювиальные осадки.

Существенную роль играют также тектонические структуры. При пересечении рекой положительных структур скорость смещения в 1,5 раза меньше, чем в прогибах. Обусловлено это выходом в ядрах поднятий более прочных горных пород, чем на соседних участках.

Ещё более резкие различия в скоростях наблюдаются на участках крупных изгибов всей долины. При поворотах влево вследствие центробеж-

ных сил русло прижимается к правому коренному берегу, оставляя слева широкие террасы. Коренные породы ограничивают возможности смещения русла вправо и за полвека оно не произошло, в то время как размыв левого берега облегчён. При изгибах вправо русло отклоняется к левому берегу, оставляя террасы у правого берега. Здесь возможны смещения в обе стороны, хотя левосторонние в 2 раза больше.

Анализ распространения право- и левосторонних террасовых комплексов позволяет оценить тенденции развития долин за геологические отрезки времени. Средние скорости смещения русла за голоцен сопоставимы с современными скоростями, хотя и в 2-3 раза уступают им. Близки средние скорости в период перемещения (отступления) со среднего Валдая, т.е. с начала формирования второй террасы. Но здесь уже отчётливо проявляется одностороннее смещение русла к правому берегу. Ярко эта тенденция выражена не только на крупных реках с меридиональным направлением течения – Волги, Камы, Вятки, Ветлуги, но и на средних Свияги, Ика, Зая и др. Исключения составляют Сура, Илеть, Кильмезь, где в среднем нижнем течении и сейчас, и в плейстоцене чётко преобладает левостороннее смещение русла обусловленное проявлением новейшей тектоники.

Средние скорости развития русла, вычисленные за отрезок времени со среднего плейстоцена до современности, на порядок меньше. При этом тенденция одностороннего развития долины выражена ещё ярче.

Анализ соотношения скорости создаёт впечатление об усилении русловых процессов к современности. Но эта кажущаяся картина связана с тем, что скорости деформации самого русла не соответствуют одностороннему смещению всей долины. Большая часть русловых деформаций на реках рассматриваемого региона происходит в пределах поймы, приводит к перемыву собственных отложений, не меняя форму поперечного профиля долины в целом. Это подтверждается несовпадением скоростей современного размыва правых и левых берегов и геологически длительного смещения русла.

Длительное и устойчивое правостороннее смещение русел большинства рек создало резко асимметричные долины с крутым правым и пологим террасированным левым склоном. Для количественной оценки степени асимметрии долин использован показатель «А», вычисляемый по формуле:

$$A = 1 - e_k / e_n$$

где e_k и e_n – длины горизонтального проложения крутого и полого склонов.

Для крупных долин он оказался близок к единице. Однако чёткой связи между скоростями смещения русла и коэффициентом «А» не выявляется. Связано это с тем, что асимметрия отражает общую тенденцию развития долины, быстро достигает максимальных значений и в дальнейшем не меняется.

Существенные (на порядок и более) различия между скоростями современного смещения русел и определёнными для разных геологических отрезков времени требуют большой осторожности при экстраполяции этих данных для прогноза развития речных долин.

Ф.Н. Лисецкий¹, А.А. Светличный², С.Г. Черный³

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия; ²Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Украина; ³Николаевский государственный аграрный университет, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОВЕДЕНИЯ

Понимание уникальности почвы как незаменимого ресурса, от состояния которого зависят успехи в земледелии, с одной стороны, и природного тела с уникальными общеэкологическими функциями – местообитания живых существ; информационной, инженерной, регулятивной, с другой стороны, приводит к более точным оценкам масштабов водной эрозии и её последствий.

Именно поэтому можно говорить о существовании самостоятельной научной дисциплины – эрозиоведения, объектом исследования которой является эрозионная геосистема – природно-хозяйственная территориальная система, выделяемая на основе однотипности и однонаправленности функционирования водно-наносного потока. Предметом исследования эрозиоведения выступает не только собственно процесс водной эрозии, закономерности его формирования и протекания, но и факторы его определяющие (рельефные, климатические, почвенные, растительного покрова, хозяйственной деятельности человека), а также результаты водно-эрозионного процесса, в частности, эродированные почвы, а также принципы, методы и технологии оптимизации использования эрозионно-опасных земель. Такое определение предмета исследования одновременно отражает и междисциплинарную, и интегративную суть эрозиоведения.

С учётом этого представляется, что современное развитие эрозиоведения должно определяться следующими направлениями исследований:

- применение теории географического ландшафта, как методологической основы исследований эрозии и обоснования почвоводоохранного обустройства агроландшафта и смежных территорий;

- математическое и физическое моделирование эрозии почв, опирающееся на понимание процесса водной эрозии как диалектического единства разрушения (смыва, размыва) почвы, её переноса и отложения (аккумуляции), обеспечивающих реализацию механизма саморегуляции поверхности склона, в частности, проявления закона автоматического регулирования транспортирующей способности потоков;

- моделирование процесса водной эрозии почв, особенно ливневой, исходя из очевидного факта неустановившегося режима процесса склонового наносообразования и отсутствия на реальных протяжённых склонах монотонного возрастания интенсивности смыва почвы на склонах по мере удаления от водораздела;

- учёт при составлении прогнозов развития эрозионной ситуации как в регионах, так и в конкретных агроландшафтах быстрых изменений под влиянием глобальных климатических флуктуаций факторов, опреде-

ляющих интенсивность водно-эрозионного процесса, в частности, изменение эрозионного потенциала осадков, влажности почвы, противоэрозионной стойкости почв, изменения перечня возделываемых сельскохозяйственных культур, а также сроков прохождения фенологических фаз их развития;

– определение параметров противоэрозионной стойкости не только на уровне типа (подтипа) почвы, но и с учётом характера землепользования (пашня, пастбища, лесопокрываемые территории и т. п.), а также многолетних изменений структуры почвенного покрова, которые, в свою очередь, являются функцией степени его деградации в результате антропогенной деятельности;

– разработка нормативов допустимых эрозионных потерь с целью не только сохранения полнопрофильных почв (в связи с чем такие расчёты принципиально должны опираться на оценку скоростей природно-антропогенного почвообразования), но и с учётом необходимости минимизации эмиссии наносов и загрязняющих веществ;

– получение количественных оценок почвозащитной эффективности основных противоэрозионных приёмов на основе обобщения имеющихся разрозненных эмпирических данных по их полевому испытанию с учётом корректного применения к ним статистической гипотезы эргодичности;

– интеграция концепций «почва-профиль» и «почва-покров» через количественную оценку совместного проявления почвообразовательного и эрозионно-аккумулятивного процессов; более точная оценка бонитета почв различной степени эродированности;

– разработка научно-методических основ и информационной базы исследований, моделирования, расчёта и прогноза водной эрозии почв, оптимизации использования эрозионно-опасных земель на основе контурно-мелиоративных, ландшафтно-экологических, ландшафтно-адаптивных систем земледелия с применением геоинформационных технологий – современных информационных технологий обработки пространственно-распределённой и пространственно-координированной информации, поскольку и природные, и хозяйственные факторы водной эрозии, закономерности и результаты её проявления имеют ярко выраженный пространственно-распределённый характер.

С.С. Максимов

Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева

ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ЧУВАШИИ НА СОВРЕМЕННОЕ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЕ

Воздействие человека на рельеф, растительный и почвенный покров в незначительных масштабах началось уже с появлением первых населивших современную территорию Чувашии земледельческих племён.

В IX-X вв. в юго-восточных районах республики появились первые постоянные поселения. С XI в. поселенцы освоили её юго-западные и северные части. Освоение и заселение территории происходило с юга на север. К этому времени уже применялось плужное земледелие. Осваивались новые места, вырубались леса, расширялись пашни, возникали поселения.

В 1236 г. Волжская Булгария потеряла свою независимость. Из-за постоянных набегов кочевников на юго-востоке степные районы были покинуты чувашским населением, и они превратились в «дикое поле» до первой половины XVI в.

С 1551 г. Чувашский край вошёл в состав Русского государства. Население внедрило более прогрессивные методы обработки земель (трёхпольный севооборот). Возвращение населения в «дикое поле» увеличило площади эродированных земель. Заселение юго-восточной и южной части республики, начавшееся в середине XVI в., в широких масштабах продолжалось до начала XVIII в.

В XVII в. в северной половине Чувашской Республики сводятся значительные участки леса. Но Пётр I, заботясь о создании русского флота, запретил вырубку ценных лесов на 100 вёрст от больших и 50 вёрст от малых рек. Пётр I запрещал расчищать леса под пашни в тех местах, где рос лес, нужный для кораблестроения. Значительные массивы чувашских лесов были сохранены благодаря этому запрету.

Однако, в XVIII в. этот запрет был отменен, и в береговой зоне Волги, Суры и их притоков лесные массивы стали истребляться. В результате вырубки леса стали возникать вторичные сукцессии. По данным генерального межевания начала XIX в. на территории современной Чувашии земельный фонд распределялся следующим образом: приусадебные участки 1,55%, пашня 40,37%, сенокосы 6,0%, лес 49,0%, неудобные земли 3,08%.

К середине XIX в. пахотные угодья заняли уже 45% территории, а лес – 41%. К 80-ым гг. XIX в. лесные массивы сократились до 35%. Сильно пострадала природа северной половины республики за счет преобразования покрытых дубовыми лесами участков в сельскохозяйственные угодья.

Значительное влияние на рельефообразование оказала реформа 1861 г., в результате которой начали обрабатываться участки земель на склонах балок, речных долин и по косогорам, т.н. неудобные земли, переданные крестьянам. Казанская и Симбирская губернии, куда входила практически вся современная территория республики, относились к тем регионам, где более половины всех земель приходились на крестьянские хозяйства. В 1881 г. в указанных губерниях в структуре земельных угодий преобладала пашня. Меньшую площадь занимали леса и луга. Пахотные земли в Казанской губернии располагались на 48,5% всей территории, а в Симбирской – на 51,2% площади. Для того времени высокая плотность населения в Казанской (83,9 чел/км²) и Симбирской (79,8 чел/км²) губерниях обуславливала высокую антропогенную нагрузку на природу.

После Гражданской войны в Чувашии началось восстановление и интенсивное развитие хозяйства. Применение техники и технологии в промышленности, строительной индустрии, сельском хозяйстве сыграли заметную роль в рельефообразовании. При строительстве Чебоксарской ГЭС, крупных промышленных предприятий в гг. Чебоксары, Новочебоксарск, Канаш, Алатырь, Шумерля и в других населённых пунктах создавались многочисленные котлованы и карьеры, перемещались огромные массы грунта. Изменение рельефа связано и со строительством дорог, выпрямлением русел рек (Аниш, Цивиль, Кубня), добычей полезных ископаемых.

Так, общая протяжённость автомобильных дорог общего пользования в республике на 1 января 2011 г. составляет 6006,3 км. По густоте дорожной сети (310 км дорог с твёрдым покрытием на 1000 км²) Чувашия занимает 4-ое место в России. В полосе строительства автодорог производится срез и перемещение огромных масс горных пород, и вдоль новых участков дорог происходит активизация склоновых процессов.

Открытая разработка месторождений вызывает нарушение земель на значительных площадях и ежегодное изъятие из хозяйственного оборота порядка 12-15 га пашни и лесных угодий, что изменяет рельеф, гидрогеологические условия, характер поверхностного стока и влияет на динамику опасных геологических процессов. Площадь нарушенных земель добычными работами в республике достигла 1,5 тыс. га.

В структуре земельного фонда Чувашии подавляющую часть территории республики занимают земли сельскохозяйственного назначения (55,22%), из них на долю пашни приходится 78,3%, земли лесного фонда занимают 32,22%. Остальные площади заняты землями населённых пунктов – 8,07%, землями особо охраняемых природных территорий – 1,87%, землями водного фонда – 1,56%, землями промышленных предприятий – 1,0% и землями запаса – 0,06%.

За последние 60 лет произошли некоторые изменения площадей сельскохозяйственных угодий. С середины 50-ых гг. XX в. и до начала нового века сельскохозяйственные угодья сократились почти на 150 тыс. га. Все это оказало влияние на ослабление эрозионных процессов. В то же время в последние десятилетия наблюдается увеличение площади пашни, хотя 7% площади пашни до сих пор не задействовано в хозяйственном обороте.

В республике имеются около 3500 малых водохранилищ и прудов. Они задерживают часть талых и дождевых вод, тем самым, ослабляя половодье и паводки. В водоёмах усиливается аккумуляция наносов, на прилегающих территориях происходит заболачивание.

Однако в последние десятилетия целенаправленная научно обоснованная борьба с негативными экзогенными процессами начала приносить и положительные результаты. Значительно ослабили в Чувашии почвенная и овражная эрозия, эоловые процессы, механическая и химическая денудация.

С.С. Максимов, В.Н. Подшивалина, А.В. Казаков, Е.Ю. Волина
Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В РАМКАХ РЕСПУБЛИКАНСКИХ ПРОЕКТОВ

Важным стимулом для дальнейших научных исследований стал факт подписания Председателем Правительства Российской Федерации В.В. Путиным распоряжения от 21 апреля 2010 г. № 600-р о подготовке изменений в проектную документацию «Строительство Чебоксарской ГЭС на реке Волга», предусматривающего в ближайшие годы возможность установления нормального подпорного уровня (НПУ) Чебоксарского водохранилища на отметке +68,0 м (табл. 1).

При наполнении водохранилища на проектную отметку НПУ +68,0 м будут затронуты земли территории четырёх административных районов Чувашской Республики (Чебоксарский, Моргаушский, Ядринский, Красночетайский). Общая площадь земель, попадающих в зоны затопления, подтопления и берегопереработки составляет 13,39 тыс. га, из них сельскохозяйственных угодий 5,77 тыс. га (43,1%). Для сравнения: в Республике Марий Эл в эти зоны попадут 44,06 тыс. га, из них сельскохозяйственных угодий 5,17 тыс. га (11,7%), в Нижегородской области – 91,5 тыс. га, из них сельскохозяйственных угодий 27,94 (30,5%) тыс. га.

Таблица 1. Общие сведения по Чебоксарскому водохранилищу при разных НПУ

Общие показатели	НПУ +63,0 м	НПУ +68,0 м
Длина, км	280	341
Ширина, км	до 15	до 16
Глубина, м	до 24	до 30
Площадь водосбора, км ²	604000	604000
Среднегодовой сток, км ³	110,6	110,6
Площадь водохранилища, км ³	1213	2155
Полная и полезная емкость водохранилища, км ³	5,1 и 0	11,7 и 3,1
Расчётный максимальный сбросный расход через сооружения (0,1%), м ³ /с	41700	48000
Длина напорного фронта, км	3,9	3,9
Максимальный статистический напор, м	13,9	18,9

Отмечаем, что ГОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», при поддержке Министерства природных ресурсов и экологии Чувашской Республики, в рамках республиканских проектов «Молодёжь Чувашии в поддержку устойчивости экосистем», «Чистые берега малых рек Чувашии», «Молодёжь Чувашии – против мусора», уже в течение 2009-2011 гг. проводит изучение экосистем береговой зоны Чебоксарского водохранилища и прилегающих территорий в пределах республики.

Под руководством С.С. Максимова, В.Н. Подшивалиной и А.В. Казакова со студентами указанного учебного заведения организованы научные

экспедиции по исследованию геолого-геоморфологических особенностей территории, отобраны пробы воды на гидробиологический и гидрофизический анализы, определена степень антропогенного воздействия на ландшафты водных объектов и прилегающих участков. В рамках указанных работ в г. Чебоксары проведена всероссийская конференция по теме «Устойчивость экосистем: теория и практика».

Полевые исследования показали, что на правобережье Чебоксарского водохранилища из 35 км протяжённости наблюдаемой береговой линии размыву подверглись 14 км (44%), в то время как средний многолетний показатель этой величины, по данным Минприроды Чувашии, равен 21,4 км.

По сведениям различных источников средняя скорость отступления бровки берега Чебоксарского водохранилища на правобережье в первые годы его существования достигала 3 м/год, а к концу 90-х гг. прошлого века этот показатель понизился до 0,9 м/год. На левобережье скорость отступления берега вначале составляла 1,5-3,0 м, а затем на рубеже веков уменьшилась до 0,9 м. Такая тенденция наблюдается на всех пунктах наблюдения.

В 2000-2010 гг. при активной помощи студентов заложены репера и продолжены наблюдения в северной части д. Шомиково Моргаушского района (правый берег) и п. Октябрьский в Заволжье (левый берег). Так, средняя скорость отступления на правом берегу в 2010 г. достигла 0,5 м, на левом – 0,4 м. Результаты почти 20-летних стационарных наблюдений показывают ослабление отступления берегов Чебоксарского водохранилища.

В то же время отмечаем, что с кратковременными поднятиями уровня водохранилища до 64-65 м процесс абразии часто усиливается. При повышении уровня водохранилища до проектной отметки (+68,0 м) скорость отступления берегов должна вновь активизироваться.

На правобережье Чебоксарского водохранилища средний прирост вершинных частей оврагов в 2010 г. составил 0,2 м, что меньше значений 2008 (0,4 м) и 2009 (0,3 м) гг. В пределах г. Чебоксары величина прироста оврагов в 2008 г. достигла до 1,5 м, в 2009 г. – 0,3 м, а в 2010 г. – 0,2 м. Наблюдения велись в 25 оврагах, из них 5 оврагов расположены в пределах г. Чебоксары, 9 – в Чебоксарском и 11 – в Моргаушском районах.

По результатам гидробиологического анализа левобережный участок Чебоксарского водохранилища в районе базы отдыха «Кувшинский» (Заволжье) отнесён к олигосапробным водоёмам (индекс сапробности 1,47). Водоёмы, непосредственно примыкающие к водохранилищу (например, Чебоксарский залив), отнесены к мезосапробным (индекс сапробности от 1,6 до 1,7). Отмечаем, что индекс сапробности очень изменчив во времени и в пространстве и исследования в этом направлении продолжатся.

В 2011 г. также планируется выполнение работ в рамках проекта «Молодежь Чувашии в поддержку устойчивости экосистем» по изучению ландшафтных особенностей земель, попадающих в зоны затопления, подтопления и берегопереработки Чебоксарского водохранилища.

Матвеев Н.П.

Московский государственный областной университет

РЕКИ НАЧАЛЬНОГО ПОРЯДКА ЦЕНТРА РУССКОЙ РАВНИНЫ

К начальному порядку относят реки, не принимающие ни одного притока. В разных речных системах длина рек начального порядка не одинакова. Она зависит от целого ряда факторов: геологического строения, рельефа, продолжительности формирования речной системы, осадков, запасов воды в снежном покрове, лесистости территории. Тесная связь наблюдается между длиной рек и площадью водосбора рек начального порядка как удельной, так и фактической, с которой происходит питание реки.

$$\bar{l}_1 = 0,63 \bar{f}_1^{0,5}, \quad (1)$$

где $\bar{l}_1$ – длина реки начального порядка, км, $\bar{f}_1$ – удельная площадь водосбора км², которая равна

$$\bar{\varphi}_1 = F/N \quad (2)$$

где F – площадь водосбора речной системы, для которой определяется удельная площадь, N – число рек в речной системе.

Удельная площадь больше фактической площади водосбора реки начального порядка той же речной системы на 10-18%.

Связь между длиной реки начального порядка, осадками и нормой стока выражается равенством

$$\bar{l}_1 = 4,27 - 0,1m_0 - 0,00 Z, \quad (3)$$

где m_0 – норма стока, л/с км², Z – осадки в мм. Коэффициент корреляции выражения (3) достаточно высок – 0,79.

Закон распределения рек начального порядка для центра Русской равнины биномиальный с параметрами распределения: средней арифметической серединой $\bar{l}_1 = 1,94$ км, $C_v = 0,2$, $C_s = 0,883$ при крайнем среднем значении рек – 1,16-3,4 км. Наиболее распространены реки протяженностью 1,6-2,25 км (60%). В Волжском районе от верховий реки Волги до г.Чебоксары таких рек насчитывается до 40 тысяч. К рекам начального порядка мы относим и верховья крупных рек до впадения первого притока. Реки протяженностью 1,2-1,6 км составляют до 19,0 % или 12,6 тыс. рек. Рек размером 2,25-3,4 км насчитывается до 20% – 13,2 тыс. рек.

В благоприятных условиях находится около 86% рек Верхневолжского района и в менее благоприятных до 14% рек. К этой категории относятся реки длиной свыше 2,5 км. Но в целом реки находятся в равновесии с природными условиями района.

Площади водосборов рек начального порядка зависят от тех же условий, что и реки. Каждой реке соответствует площадь водосбора, которая может обеспечить ей сток в течение года. Площади водосборов рек начального порядка изучались по отдельным районам: 1) от верховий Волги до г. Рыбинска, 2) от Рыбинска до впадения р.Оки, 3) бассейн р.Оки. Отбирались реки протяженностью до 100км и площадью водосбора до 2000 км². Закон статистического распределения площадей рек начального порядка оказался во всех районах биномиальный. В первом районе выборка составила 100 речных систем. параметры распределения: $\bar{\varphi}_1 = 10,0 \text{ км}^2$, $C_v = 0,65$, $C_s = 1,92$. Кривая асимметрична, смещение в сторону более мелких водосборов. На реки с площадью водосборов 3,5-10,0 км² приходится 65% от всех рек, на 10-18 км² – 20%, свыше 18 км² – 12%. Площади водосборов рек находятся в соответствии с современными природными условиями. Однако формирование рек еще должно происходить. Появятся более короткие реки первого порядка. Связь средней площади водосбора с нормой стока для района выражается равенством

$$\bar{\varphi} = 40,0 - 3,75 m_0 \quad (4)$$

Во втором районе параметры распределения при выборке 100 речных систем составили $\bar{\varphi}_1 = 7,7 \text{ км}^2$, $C_v = 0,77$, $C_s = 2,46$. Кривая асимметрична с резким смещением в сторону более малых рек. Наибольшим развитием пользуются реки с площадью водосбора от 2,0 до 10 км² (73%), от 10 до 18 км² – 14%, свыше 18 км² – 7%. Увеличение количества рек с более малыми водосборами связано с более ранним развитием речной сети, которое началось с после днепровского времени. Связь площади водосбора и нормы стока выражается уравнением

$$\bar{\varphi}_1 = 31,5 - 4,0 m_0 \quad (5)$$

Третий район - бассейн р.Оки имеет такие параметры распределения: $\bar{\varphi} = 12,2 \text{ км}^2$, $C_v = 0,60$, $C_s = 2,0$. Наибольшим развитием пользуются реки с площадью водосбора 7-18 км² (60%). Достаточно много рек с площадью водосбора от 3,5 до 7,0 км² (21%). К данной категории имеют отношения реки, достигшие при врезании уровня подземных вод. На реки с площадью водосбора свыше 18 км² приходится до 16% водосборов рек. Возрастание рек с более крупными площадями рек связано с сокращением осадков, снижением запасов воды в снежном покрове, развитием трещиноватости в карбонатных породах. Для 3-го района площадь водосбора может быть вычислена по формуле

$$\bar{\varphi}_1 = 30,0 - 3,6 m_0 \quad (6)$$

А.П. Мельникова

Арзамасский государственный педагогический институт имени А.П. Гайдара

ОБ ИСТОРИИ, ВОЗРАСТЕ ПУСТЫНСКИХ ОЗЁР И ЭРОЗИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕКИ СЕРЁЖА

В долине реки Серёжа (правый приток р. Тёша), в её среднем и нижнем течении, на месте ныне существующих Пустынских и многочисленных других карстовых озёр и воронок ниже по течению, существовало обширное пра-Пустынское озеро шириной более 10 км. На западе его границы простирались за пределы области. Свидетельством его существования служат древнеозёрные отложения, залегающие у села Пустынь. Фрагмент древних озёрных песков, прислонённый к коренному склону из глин пермского возраста, сохранился от размыва р. Серёжей в бывшем заливе. Отложения древнего озера представлены горизонтально-слоистыми мелко- и среднезернистыми песками. Пески не содержат гальки, гравия и валунов, что указывает на спокойный характер накопления осадков. Кровля озёрных отложений залегает выше уровня Пустынских озёр на 25 м. Почти на всём протяжении Серёжа течёт среди песчаных аллювиальных отложений (см. карту четвертичных образований Нижегородской области). По нашим представлениям аллювиальные пески – это результат переработки древнеозёрных отложений пра-Пустынского озера рекой Серёжа. У села Старая Пустынь, в долине реки Серёжа расположены самые крупные в Нижегородской области карстовые Пустынские озёра. На дне долины, близко к поверхности залегают известняки и гипсы пермского возраста, с которыми связаны карстовые процессы и явления. Правый склон долины Серёжи к северу от Пустынских озёр представляет собой зандровую равнину, сложенную флювиогляциальными песками с галькой, гравием и валунами. По исследованиям Г.В. Обедиентовой (1965) верхняя часть склона и водораздел между Серёжей и притоками р. Кудьмы на севере сложены сверху моренными отложениями. Соседство пра-Пустынского озера с моренными и флювиогляциальными отложениями даёт основание полагать, что озеро возникло как приледниковое. Причиной образования бывшего гигантского озера, по нашему мнению, послужило подпруживание стока рек Серёжа, Оки, талых ледниковых вод ледниковым потоком. По современным представлениям учёных МГУ – П.А. Каплина и др. (2005) территорию Нижегородской области покрывали три древних оледенения: донское и окское – полностью, а днепровское – частично. По их схеме – реконструкции граница днепровского оледенения пересекает область с северо-востока на юго-запад: от верховьев реки Ветлуга до слияния рек Мокша и Цна (притоки Оки). То есть, на правобережье Волги в пределах Нижегородской области граница проходит где-то в среднем течении р. Серёжа. Так, согласно геологической карте четвертич-

ных образований Нижегородской области среднеплейстоценовые флювиогляциальные отложения на правобережье являются преобладающими на западе области в низовьях рек Тёша и Серёжа, на правобережье р. Серёжи и в междуречьях рр. Тёши и Серёжи, рр. Тёши и Мокши. Моренные отложения на правобережье Волги распространены фрагментарно. Исследования Г.В. Обедиентовой подтверждают, что моренные образования на правобережье Волги в северной части Приволжской возвышенности к востоку от устья Кудьмы отсутствуют, но в междуречье Волги, Оки, Кудьмы развиты ледниковые и водно-ледниковые отложения. Она пишет, что «...возможно, где-то здесь, несколько севернее долин рр. Серёжи и Кудьмы проходила граница активного ледника...» (1965). Сам факт образования крупнейших в Нижегородской области Пустынских карстовых озёр, на месте бывшего приледникового озера, по нашему мнению, не случаен и показывает тесную генетическую связь. Их образованию способствовало сочетание нескольких факторов: обилие талой воды в приледниковом озере, отсутствие кровли из пермских глин над известняками татарского яруса в долине р. Серёжи и высокое залегание известняков и гипсов. Начало образования карстовых озёр в долине р. Серёжи и низовьях р. Тёши соответствует времени существования приледникового водоёма в краевой зоне оледенения. Многие геоморфологи полагают, что морфологический комплекс из морены, краевых заандров и речных долин, расположенных строго закономерно, может служить критерием для установления здесь границы максимального распространения льдов. Мы разделяем эту точку зрения. И обнаруженные нами в долине р. Серёжи древнеозёрные пески дополняют и усиливают выявленный здесь ранее морфологический комплекс, так как существование большого озера в краевой зоне ледниковых образований тоже показатель границы оледенения. Таким образом, наши исследования позволили реконструировать в среднем и нижнем течении р. Серёжа огромное пра-Пустынское озеро, определив его генезис как приледниковый, подтвердить, что здесь по меридиану от водоразделов с притоками реки Кудьма на севере и рекой Тёша на юге, через долину реки Серёжа проходила граница оледенения. В результате исследования была установлена приуроченность древних озёрных отложений и всего морфологического комплекса в долине реки Серёжа к границе днепровского оледенения, а возраст пра-Пустынского озера, следовательно, определён как днепровский. Интенсивная эрозионная деятельность р. Серёжа проявилась в размыве отложений пра-Пустынского озера мощностью не менее 25 м. Но не вся толща песков была размыва рекой. Часть озёрных отложений была размыва при разрушении ледяного барьера и спуске озера во время деградации оледенения.

В.В. Мозжерин, А.Г. Шарифуллин
Казанский (Приволжский) федеральный университет

ОЦЕНКА ДЕНУДАЦИОННОГО СНИЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАВКАЗСКИХ ГОР ПО ДАННЫМ О СОВРЕМЕННОМ СТОКЕ ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕК *

Кавказ принадлежит к числу тех областей земного шара, где процессы денудации выражены исключительно интенсивно. Наиболее простой способ их количественной оценки заключается в изучении стока наносов рек, который в первом приближении можно соотнести с общей величиной транзитной денудации. Транзитный вынос материала не является точной мерой всех перемещаемых продуктов рельефообразующих процессов, поскольку часть их переоткладывается в пределах самой горной страны. Вместе с тем транзитная часть наносов, удаляемая за ее пределы реками, прямо связана с активностью всего комплекса процессов механической и химической денудации. Она позволяет дать относительную оценку этой активности и может служить средством контроля при изучении и прогнозе скоростей денудационного снижения земной поверхности на экстерриториальном и даже глобальном уровне.

Денудационное снижение поверхности Кавказских гор определено по стоку взвешенных наносов на гидрологических постах, расположенных как внутри горной страны, так и на выходе рек из горной области, что позволяет оценить не только общую суммарную величину снижения горной страны, но и дать анализ пространственной неоднородности этого снижения. Для анализа были привлечены данные по 245 постам из сформированной для суши Земли базы данных по стоку взвешенных наносов. Влекомые наносы в приводимых расчётах не учитывались в силу исключительной ненадёжности их определения, особенно для горных рек. Имеющиеся материалы свидетельствуют, что их величина в горных районах может варьировать в очень широких пределах, составляя в среднем четверть величины стока взвешенных наносов и лишь в редких случаях оказываясь сопоставимой с ней. Кроме того, в расчётах не использовались сведения о стоке растворенных веществ, поскольку в горных областях химическая денудация по своей интенсивности обычно существенно уступает денудации механической.

Для оценки величины денудационного снижения модульная характеристика стока взвешенных наносов переводилась в объёмные единицы, исходя из средней плотности пород, равной $2,65 \text{ т/м}^3$. Для оценки величины денудационного снижения в разное время были предложены различные показатели, из которых наиболее информативны и показательны линейная скорость снижения поверхности или годовой слой смыва горных пород (мм/год) и денудационный метр, характеризующий время, необходимое для уменьшения высоты поверхности на 1 м.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-05-00605-а).

Модуль стока взвешенных наносов рек Кавказа колеблется в очень широких пределах и его величина лишь в общих чертах отражает простую прямую зависимость между абсолютной высотой рельефа и интенсивностью денудации. Нередко решающий вклад в его пространственную изменчивость вносят неорографические факторы, такие как состав горных пород, ландшафтно-климатические особенности, степень хозяйственного освоения речного водосбора. Наименьшие значения модуля ($1,4 \text{ т/км}^2\cdot\text{год}$) отмечаются на р. Аракс (Малый Кавказ), наибольшие ($5\,800 \text{ т/км}^2\cdot\text{год}$) – на р. Гардыманчай (юго-восточная часть Большого Кавказа), что отражается и в величине годового слоя смыва – от $0,00056 \text{ мм/год}$ (денудационный метр составляет 1,8 млн. лет) до $2,32 \text{ мм/год}$ (не более 450 лет), соответственно.

В степных нагорьях Армении средняя величина стока взвешенных наносов ($122 \text{ т/км}^2\cdot\text{год}$) и годовой слой смыва ($0,05 \text{ мм/год}$) в 8 раз меньше, чем в Восточно-Закавказских сухих субтропических лесах и степях ($980 \text{ т/км}^2\cdot\text{год}$ и $0,39 \text{ мм/год}$). Отмеченная закономерность связана с особенностями геологического строения и степенью антропогенного (в первую очередь сельскохозяйственного) освоения поверхности речных бассейнов. Горные породы междуречья Куры и Аракса сложены устойчивыми к смыву породами (вулканическими туфами и кварцитами), тогда как восток Большого Кавказа – менее устойчивыми осадочными породами (мезозойскими глинами и конгломератами). Бассейны, сложенные кристаллическими породами, в целом отличаются худшей хозяйственной освоенностью. Наконец, необходимо учитывать еще и то обстоятельство, что Армянское нагорье на привершинных плато имеет малые уклоны и задернованную поверхность.

На межгорных равнинах Кавказа модуль стока взвешенных наносов меняется незначительно – от 275 (Куранская низменность) до $438 \text{ т/км}^2\cdot\text{год}$ (Черноморское побережье), а годовой слой смыва – от $0,11$ до $0,17 \text{ мм/год}$, соответственно. На горных хребтах Северного Кавказа, с их крутыми и высокими склонами, средний модуль стока взвешенных наносов возрастает до $693 \text{ т/км}^2\cdot\text{год}$, годовой слой смыва составляет $0,28 \text{ мм/год}$, а денудационный метр – 3 600 лет. Обильные атмосферные осадки на побережье Черного моря усиливают процессы денудации, обеспечивая большую величину стока наносов по сравнению с Куранской низменностью. Следует отметить также широкое развитие в Западном Закавказье легко эродируемых пород флищевой формации.

Средняя величина денудационного снижения поверхности всей Кавказской горной страны равна $0,25 \text{ мм/год}$, или 1 м за 4 000 лет. Эти значения несопоставимы с амплитудой современных тектонических поднятий, максимальная скорость которых в осевых частях Большого Кавказа достигает 10 мм/год . Даже если принять во внимание то, что столь высокие скорости характерны не для всей горной страны, и сделать поправку на дополнительный вынос вещества в виде влекомых наносов и растворенных веществ, современное снижение поверхности Кавказских гор оказывается почти на порядок ниже её тектонического подъёма. Этот вывод хорошо согласуется с уже известными данными.

М.М. Мордвинцев, С.И. Лапшенков

ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ МНОГОРЯДНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ РЕШЁТОК ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ РУСЕЛ РЕК

В гидротехническом строительстве решётчатые гасители избыточной энергии потока обычно используются на быстротечной части водосбросов, в водобойных колодцах, рыбоходных каналах, при укреплении берегов, регулировании русел рек сквозными сооружениями и в других условиях. При всём многообразии конструкций подобных сооружений основой их является классическая решётка. Коэффициент сопротивления однорядной решётки и потери напора на ней:

$$\zeta_1 = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \sin \alpha ; \Delta Z_1 = \zeta_1 \frac{v^2}{2g},$$

где β – коэффициент, величина которого зависит от формы стержней; s – толщина стержня; b – величина просвета между стержнями; α – угол наклона решётки в вертикальной плоскости потока.

При косом расположении решётки к набегающему потоку под углом φ коэффициент сопротивления $\zeta_1 = f\left(\frac{b}{s+b}; \varphi\right)$.

Для гашения энергии потока решётка может быть многорядной, при этом она может быть не только плоской, но и изогнутой, перегораживающей не всё сечение потока, а только часть его. Многорядная решётка в этом случае рассматривается как объёмная конструкция на определённой площади дна потока.

Преобразуя известную формулу для вычисления потери напора на решётке, В.С. Лапшенков получил выражение для определения скорости потока в «объёмной шероховатости», которая представлена как последовательно установленные решётки:

$$v = \sqrt{\frac{2gi}{N\zeta_1}},$$

где i – уклон поверхности потока; N – условное число решёток на 1 м длины потока; $N = \sqrt{N_1}$; N_1 – число стержней на 1 м².

При установке в потоке «объёмной шероховатости» в виде многорядной решётки на гидравлический уклон потока «накладываются» потери напора, формирующие новый уклон; этот уклон может быть принят как средний между бытовым уклоном реки и уклоном от потерь напора на длине 1 м.

Из полученных результатов следует, что при числе условных решёток на длине 1 м более 6-ти существенного снижения относительной скорости потока (относительно бытовой скорости) не наблюдается.

Скорость внутри «объёмной» решётки меньше чем скорость набегающего на решётку потока; изменяется соотношение кинетической и потенциальной энергии в сечениях: $v_2^2/(2gh_2) \neq v_1^2/(2gh_1)$, где v_1 и v_2 – скорости в сечениях, соответственно, перед решёткой и внутри неё ($v_2 > v_1$); вода из области с v_2 будет выдавливаться в зону со скоростью v_1 и оказывать тормозящее воздействие на весь поток.

Пополнить эти рассуждения и получить количественные результаты помогут опыты в гидравлическом лотке.

М.М. Мордвинцев, Л.В. Персикова

ФГОУ ВПО «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

СПОСОБ ЗАЩИТЫ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК ОТ ИЗБЫТОЧНОГО ТВЁРДОГО СТОКА ИЗ ОВРАГОВ И БАЛОК

Поступление в малые реки (по овражно-балочной сети) избыточного количества твёрдого материала нарушает естественный баланс наносов в их руслах. Кроме того, избыток наносов создаёт условия для их отложения в руслах наносов транспортируемых с вышерасположенных участков рек, что приводит к необратимым изменениям в состоянии и морфологии русел малых рек, их заилению и деградации. Развитию деградационных процессов способствует поступление в малые реки, наряду с наносами, химически растворенных, в том числе и биогенных, веществ.

По условиям транспортирования наносов не весь твёрдый сток, поступающий в реки из балок и оврагов, является нежелательным для реки. Часть твёрдого стока, которую река в состоянии транспортировать, может поступать в реку, а не задерживаться на подступах к ней. Для регулирования объёмов твёрдого стока, поступающего в малые реки из оврагов и балок, необходима разработка таких мероприятий и сооружений, которые бы обеспечивали благоприятный режим стока наносов по руслам рек и сохранение их водности за счёт поступающего в них жидкого стока с водосбора.

Для количественной оценки той доли твёрдого стока, которую следует задерживать на подступах к реке, естественно предположить, что нагрузка наносами потока из оврага или балки должна быть равна подобной характеристике потока в реке.

Нагрузка потока наносами представляет собой сумму произведений средней гидравлической крупности каждой фракции и «частной» мутности каждой фракции наносов в их гранулометрическом составе:

$$\rho u = \sum \rho_i \cdot u_i. \quad (1)$$

По известным фракционным составам наносов в овраге и реке, а также расчётным значениям мутности потока оврага и реки можно рассчитать соответствующую нагрузку потока ($\rho u_{ов.}$ и $\rho u_{реки}$). Изменение нагруз-

ки потока из оврага при осаждении в нём наносов устанавливается построением «кривой осаждения» $(\rho u_i / \rho u_0)_{ов.} = f(u_{\max i})$, где ρu_i – значение нагрузки при пофракционном осаждении наносов; ρu_0 – значение исходной нагрузки; $u_{\max i}$ – максимальная гидравлическая крупность зёрен наносов, которая остаётся в потоке после осаждения i -той фракции. На рисунке приводится «кривая осаждения», построенная по известному составу наносов в потоке оврага и его мутности ($\rho_{ов.} = 5,0 \text{ кг/м}^3$). Расчётная мутность речного потока в этом примере $\rho_{реки} = 1,0 \text{ кг/м}^3$; удельные нагрузки потока наносами $\rho u_{реки} = 0,0037 \text{ кг·м/(с·м}^3)$ и $\rho u_{ов.} = 0,0334 \text{ кг·м/(с·м}^3)$. Соотношение между нагрузками при этом будет равно $\alpha_{река-ов.} = 0,11$, т.е. удельная нагрузка в «овражном» потоке в 9 раз больше чем в реке.

Используя «кривую» осаждения, можно построить график связи $\rho u_{реки} / \rho u_{ов.i} = f(u_{\max i})$. Для значения $\rho u_{реки} / \rho u_{ов.i} = 1$ (равенство нагрузок потока в реке и из оврага) максимальная гидравлическая крупность наносов, оставшихся в потоке из оврага, в данном примере составит $u_{\max} = u_{расч.} = 0,0025 \text{ м/с}$. Здесь $u_{расч.}$ служит *индикатором* процесса «осветления» потока из оврага. По её значению и «кривой осаждения» можно определить необходимую степень снижения нагрузки наносами потока из оврага:

$$\varepsilon_{ос.} = 1 - \beta_{тр.} \quad (2)$$

Для рассматриваемого примера $\varepsilon_{ос.} = 1 - 0,628 = 0,372$ (37,2%).

Приведённый способ определения расчётной гидравлической крупности наносов и необходимой степени «осветления» потока из оврага может быть использован при проектировании наносохранилищ на оврагах и балках с целью защиты русел малых рек от избытка наносов.

Г.В. Морозова, О.В. Ларченко, С.А. Двинских
Пермский государственный университет

ОСОБЕННОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА УЧАСТКАХ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Гидрологические, гидравлические и русловые расчёты мостовых переходов представляет одну из наиболее сложных и важных частей их проектов, поскольку во многом определяют не только их размеры, но и дают возможность оценить те последствия, которые будут проявляться при эксплуатации мостовых переходов из-за нарушения бытового режима протекания речного потока. Подобные расчёты до недавнего времени выполняли исключительно на основе предположения об установившемся течении

паводкового потока. Но при проектировании мостовых переходов часто возникают инженерные задачи, которые вообще не могут быть решены с использованием уравнений установившегося течения речного потока, например, размывы участков рек, расположенных выше или ниже мостовых переходов и т.д. В качестве примера неучёта гидравлики речного потока при строительстве мостового перехода можно привести автомобильный мост через р. Юг в п. Юго-Камский Пермского района. Здесь русловые деформации уменьшили устойчивость оснований мостовых опор, а, следовательно, надёжность их работы.

Исследуемый участок расположен в границах пос. Юго-Камский ниже городского пруда, который является регулятором стока р. Юг.

Дно долины занимает низкая двусторонняя пойма, рельеф лево- и правобережной поймы значительно различается. Это сказывается на характере стока воды по пойме во время высоких вод. Вследствие возникновения подпора от насыпи автодороги в период половодья под мостовым переходом справа формируются значительные уклоны и скорости течения. Все это приводит к размыву русла в районе моста и переотложению наносов за мостом (формирование осерёдков и островов).

На основании обследований установлено, что размыв русловых откосов мостового перехода происходит по нескольким причинам.

Во-первых, размыв обусловлен особенностями кинематической структуры потока. В результате развития излучины струи воды в основном русле подходят к левому берегу под углом близким к 45° , тем самым нарушая их устойчивость.

При повышении уровня воды выше 93,46 м усл начинается движение воды по старому руслу, при этом струи обладают такими же динамическими усилиями, что и в основном русле. Совместное воздействие двух потоков приводит к вымыванию грунта из-под левобережных опор моста, их подмыв и как следствие – их разрушение.

Во-вторых, конструкция моста такова, что опоры, находящиеся в центре русла стесняют поток, из-за чего снижается пропускная способность русла в его центральной части. При этом сам поток с максимальными скоростями смещается к левому берегу, усиливая силовое воздействие на опоры и берег.

В-третьих, весной в период затопления поймы насыпь автомобильной дороги задерживает сток, создавая значительный подпор уровня перед мостом. Весь аккумулированный на пойме объём воды пропускается через просвет мостового перехода (через проран). На пойме формируются поперечные течения, направленные от склонов долины к прорану. Скорости поперечных течений увеличиваются при подходе к прорану.

В результате возникновения подпора непосредственно под мостом формируются значительные уклоны водной поверхности (как следствие – значительные скорости течения). Это приводит к размыву русла на участке мостового перехода и переотложению материала за мостом. Благоприятст-

вует формированию значительных поперечных течений незакрытое устье староречья, по которому в половодье проходит значительная часть стока.

Мостовой переход в той или иной степени стеснил паводочные потоки, перераспределив удельные расходы воды по ширине русла. В связи с этим средние скорости потока на вертикалях увеличились, что привело к нарушению динамического равновесия между потоком и руслом, сложившимся в бытовых условиях. Помимо этого изменение гидравлики потока, вызванное дамбами, перекрывающими пойму, привело в данном случае к выраженной косоструйности течений и излишней концентрации расходов воды у левого берега, что вызывает размыв и оказывает негативное воздействие на устойчивость и надёжность работы мостовых опор.

Таким образом, исследование показало, что створ автодорожного моста выбран крайне неудачно без учета кинематики потока и типа руслового процесса (свободного меандрирования). Согласно СНиП 2.02.03-84 мостовые переходы необходимо располагать перпендикулярно течению воды (с косиной не более 10°), что не было учтено ни при проектировании, ни при строительстве этого моста. Какие-либо мероприятия по укреплению мостовых опор, расчистке русла, сооружению руслонаправляющих дамб, защитных валов по обоим берегам и т.д. дадут только кратковременные положительные результаты, но не изменят ситуацию в корне. Ситуацию может изменить только перенос автодорожного моста в новое место в соответствии с действующими нормами и правилами.

Ш.О. Мурадов

Каршинский инженерно-экономический институт

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ БОРЬБЫ С ИРРИГАЦИОННОЙ ЭРОЗИЕЙ НА РАВНИННЫХ ГИПСОНОСНЫХ ПОЧВАХ

Наиболее эффективным способом предотвращения эрозии почв при поливе по бороздам является контурное орошение, которое получило широкое распространение в США. В Узбекистане этот способ был апробирован и широко применён в странах СНГ.

Известна техника полива на гипсоносных серозёмно-серобурых почвах, включающая глубокое рыхление на глубину не менее 70 см агрегатом РН-61 с шагом рабочих органов 90 см за два прохода в двух направлениях: первый проход делается по направлению полива, второй – поперёк.

Также известно внесение препаратов К-4 (гидролизованного полиактрилонитрила) и К-9 (состоит из тройного сополимера кислот: нитрилоакриловой, метакриловой и итаконовой). Данные полимеры –структурообразователи повышают противозерозионную стойкость почв (от 5 до 40 кг/га).

Однако, эти способы не позволяют повысить эффективность использования водно-земельных ресурсов с целью предотвращения ирригационной эрозии на равнинных гипсоносных почвах.

Наиболее близкий разработанному способу предложен в Таджикистане. Здесь предлагается регулирование уклона путём нарезки извилистых борозд. Исследователи Д. Назаралиев, Ш. Нуралиев и Ф. Юлчиев предлагают зигзагообразные борозды, позволившие уменьшить сброс в 3 раза и увеличить урожайность хлопчатника на 3 ц/га. Учёные Х. Норхужаев, А. Уралов и Х. Махсудов предлагают дифференцированное внесение минеральных удобрений по длине борозды за счёт чего можно получить ожидаемую урожайность.

Все существующие способы рекомендованы при определённых почвенных и геоморфологических условиях. Задачей нашего технического решения является повышение эффективности использования водных ресурсов путём доведения до минимума оросительной нормы, сроков полива и тем самым предотвращение ирригационной эрозии и суффозионных процессов на равнинных гипсоносных почвах.

Поставленная задача решается тем, что в способе борьбы с ирригационной эрозией и суффозионными явлениями на гипсоносных равнинных почвах, в качестве противозерозионного и водоудерживающего мероприятия совместно с посевом вносят природные мелиоранты (сыпучие) – монтмориллонит, бентонит, каолинит, вермикулит или перлит.

Причём перед внесением вермикулит и перлит вспучивают обжигом при температуре 700-1000⁰С с последующим дроблением до размера (диаметра) гранул 5,0-10,0 мм. Данные минералы используют самостоятельно или в смеси.

Вторым этапом работы является регулирование уклона путём нарезки извилин по дну борозд. Данную операцию осуществляют до полива и после культивации при помощи специального рассеивателя минералов установленного на тракторе и подвешенного барабана с выпуклыми извилистыми выступами, который делает извилины на дне борозды и одновременно уплотняет их.

Эффект достигается тем, что при движении струи наблюдается гашение скорости и тем самым уменьшается ирригационная эрозия и время увлажнения по контуру корневой системы за счёт интенсивного просачивания, которое достигается посредством внесённых вспученных минералов. Водоудерживающая способность последних также предохраняет появление суффозионных воронок.

Данный эффект на гипсоносных почвах изучен экспериментально на полях хозяйств №1 и 4^а Нишанского района (извилистые борозды без внесения минералов) и «Шуртан» Гузарского района Кашкадарьинской области (извилистые борозды с внесением вспученных каолинита, бентонита и вермикулита). По экспериментальным данным оросительная норма хлопчатника на таких почвах при обычном поливе достигает 20 тыс. м³/га. Наши предложения способствуют именно уменьшению этой нормы за счёт снижения физического испарения и инфильтрации посредством маганизирования поливной влаги, т.е. повышается эффективность использования и охраны водно-земельных ресурсов.

В эксперименте совместно использован каолинит, бентонит и вермикулит в пропорции 1:1:1 в количестве 1 кг на 1 пог. м извилистой борозды. Действие перлита и монтмориллонита идентично.

Из рассмотренных данных видно, что применение новой технологии практически и два раза уменьшает сроки полива. Предложенный способ позволяет практически полностью исключить ирригационную эрозию и появление суффозионных воронок, что способствует охране почв, рациональному использованию водных ресурсов и повышению плодородия орошаемых земель.

Рекомендуется широкий спектр минералов, с учётом географии запасов можно использовать один из них. В принципе все они гигроскопичны, соотношение может меняться в зависимости от наличия мелиоранта, они повышают связанность почв, что способствует уменьшению ирригационной эрозии.

Резюмируя, можно отметить, что одним из приёмов уменьшения ирригационной эрозии гипсоносных почв является уменьшение уклона поливных борозд путём нарезки извилил по дну и использование природных минералов, способствующих повышению как плодородия, так и противоэрозионной стойкости.

Н.Н. Назаров, Е.С. Черепанова
Пермский государственный университет

ИЗМЕНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ

Устойчивость природных территориальных комплексов к внешним воздействиям является одним из важнейших качеств, определяющих уровень стабильности и прогнозируемости их состояния. Анализ современных тенденций развития ландшафтов показывает, что наравне с геосистемами, сохраняющими свои родовые признаки в полном объёме, есть немало примеров противоположного свойства – природные территориальные комплексы в результате глобальных изменений климата или техногенного «давления» в течение короткого периода кардинально «корректируют» тренды своего развития. Вместо консервативных элементов в их структуре значительную долю начинают занимать новые прогрессивные элементы. Примерами такой быстрой изменчивости отдельных природных образований являются направленные сокращения (увеличения) площади ледников, смещение границ пустынных или лесных ландшафтов, понижение (повышение) отметок высотных поясов и т.д.

Особое место в ряду природных комплексов, для которых устойчивость служит важным оценочным критерием, принадлежит пойменно-русловым комплексам (ПРК) – центральному звену долинных геосистем, являющихся зоной самой высокой концентрации населения, центром социальной и экономической жизни любого региона.

Для Пермского Прикамья проблема устойчивости ПРК в настоящее время актуальна, поскольку затрагивает самые разные аспекты жизни и функционирования региона. Встраивание инфраструктуры в «рисунок» долинных геосистем является приоритетным направлением в стратегии генеральной планировки и развития городских агломераций и Пермского края в целом.

Как и для крупных природных комплексов (речного бассейна, ландшафта), определение степени устойчивости современных ПРК предполагает выявление у них соотношения (доли) реликтовых, консервативных и прогрессивных элементов. Поскольку главным фактором эволюционного развития ПРК в пределах речных долин являются русловые процессы, решение вопроса о выборе критериев для оценивания их устойчивости может быть сведено к установлению степени соответствия (или несоответствия) морфологии и динамики русла со структурой и типом поймы. На практике это реализуется поиском пространственно-временного «конфликта» между содержанием и структурой элементарных форм рельефа поверхности поймы (морфологическим типом поймы), современным морфодинамическим типом русла и видом русловых деформаций.

Как известно, наиболее явно признаки неустойчивости ПРК выявляются у крупных, в меньшей степени у средних и практически не определяются у малых рек. Если на крупных реках почти любое изменение, произошедшее с рекой (её водность, режим, количество и качество наносов), быстро вызывает соответствующие изменения в её ширине, уклонах, типе русла, чему способствует высокая эрозионно-транспортирующая способность потока, то на малых реках происходит лишь приспособление к реликтовым элементам долин и русел – к уклонам, наносам, конфигурации, пойме, сформированным в иных физико-географических условиях. Малые реки при изменении характеристик оказываются не в состоянии обеспечить соответствующие изменения своих ПРК.

Данная закономерность в общих чертах нашла своё подтверждение и в речных системах Пермского Прикамья. В качестве исходных материалов по установлению степени устойчивости ПРК в регионе были использованы данные о морфодинамических типах русел рек, активности и интенсивности русловых деформаций. Важное место в исследованиях отводилось картографированию морфологических типов пойм, используя для этого различные материалы аэрофото- и космической съёмки (программные средства Scanex Magic и Scanex Image Processor). Пространственно-временная изменчивость морфолого-морфометрических характеристик русел рек определялась путём сравнения современных материалов с картами XVIII в. (взаимная привязка картографических материалов производилась в проекцию Пулково 1942 г., система координат Гаусса-Крюгера с помощью программного пакета ArcGIS (ESRI), инструментария ArcToolbox и модуля Spatial Analyst).

Основные результаты исследований можно сформулировать следующим образом:

– процесс глобальной перестройки руслового режима на верхней и средней Каме активно происходил в течение последних трёх-четырёх столетий и в основном завершился; на протяжении всего периода наблюдалось последовательное спрямление излучин; на широкопойменных участках *относительно прямолинейного русла* ПРК представлены в основном *сегментно-гравистой поймой*;

– для средних рек Прикамья (главных притоков Камы) ведущим процессом развития русел является спрямление излучин второго и более низких порядков и, напротив, увеличение извилистости излучин первого порядка; скорость горизонтальных русловых деформаций составляет первые метры в год;

– в долинах средних и малых рек региона, бассейны которых располагаются в его наиболее освоенных частях (западные, центральные и южные районы Пермского края), доминирующее положение занимают *сегментные ровные поймы*. Закончив в основном своё формирование накоплением пойменного аллювия, эти поймы в настоящее время практически не подвергаются русловой моделировке. Создание большого количества водонапорных гидротехнических сооружений в середине XX века в бассейнах рек сельскохозяйственных районов привело к резкому снижению количества наносов и как следствие к усилению вертикального вреза русел. Горизонтальные русловые деформации не превышают первых десятков сантиметров в год, а сток в половодье обычно осуществляется в русловых бровках.

Таким образом, исходя из результатов наблюдений за пространственно-временными изменениями морфолого-морфометрических характеристик русел рек Пермского Прикамья можно констатировать, что ряд от менее устойчивых ПРК к более устойчивым выглядит следующим образом: ПРК основных притоков Камы – ПРК Камы – ПРК малых и средних рек освоенных территорий.

Г.Г. Наумов

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УКЛОНОВ ВОДОСБОРА

Трубы и малые мосты являются наиболее массовыми водопропускными сооружениями на автомобильных и железных дорогах. Их число колеблется от одного в европейской части России до двух-четырёх в горной местности на один километр дороги. При проектировании значительных по протяжённости (100-200 км) участков дорог может оказаться целесообразным применение автоматизированных методов определения гидрографических характеристик водосборов. В данной статье речь идёт о подготовке исходных данных и методической основе определения уклонов водосборов

при выполнении расчётов стока малоизученных или неизученных малых рек, ручьёв и суходолов ($F < 200 \text{ км}^2$).

Средневзвешенный уклон главного водотока является одним из важнейших параметров комплекса гидрографических характеристик при определении расчётного максимального расхода и объёма ливневого стока. Вычисляется он только для незарегулированных водотоков. Устанавливается положением прямой, выравнивающей профиль главного водотока, исходя из условия равенства и минимальной величины отнимаемой и добавляемой площадей, ограниченных этой прямой и линией профиля.

Величина средневзвешенного уклона главного водотока I (‰) может вычисляться по формуле:

$$\lg I = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{L} \lg I_i \quad (1)$$

где l_i – длина частного участка продольного профиля водотока между соседними точками перегиба, км; I_i – частный средний уклон отдельного участка продольного профиля, ‰; L – гидрографическая длина водотока до расчётного створа, км.

Если известно заранее, что на конкретном объекте предполагается устройство только круглых труб отверстием 1,5 м (1,4 или 1,6), то для ускорения расчётов по ничтожно малым водосборам ($F < 1 \text{ км}^2$) уклон главного водотока можно вычислять как частное от деления разницы высот крайних точек продольного профиля на длину водотока. То есть, сознательно допустить повышенное значение расчётной величины максимального стока, так как отверстие размером 1,5 м заведомо справится с пропуском расчётного паводка даже с использованием в расчётах завышенной величины уклона.

Средневзвешенный уклон главного водотока определяется на основе предварительно подготовленного с помощью крупномасштабной карты или топографического плана продольного профиля в цифровом виде (отметки и расстояния). Графически такой продольный профиль выглядит в виде ломаной линии (рис. 2), напоминающей, как правило, вогнутую кривую. Переломные точки профиля обычно соответствуют точкам пересечения горизонталей с линией тальвега.

Задача заключается в определении уклона прямой, выходящей из начальной точки продольного профиля (расчётный створ на рис. 2) и пересекающей ломаную линию профиля так, чтобы площади, заключённые между этой прямой и линией профиля, были равны. В результате несложных преобразований элементарных геометрических зависимостей была получена формула для вычисления средневзвешенного уклона:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i + H_{i+1} - 2H_1) l_i}{L^2} \quad (2)$$

где H_i , H_{i+1} , H_1 – отметки переломных точек продольного профиля.

Средний уклон склонов водосбора $I_{\text{ск}}$ (‰) может быть определён по картам и планам в горизонталях по формуле:

$$I_{\text{ск}} = \frac{\Delta h \sum_{i=1}^n l_i}{F} \quad (3)$$

где Δh – высота сечения рельефа, м; $\sum_{i=1}^n l_i$ – сумма длин измеренных горизонталей в пределах водосбора, км; F – площадь водосбора до замыкающего створа, км².

Допускается определение $I_{\text{ск}}$ как среднее из 5-10 измерений уклонов склонов на отдельных участках водосбора. Как правило, этот способ даёт завышенное по сравнению с формулой (3) значение величины среднего уклона склонов водосбора, что идёт в запас гидрологических расчётов максимального стока.

Из всего набора гидрографических характеристик самым трудоёмким является применение на практике формулы определения среднего уклона склонов водосбора.

Геометрический смысл формулы (3) очевиден. Определяемый уклон представляет собой отношение проекции поверхности водосбора на вертикальную цилиндрическую (линейчатую) поверхность, направляющей для которой служит граница водосбора, к проекции поверхности водосбора на горизонтальную плоскость. При этом определение суммы длин горизонталей – занятие весьма трудоёмкое и нуждается в привлечении специальных технических средств.

Можно исключить процедуру определения суммы длин горизонталей, представив вышеупомянутую боковую вертикальную поверхность массивом элементарных вертикальных трапеций, расположенных по границе водосбора.

Для получения суммарной площади всех трапеций необходимо по картографическим материалам предварительно задаться продольным профилем границы водосбора по аналогии с продольным профилем главного водотока (отметки и расстояния). Тогда сумма площадей трапеций равна:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{H_i + H_{i+1} - 2H_1}{2} l_i$$

и средний уклон склонов водосбора:

$$I_{\text{ск}} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{H_i + H_{i+1} - 2H_1}{2} l_i}{F}$$

О.И. Недосеко

Арзамасский государственный педагогический институт имени А.П. Гайдара

ЭКОЛОГИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ВИДОВ ИВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В экологическом отношении ивы разделяют на две основные группы – аллювиальные и неаллювиальные виды. Аллювиальные нуждаются в хорошо аэрируемом субстрате и проточном увлажнении, и поэтому селятся на наносах вдоль рек, ручьев или ложбин стока, они не выносят заболоченности. Это в основном крупные деревья и высокие кустарники с большими годичными приростами (до 1,5-2,5 м.), нередко дающие гибкие, хлыстовидные побеги (лозу) и обычно узколистные – *S.alba*, *S.fragilis*, *S.triandra*, *S.viminalis*, *S.dasyclados*, *S.acutifolia*, *S.Vinogradovii*.

Аллювиальные местообитания рассматриваются как первичные для ив и, действительно, их экологические условия глубоко отразились на биологии и морфологии ив. В связи с произрастанием вдоль берегов рек у ив выработались: 1) очень большое светолюбие (освещённость прирусловых валов усиливается отражённым светом от поверхности воды); 2) способность расти на бедных минеральными веществами переувлажнённых субстратах; 3) полегание стволов и ветвей под механическим воздействием тока воды; 4) требовательность к высокой относительной влажности воздуха (близость открытой водной поверхности, утренние и вечерние туманы над рекой; 5) строение семян, способ их прорастания, быстрая потеря всхожести.

В пределах молодой поймы, благодаря русловой деятельности, непрерывно появляются новые местообитания суши в виде прирусловых отмелей и межгрядных понижений. Именно на отмелях и заброшенных руслах первоначально возникают пойменные сообщества аллювиальных видов ив. В конце июня ветер разносит семена, которые скапливаются на влажном песчано-илистом субстрате, часто близко к речному приплеску. Мелкие семена с хорошо сформированным зелёным зародышем и легкопроницаемой оболочкой прорастают в первые сутки после отступления весеннего паводка. Проростки в виде густых щёток за считанные дни успевают образовать разветвлённую корневую систему, глубиной до 5 см. В первый год из спящих почек базальной части ствола начинают отрастать побеги формирования, которые на второй год начинают ветвиться. К 5-6 годам аллювиальные ивы начинают цвести и плодоносить и формируют сомкнутые ценозы, с высотой древесно-кустарникового яруса 2-4 м. С этого момента песчаные отмели фактически превращаются в прирусловые валы.

Известно, что благодаря росту валов и дренирующему влиянию ивовых корней, существенно снижается глубина грунтовых вод. Кроме то-

го, заросли ив замедляют бурный паводковый поток, препятствуя размыву берегов.

Все аллювиальные виды растут по берегам ручьев, рек, в поймах, но при этом проявляют разную избирательность к субстрату. Например, *S. acutifolia* растет только на открытых, незадернённых песках, *S. viminalis* – на свежем наносе, песчаном, мелкогалечном – у живого русла, *S. alba* предпочитает мелкий песчаный или песчано-илистый нанос. Три аллювиальных вида могут редко встречаться на вторичных местообитаниях с положительным балансом влаги: по канавам, рывинам – *S. triandra*, в культуре у домов, вдоль дорог, в парках – *S. alba*, *S. fragilis*.

Некоторые виды ив требовательны к реакции субстрата и степени его минерализованности. Эвтрофный, минерализованный субстрат предпочитают *S. triandra*, *S. Vinogradovii*, эти виды будут одновременно и наиболее солеустойчивыми, однако на сильно солонцеватых почвах и настоящих солончаках ивы расти не могут. *S. acutifolia* не требовательна к почве, развивает мощную корневую систему и с успехом растёт даже на подвижных песках. Это один из наилучших пескоукрепителей. *S. fragilis* предпочитает глинистую, глубокую и влажную почву.

Как виды умеренно холодных областей, ивы плохо переносят высокую температуру воздуха, если нет обильного почвенного увлажнения. В подавляющем большинстве ивы довольно морозостойки и ветроустойчивы. *S. acutifolia* является так же и засухоустойчивым видом.

В обильном притоке кислорода нуждаются большинство аллювиальных видов, произрастающих в поймах рек и способных переносить длительное затопление водой. Наиболее устойчивы к затоплению *S. alba*, *S. triandra*, *S. viminalis*, *S. acutifolia*. У этих видов своеобразно анатомическое строение коры, в которой имеются особые группы живых меристематических клеток, способных к образованию корней или «корневых зачатков».

Наличие корневых зачатков в коре пойменных видов ив связано с экологической приспособляемостью этих растений к длительному затоплению и погребению нижней части ствола аллювиальными наносами. Во время разлива рек, при высоком уровне полых вод доступ кислорода к корням прекращается и происходит «удушение» корневой системы в почве.

Именно в это время из корневых зачатков некоторые ивы образуют придаточные корни, которые обеспечивают подачу воды в надводную часть ствола и стеблей и необходимую аэрацию корневой системы, расположенной близко к поверхности воды.

Корневая система *S. rosmarinifolia*, *S. triandra*, *S. acutifolia* хорошо укрепляет пески, *S. viminalis*, *S. dasyclados* закрепляет берега. Эти виды развивают мощную и сильно разветвленную корневую систему, хорошо скрепляющую подвижные пески. Даже при засыпании стеблей песком у этих ив легко образуется новый ярус корневой системы, иногда и не один.

И.И. Никольская, С.Д. Прохорова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА ТЕРРИТОРИИ МОСКВЫ *

Москва является ярким примером поселений, подавляющих рельеф, когда развитие городской территории сопровождается его изменением (повышением или понижением). Этому способствовало и то, что на протяжении многих веков в Москве были сосредоточены основные ресурсы государства, позволяющие при создании городской структуры переформировывать рельеф города.

В Москву клиньями заходят и сходятся в центре города три основных геоморфологических района. Окско-Москворецкая равнина заходит с юга и представлена северным выступом – Теплостанской возвышенностью, занимающей почти все правобережье р. Москвы. Наибольшая её высота – 255 м над уровнем моря. Она расчленена речными долинами, балками, оврагами. В междуречье Москвы и Яузы прослеживаются отроги Клинско-Дмитровской возвышенности с высотами не более 200 м. Это в основном пологий южный склон возвышенности, обрывающийся Боровицким холмом. В восточной части города (Заяузье) прослеживается низкое и ровное Окско-Клязьминское междуречье (часть Мещерской низменности), где отмечается слабая эрозия и овраги практически отсутствуют.

Первоначальная территория Москвы занимала возвышенные пространства, изрезанные оврагами. В 1156 г. Юрий Долгорукий огородил деревянной стеной часть поселения, расположенную при впадении в р. Москву речки Неглинки, превратив её в крепость (Кремль). Вокруг Кремля местность была сильно расчленена оврагами. Затем были освоены территории «семи» Московских холмов, также с большим количеством оврагов и Замоскворечье. С развитием городской инфраструктуры подавляющая часть оврагов была засыпана. О прежнем их положении говорят лишь названия улиц, такие как Сивцев вражек, Успенский вражек, Враженский пер. и др. Было засыпано более 100 небольших рек, ручьев оврагов, свыше 700 прудов, старицы, болота. К концу XIX века практически вся центральная часть города была преобразована. Овраги и балки засыпаны, реки заключены в трубы.

В 50 годы XX века начинается освоение городом Теплостанской возвышенности, ещё более заовраженной, чем центральная часть города. В эти годы градостроительство сопровождалось полным нивелированием площадей, предназначенных под застройку. Только в 1970-е годы новые районы на юго-западе Москвы стали приспосабливаться к рельефу, вписываясь в него. Это дало возможность сохранить значительные территории

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 10-05-00385).

(Ясенево, Тропарево и др.), где сохранились лесопарки, речные и овражно-балочные системы.

Проанализированы карты 1860 и 1997 годов. Подсчитано количество оврагов и определена их длина на территории юго-западной части Теплостанской возвышенности (бассейны рек Городня, Котловка, Чура, Филька, Сетунь, Раменка), западной части междуречья Москвы и Яузы (бассейны рек Сходня и Химки) и большей части бассейна Яузы. Ниже, в табл. 1 представлены количественные характеристики овражной сети для этих бассейнов.

Таблица 1. Количественные характеристики овражной сети

Бассейны рек	1860 год				1997 год	
	Количество оврагов, ед	Длина оврагов, км	Густота овражной сети, км/км ²	Плотность оврагов, ед/км ²	Количество оврагов, ед	Плотность оврагов, ед/км ²
Яуза	74	61	0,2	0,27	40	0,1
Городня	188	113	1,2	1,98	18	0,2
Котловка	46	26	1,3	2,3	8	0,4
Чура	34	15	1,5	3,4	3	0,3
Химка	76	36	0,9	1,9	3	0,1
Сходня	112	60	1,5	3,0	4	0,1
Филька	22	10	0,68	1,5	3	0,2
Сетунь	152	72	0,5	1,1	14	0,1
Раменка	97	55,3	1,2	2,2	13	0,3

Из таблицы видно, что общее количество оврагов для этих бассейнов в 1860 году составило 800 единиц, с общей длиной 430 м. Густота оврагов варьировала от 0,2 (бассейн р. Яузы) до 1,5 (бассейн рр. Чуры и Сходни), км/км², плотность колебалась от 0,27 (бассейн р. Яуза) до 3,4 (бассейн рек Чура), ед/км². В настоящее время (карта конца 90-х годов) общее количество оврагов уменьшилось примерно в 8 раз и составило 106 оврагов, соответственно плотность изменилась от 0,1 до 0,4 ед/км². Отсутствие достоверных картографических источников не позволило определить длину овражной сети на современном этапе развития.

Анализ полученных данных свидетельствует о резком уменьшении оврагов, что можно объяснить интенсивной урбанизацией территории, связанной с застройкой этих районов Москвы, прокладкой дорог и коммуникаций, засыпкой отрицательных форм. Всё это привело к нивелировке рельефа, нарушает гидрологический режим, что вызывает естественное отмирание малых рек, ручьев и овражных форм. Представленные количественные характеристики перечисленных выше бассейнов рек в дальнейшем будут дополняться и уточняться. Предполагается провести аналогичные обследования для ряда других бассейнов малых рек Московского мегаполиса.

Д.В. Носелидзе, О.Д. Шаутидзе, Ш.А. Момцемлидзе
Государственный университет Акакия Церетели. Кутаиси, Грузия

СТАЦИОНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА УЧАСТКЕ РУСЛА р. РИОНИ У с. БАШИ С РУСЛОВОЙ МНОГОРУКАВНОСТЬЮ

Участок расположен у с. Баши в 115 км от устья р. Риони. Русло здесь галечно-гравелистое. В русле имеются осерёдки и острова. Длина и ширина самого большого из них к моменту начала работ (1972 г.) достигали, соответственно, 600 и 200 м. Тип руслового процесса на этом участке может быть определён как русловая многорукавность с элементами пойменной многорукавности. Осерёдки сложены из гальки, гравия и песка. Пойма развита по обе стороны русла. Берега высокие, обрывистые, высотой 2-3 м. Длина исследуемого участка 1500 м, ширина 200-300 м.

Характерной особенностью участка русла р. Риони у с. Баши, является его расположение в 7 км ниже плотины Варчихских ГЭС. вступивший в строй в 1976 г.

Таким образом, 4 года наблюдений приходится на период до влияния гидроузла на русловый процесс ниже плотины и 6 лет стационарных исследований, (1976-1982 гг.), на период эксплуатации сооружений. По данным измерений Груз НИИЭГЭ в 1982 году водохранилище с объёмом $14,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ было занесено наносами в количестве $6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

В результате 10-летних стационарных натурных исследований руслового процесса р. Риони у с. Баши показали, что русловый процесс на участке протекает по схеме русловой многорукавности. Движение наносов в русле начинается при расходе воды $480 \text{ м}^3/\text{с}$ и при расходе воды $600 \text{ м}^3/\text{с}$ распространяется на большую часть русла.

При расходах воды, близких к среднему из максимальных, составляющему $1067 \text{ м}^3/\text{с}$, деформации русла выражаются в переформировании контуров русловых форм.

При расходах воды, существенно превышающих в 1982 г. средне-многолетний расход воды, в русле наблюдалось целостное смещение осерёдков вниз по течению на 120 м.

В связи с вводом в 1976 г. в эксплуатацию гидроузла Варчихских ГЭС, с 1977 г. на исследуемом участке наблюдается общий размыв русла, при котором все прежние русловые формы были размывы и русло на 50-200 м сместилось влево. Общий размыв – понижение отметок русла на участке составил 1-3 м.

А.Г. Ободовский

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ГОРНЫХ РЕКАХ

Особенности процессов руслоформирования на горных реках имеют свою специфику проявления, которая в большинстве случаев существенно отличается от равнинных рек. Прежде всего, это касается наличия у горных водотоков значительной кинетичности их потоков, стремительное увеличение которой во время прохождения паводков может за короткое время существенно изменить не только характер проявления русловых процессов, но и обусловить формирование другого (нового) типа русла.

Многолетние исследования горных рек Украинских Карпат позволили предложить общую схематическую последовательность анализа русловых процессов на горных водотоках, которую можно представить в виде определённого алгоритма (табл.).

Таблица. Алгоритм анализа русловых процессов на горных реках



Этот алгоритм позволит проводить оценку основных составляющих процессов руслоформирования.

Оценка начинается с изучения факторов русловых процессов, следующим этапом является разработка и реализация методических положений натурных исследований русловых процессов. На их базе проводится комплексная оценка процессов руслоформирования на горных реках. Немаловажное значение при этом должно уделяться практическим аспектам использо-

вания результатов исследований, которые представлены реализацией управления русловыми процессами.

Завершающей стадией анализа русловых процессов на горных реках является их мониторинг, который состоит из двух взаимосвязанных блоков – мониторинга русловых процессов и мониторинга управления русловыми процессами.

Такое сочетание позволяет через банк полученной информации определить как тенденции развития процессов руслоформирования, так и планировать оптимальные подходы к их регулированию.

С применением указанного алгоритма анализа русловых процессов на горных реках были выполнены их комплексные исследования на характерных карпатских реках – Лимница (Предкарпатье) и Латорица (Закарпатье). Полученные по указанным водным объектам результаты имеют не только научный интерес, но и практические рекомендации, как с точки зрения их гидроморфологической оценки (Водная рамочная Директива ЕС), так и со стороны реализации противопаводочных мероприятий в бассейнах указанных водотоков.

А.И. Петелько

*ГНУ Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция
имени А.С. Козменко ВНИАЛМИ*

КОМПЛЕКСНОЕ ВЛИЯНИЕ КОНТУРНЫХ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС, ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, ПОЧВОЗАЩИТНЫХ СЕВООБОРОТОВ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ЭРОЗИОННО- ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Мелиоративная эффективность системы лесополос может быть повышена, если они размещены по горизонталям.

Научные исследования проводились в опытном хозяйстве Новосильской ЗАГЛОС. Участок расположен на склоне ЗЮЗ экспозиции крутизной от 1,5 до 4°. Здесь заложен многофакторный опыт со стоковыми площадками. Стокорегулирующие лесные полосы из дуба размещены по горизонталям. Они были созданы в 1926 году посевом желудей под копьё Левицкого. Почвы участка серые лесные суглинистые с повышенной удельной и объёмной массой, слабокислой или близкой к нейтральной реакции почвенного покрова.

На Новосильской опытной станции перешли на закладку многофакторных опытов, позволяющих получать наиболее полную и объективную характеристику изучаемых явлений. Материалы научных исследований позволяют выявить влияние природных факторов на сток талых вод и смыв почвы. Основными природными факторами, влияющими на весенний сток и смыв почвы, являются снегозапасы, увлажнение и глубина промерзания почвы.

Для эрозийноопасных земель контурное земледелие становится необходимым условием сельскохозяйственного производства. Необходимо повышать плодородие почвы на основе совершенствования зональных, научно-обоснованных систем ведения хозяйства. Эффективность всех агротехнических, гидро- и лесомелиоративных средств достигает максимума только в системе контурной организации территории.

В многофакторном опыте ставилась задача выявить роль агротехнических противоэрозионных приёмов в севообороте при контурном размещении лесных полос, усиленных простейшими гидротехническими сооружениями (канавами с валами).

Результаты научных исследований показали, что в первый год наблюдений на контроле без лесных полос сток был умеренный от 28,7 до 36,1 мм, а в системе контурных лесополос слабый – 8,6-15,7 мм. На второй год показатели стока на контроле составили 26,8-42,1 мм, а на вариантах с лесополосами сток отсутствовал. Третий год исследований характеризовался умеренным стоком – 20,1-29,1 мм на контроле, а на агрофонах с контурными лесными полосами весеннего стока не наблюдалось. Вся талая вода поглощалась почвой.

В среднем за три года поверхностный сток на контрольном участке по интенсивности был умеренный – 26,4-33,3 мм, а с контурными лесными полосами очень слабый – 2,0-4,9 мм (табл.).

Таблица. Интегральная оценка влияния лесных полос, обработки почвы и размещения севооборотов на эрозионно-гидрологические показатели

№ п/п	В а р и а н т ы	Общие запасы, мм	Водопоглощение, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв, т/га
Среднее за 3 года						
Контроль (без лесных полос)						
1.	Полевой севооборот размещён по всему склону (плоскорезная обработка)	120,2	89,4	30,8	0,256	0
2.	Полевой севооборот размещён по всему склону (зяблевая вспашка)	114,5	87,6	26,9	0,234	0,016
3.	Дифференцированное размещение севооборотов (вверху – полевой, внизу – почвозащитный, зяблевая обработка – вверху, внизу – под травы)	120,9	93,5	26,4	0,218	0,027
4.	Дифференцированное размещение севооборотов (вверху – полевой, внизу – почвозащитный, плоскорезная обработка – вверху, внизу – под травы)	118,6	85,3	33,3	0,280	0
В системе контурных лесных полос						
5.	Лесные полосы с канавами и валами, полевой севооборот размещён по всему склону (плоскорезная обработка)	129,9	125,9	3,7	0,028	0
6.	Лесные полосы с канавами и валами, полевой севооборот размещён по всему склону (зяблевая обработка)	133,7	130,9	2,8	0,020	0

7.	Лесные полосы с канавами и валами, дифференцированное размещение севооборотов (вверху- полевой, внизу – почвозащитный, зяблевая обработка – вверху, внизу – под травы)	139,4	134,5	4,9	0,035	0
8.	Лесные полосы с канавами и валами, дифференцированное размещение севооборотов (вверху – полевой, внизу – почвозащитный, плоскорезная обработка –вверху, внизу – под травы)	125,0	125,8	2,0	0,039	0

Из этого опыта следует, что контурные стокорегулирующие лесные полосы способствовали увеличению запасов снега на стоковых площадках в 1,1-1,6 раза по сравнению с вариантами на незащищённом участке. За годы наблюдений глубина промерзания почвы на зяби и плоскорезной обработке в системе контурных лесных полос колебалась в пределах 32-100 см, а на контроле – 45-110 см. На стоковых площадках с плоскорезной обработкой сформировался сток большей величины по сравнению с обычной зябью. Контурные лесные полосы способствовали сокращению стока талых вод. Наиболее эффективно сочетание лесных насаждений с простейшими гидротехническими сооружениями, которые задерживают поверхностный сток и переводят его во внутригрунтовый полностью или иногда частично.

На агрофонах с линейными рубежами (стокорегулирующие контурные лесные полосы с канавами и валами по нижней опушке) в условиях формирования стока средней интенсивности полностью поглощали талые воды и смыв почвы отсутствовал.

Урожайность вико-овса на вариантах опыта в первый год исследований колебалась от 150,6 до 190,3 ц/га (зелёная масса), ячменя во второй год – 30,7 – 36,6 ц/га и кукурузы на силос (третий год) – 610 – 840 ц/га. Урожайность ячменя на мелиорированном склоне была выше, чем на контроле.

Н.Ф. Петров, И.В. Никонорова

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

ЭРОЗИОННО-ОПОЛЗНЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРЕДЕЛАХ АЛАТЫРСКОГО И ПОРЕЦКОГО УЧАСТКОВ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ Р. СУРЫ В ЧУВАШИИ

Функционирование города Алатырь и пос. Порецкое, расположенных на левобережных косогорах долины р.Сура, во многом зависит от активности проявления оползневых процессов, определяемых как общностью геолого-геоморфологических особенностей территорий, так и различиями в русловых процессах упомянутой реки, несмотря на одинаковую северо-западную прямолинейную направленность и длину данных отрезков долин. В исследуемом районе ширина реки в межень – около 200 м, в половодье река разливается на 3-5 км. Среднегодовой расход воды 251,1 м³/сек, сред-

негодовой объем стока - 11,7 км³, наибольший - 16,02 км³, наименьший - 3,91 км³. Динамика русловых процессов на Суре довольно активная.

На Алатырском участке между устьями рек Алатырь и Бездна на левом оползневом склоне выделяются образования трех генераций, представленных в рельефе площадками – оползневыми террасами, разделёнными друг от друга уступами: 1-ая генерация (прирусловая) с отметками поверхности 80-90 м БС и шириной 70-100 м (здесь располагалась железная дорога к мебельной фабрике); 2-ая генерация (средняя) в виде прерывистых площадок с отметками 95-105 м с циркуобразными уступами; 3-я генерация (верхняя) - наиболее значительная по ширине (до 150 м) и с небольшими уклонами поверхности (до 2-3°). Последняя отделена от плато главной стенкой срыва. Все три элемента заняты жилыми домами и находятся в условно устойчивом состоянии. Образуя двух-трёх ступенчатый склон, они отражают этапы попятного развития оползневого склона от русла вверх по склону долины. Активные оползни развиваются локально, и почти все они приурочены к главной стенке срыва, к бортам оврагов и деформируют отдельные дома, расположенные на краю плато и у основания главного уступа. Общий объем четырёх давних оползней – 930 тыс. м³, шести активных – 100-150 тыс. м³, объем древних оползней достигает на склоне 3,5-4,0 млн. м³. Средняя длина оползневых склонов 300-350 м, высота – до 35-40 м, общая крутизна – 6,0-7,0°. Судя по этим параметрам, склон длительное время находится в стадии выполаживания, повышения общей устойчивости. Это подтверждается и состоянием прирусловой части долины, на которой эксплуатировалась железная дорога с довоенных лет, и где нет явных признаков активной современной боковой эрозии. Совершенно иная картина наблюдается на этом же склоне напротив и выше устья р. Бездна в пределах микрорайона «Стрелка» и урочища «Духова роща». В связи с активизацией боковой эрозии и углубления дна русла до 5-6 м здесь начались активные оползневые деформации береговой зоны на протяжении 800 м. Разрывные трещины и уступы охватили почти половину склона, угрожая застройкам жилого микрорайона.

На Порецком участке Сура врезалась в коренные породы предположительно до отметок 67-68 м БС. Отметки уреза воды в межень – 73-74 м, и в половодье – 77-78 м. Отметки края плато у бровок срывов оползней меняются с юга на север – от 132 до 116 м. Весь склон оползневой. Здесь, в левобережье Суры, геоморфологические признаки указывают на тесную связь активизации оползней с эрозионной деятельностью реки, боковой подрезкой основания склона, с другими денудационными процессами: у реки здесь почти прямые берега без признаков меандрирования, она интенсивно подмывает оползневые накопления. У южного конца участка формируется пойма, пригружая основание склона и повышая его устойчивость. Недаром здесь сохранилась улица с частными домами. В направлении смещения данного процесса (вниз по течению реки) смещается и граница устойчивого и неустойчивого подучастков. В центральной части участка наблюдается, по данным повторной геодезической съёмки русла реки, актив-

ный подмыв основания склона до отметок 70 м, размыв фронтальных частей оползней. Именно здесь наблюдается в настоящее время активная оползневая деятельность, охватившая местами весь склон. В северном направлении оползневая деятельность затухает вопреки смещению в этом же направлении эрозионной подрезки. Это скорее объясняется уменьшением высоты и крутизны склона в направлении к устью малой реки Елховка и наличием побочня в связи с перемещением стржня Суры от левого крутосклона к правому низкому берегу – к пойме. На порецком косогоре оползневые системы представлены тремя-четырьмя ярусами, образующими одно- и многоэтажные структуры. Им соответствуют террасы на отметках (снизу): 1-ый (нижний прирусловый) ярус - 90-93 м и 88-90 м, 2-ой (средний) ярус - 110-112 и 98-100 м, 3-ий (верхний, чаще прибровочный) ярус – 116-118 м и 108-112 м. В южной части участка в пределах створов 2 и 3 на отметках 121-124 м имеются признаки и 4-го яруса.

По условиям образования оползней на участке выделяются пять подучастков. Южный и северный подучастки снизу защищены пойменными террасами (побочнями) и находятся в стадии стабилизации. Они приобрели профиль равновесия - 8-9°. В их пределах нет активных подвижек, но ещё сохранились признаки давних оползней. Правда, если на южном подучастке склон находится в стадии стабилизации, то северный подучасток, наоборот, - в стадии выхода из стабильного положения в нестабильное. Здесь также сохранились улицы со старыми домами, но в районе створа № 11 к ним уже стали приближаться новые оползневые срывы. Расположенные между ними **три оползневых подучастка**, соответствующие трём оползневым системам (ОС), характеризуются более напряжёнными геометрическими параметрами. В докладе они будут освещены более подробно.

Таким образом, на различных участках левобережья Суры влияние русловых процессов на устойчивость склонов проявляется различно в строгом соответствии со стадиями и этапами развития речных долин.

С.И. Пряхин

Волгоградский государственный педагогический университет

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЧИВОСТИ СТОКА ВОДЫ И ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Нефтегазодобыча на территории Нижневолжского региона, как и во всей Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, находится на стадии естественного падения. Однако в последнее десятилетие наблюдается тенденция её увеличения, что поддерживается за счёт применения на нефтегазопромыслах эффективных современных технологий с применением внутриконтурного заводнения, внедрения гидродинамических методов увеличения нефтеотдачи и открытия новых месторождений углеводородов.

Изучение направленных изменений стока воды и стока наносов носит специфический характер в техногенных условиях нефтегазодобычи и имеет важное значение при решении вопросов водоснабжения населённых пунктов и проблем рационального природопользования региона. Исследование стока взвешенных наносов актуально и в связи с загрязнением природных вод.

Анализ многолетней изменчивости годового и внутригодового стока воды в бассейне реки Медведицы, расположенного в северной части Волгоградского Поволжья, показал, что минимальный летний сток реки увеличивается, максимальный сток уменьшается, годовой сток испытывает слабую тенденцию к уменьшению.

Закономерности многолетних колебаний стока рек региона во времени и пространстве, их взаимосвязи и зависимости от колебаний основных формирующих факторов являются одними из важнейших элементов гидрологического режима, определяющих и сдерживающих развитие различных отраслей хозяйства.

В меженный период, которому характерны минимальные значения стока воды, при практически отсутствии поверхностного стока реки переходят на устойчивое подземное питание. Так, А.В. Рождественский, исследуя аналогичные показатели рек, нестационарность многолетних колебаний меженного стока связывает с факторами, обуславливающими изменение уровней подземных вод, дренируемых реками горизонтов. К таким факторам он относит во-первых, метеорологические условия, предшествующие межени периодов и характер их изменений за многолетний период, во-вторых, хозяйственную деятельность на водосборах и в руслах рек (распашка земель, водозаборы и водосбросы, использование для хозяйственных нужд подземных вод с последующим сбросом их в русло и т.д.).

При анализе направленных изменений в рамках данной публикации будем опираться на второй фактор – влияние нефтегазодобывающей деятельности. Нами установлено, что именно на характеристиках минимального стока следует ожидать более выраженное проявление хозяйственной деятельности на водосборах и в руслах рек, направленной на перераспределение водозапаса внутри годового цикла. Бассейн реки Медведицы является районом интенсивной добычи углеводородов в регионе, на него приходится 2-2,5 млн. т. ежегодной добычи нефти. В целях поддержания пластового давления ежегодно осуществляется закачка воды р. Медведицы и её притоков в объёме 2,0-3,0 млн. м³, из них 1,0 млн. м³ речной воды – практически безвозвратно в нагнетательные скважины. Закаченная в пласты вода извлекается вместе с нефтью. Вода излива очищается от нефтяных и твёрдых взвешенных частиц, выносимых из продуктивного пласта, извлечённые загрязнения утилизируются, а очищенная вода направляется по системе водоводов в соседние более высокопоглощающие скважины с допустимой для них концентрацией загрязняющих веществ. Однако не вся вода выкачивается, часть этих вод остаётся в пластах, минерализуется, смешиваясь с пластовыми, и, в конечном итоге, окисляется в руслах рек бассейна Медведицы.

По нашим данным только в пределах самого крупного нефтяного месторождения Нижнего Поволжья – Памятно-Сасовского из рек бассейна Медведицы на нужды нефтегазопромыслов ежегодно перекачивается более 6,0 млн. м³ воды, что равнозначно расходу реки за 20 суток.

Анализ всех факторов, влияющих на формирование минимального стока рек, говорит о том, что увеличение водности реки Медведицы в меженный период имеет в основном техногенную обусловленность.

Исследования показали, что годовой сток в бассейне реки Медведицы имеет тенденцию к уменьшению. Поскольку в бассейне реки доля половодного стока составляет от 60 до 70% от годового, то можно предположить, что именно его направленные изменения вносят наибольшее значение в его колебания.

Анализ многолетней изменчивости стока наносов показал, что в верховьях рек бассейна Медведицы интенсивность эрозии, оцениваемая стоком наносов, уменьшается, в замыкающем створе сток наносов увеличивается. Увеличение стока наносов в исследуемом бассейне обусловлено нарушением почвенно-растительного покрова при сооружении площадок более чем 3 тысяч скважин, сети грунтовых внутрипромысловых автодорог и карьеров, а также чрезмерная распашка водоразделов значительно усиливают плоскостной смыв, мелкозём со склонов поступает в балки и малые реки. Из-за превышения его количества над транспортирующей способностью водного потока происходят заиливание, обмеление и отмирание верховий малых рек региона (рр. Бурлук, Шапочная, Добринка). Мощность иловых наносов в среднем составляет 5-25 см, что говорит о высокой степени заиливания рек бассейна Медведицы. Увеличение стока наносов имеет также антропогенная обусловленность.

Таким образом, во внутригодовом распределении стока воды в бассейне реки Медведицы наблюдается тенденция увеличения минимальных значений стока, обусловленного антропогенными причинами.

С.Н. Рулева.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова.

ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ г.ТОМСКА И ЕЕ СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.

Город Томск возник в начале XVII в. при добровольном вхождении земель эушинского княжества в Россию. Начался он с острога на Воскресенской горе, которая с юга, востока и запада крутыми обрывами спускалась к быстрой небольшой речке Ушайки, впадающей в реку Томь.

В тектоническом отношении город расположен в пределах сочленения Томь-Колыванской складчатой зоны и Западно-Сибирской платформы; в геоморфологическом отношении - на западном склоне Томь-Яйского водораздела. Городской рельеф сильно осложнен овражно-балочной сетью, оползнями.

За четыре века своей истории город значительно вырос в размерах, но во все времена для его территории характерным являлось большое количество водных объектов – рек, озер, родников, болот. К ХХI веку гидрографический рисунок претерпел значительное изменение – некоторые озера и родники засыпаны, реки убраны в коллекторы и т.д. (табл.).

Таблица. Некоторые водные объекты Томска.

реки	озера	родники
Томь	Сенная Курья	Добролюбовский
Ушайка	Белое	Дальний
Басандайка	Керепеть	«Божья роса»
Кисловка	Еренинское	Царский ключ
Большая Киргизка	Сухое (полностью высохло)	Под Университетским склоном – 7 родников
Малая Киргизка	Университетское	Воскресенский
Игуменка (вся в коллекторе)	Мавлюковское	Монастырский
Керепеть (разделена на систему озер)	Кочетово	Средний
		Ближний

Река Ушайка - небольшая быстрая река, имеющая длину – 78 км, площадь бассейна -744 км², среднюю глубину в черте города - от 0,2 до 1,2 м, среднегодовой расход воды – 4,35м³/с. В XIX веке на Ушайке работали водяные мельницы. Во времена Екатерины второй в черте города она была судоходной. В 1819 г. по проекту декабриста Батенкова был построен мост (Думский), простоявший 100 лет, потом на его месте был построен Каменный (проект Лыгина). Добывалось на реке золото. Сейчас она стала самой загрязненной, не замерзает даже в суровые зимы. В 2007 г. была начата расчистка русла в черте города. Расчистку русла в устье Ушайки и строительство там набережной нельзя признать удачным проектом.

Река Басандайка – правобережный приток Томи длиной 57 км, из них 4 км на территории города. Площадь водосбора – 400 км². Средняя глубина 0,5-0,7 м, среднегодовой расход воды – 2,34м³/с, при максимальном-30м³/с.

Река Кисловка - левый приток Томи длиной 49 км. Площадь водосбора-200км², ср.глубина-0,3м, среднегодовой расход воды 1,2м³/с. В своих низовьях носит название протоки Бурундук.

Река Большая Киргизка - правобережный приток Томи, и Малая Киргизка ее левый приток.

Когда – то по центру Томска протекала третья река- **Игуменка** - левобережный приток Ушайки. О ней писал в своих заметках Паллас в 1770 г. а в середине XX в. От нее остались ручейки на месте двух рукавов реки. На месте русла в настоящее время наблюдается интенсивный процесс подтопления.

Керепеть- в прошлом была протокой Томи, потом ее старицей, но имеющей небольшой сток от ручьев впадающих в нее, впоследствии она превратилась в систему озер, существующую и сейчас, но находящуюся в

безобразном состоянии. Ширина их изменяется от 30 до 50 м, глубина - 1,5-2,5 м.

На городской территории всегда было много озер, от очень маленьких до больших. Некоторые из них сохранились до сих пор, другие исчезли. Пропавшие озера на территории – Банное, Исток, Вильяновское, Баранчуковское, на ул Загорной и т.д.

Озеро Белое – сейчас находится в центре города. До начала XX в. вода в нем считалась целебной (родонозный ключ). Площадь его – 0,06 км².

Озеро Сенная Курья – старица Томи. Длина его - 4,5 км, ширина - 100-200 м, максимальная глубина-до 6,5 м.

В былые времена основным источником питьевой воды для Томичей были родники, имеющиеся в большом количестве во многих районах города. И хотя большое количество их варварски было закидано мусором, забито строителями в последнее время жители города стали их восстанавливать.

Река Томь – крупная река протекающая по территории г.Томска, среднегодовой расход воды – 1090м³/с, при максимальном – 12000м³/с. Характерной особенностью ее гидрологического режима является частое образование заторов со значительным подъемом уровней - до 11 м. выше среднего. Многолетняя повторяемость их в последние 10 лет возрастает. С середины XX в. русло реки в пределах Томска претерпело мощное антропогенное воздействие. Из него было безвозвратно извлечено более 100 млн.м.³. гравийно-галечного материала для нужд строительной индустрии. В это же время были произведены большие дноуглубительные работы для поддержания оптимальных условий судоходства. Все это привело к посадке уровней в черте города почти на 2,5 м, деградации пойменных ландшафтов, обнажению скального порога.

И.И. Рысин, Л.Н. Петухова

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РУСЕЛ РЕК УДМУРТИИ

Среди многих экзогенных геоморфологических процессов немало-важную роль играют размывы речных берегов. Реки производят огромную денудационную и аккумулятивную работу, существенно преобразуя рельеф. От размывов речных берегов страдают населённые пункты, инженерные объекты, коммуникации, разрушаются водозаборы, мостовые переходы, утрачиваются сельскохозяйственные угодья и др. Исследуя проявление русловых размывов, можно прогнозировать возникновение опасных ситуаций на реках конкретной территории.

С этой целью на территории Удмуртской Республики (УР) в 1999 г. была организована система наблюдений за русловыми процессами. В основе создания наблюдательной сети лежало стремление наиболее полно охва-

тить различные ландшафты УР, а также проследить развитие боковой эрозии на участках, где она наиболее активна и создаёт опасность для хозяйственной деятельности. В ходе исследований на территории республики было выделено 55 ключевых участков, охватывающих реки разного порядка.

Полевые работы на изучаемых реках проводятся ежегодно в летний период, а в отдельные годы дважды – весной (после половодья) и осенью (после летне-осенних паводков). Главная задача этих исследований – изучение скоростей бокового смещения русел и определение отдельных морфометрических характеристик. Для этого на активно размываемых участках рек было заложено около 300 реперов и марок, на 29 участках проводится ежегодная теодолитная (с 2002 г. применяется электронный тахеометр) съёмка. Для выбора ключевых участков в камеральный этап проводилось изучение морфометрических и морфологических характеристик речной сети УР. Были проанализированы топографические карты масштаба 1:25000 и 1:50000, на отдельные районы использовались аэрофототопопланшеты масштаба 1:10000 разных лет съёмки.

Развитие излучин до определённых пределов сопровождается активизацией русловых деформаций и увеличением скоростей смещения. Наибольшие скорости смещения характерны для широкопойменных русел. Скорости и масштабы развития горизонтальных русловых деформаций характеризовались показателем интенсивности и активности.

Под интенсивностью горизонтальных русловых деформаций понимается отношение суммарной протяжённости участков береговых размывов ко всей длине оцениваемого отрезка русла. Наибольшая доля размываемых берегов характерна для рек южной части республики – левобережья Вятки и правобережья Камы. Показатель интенсивности здесь составляет в среднем 30-60%. Для р. Сивы на территории УР на всем протяжении характерны высокие подмываемые берега, величина интенсивности превышает 70%. Большой показатель доли размываемых берегов характерен для рек бассейна р. Чепцы, особенно её левобережья: на реках Лоза, Ита, Убыть, Лекма, Сада для 40% длины берегов характерны размывы. С увеличением порядка реки доля размываемых берегов также увеличивается. Наоборот, малые реки, или верховья больших и средних рек, находящиеся в залесённой местности, характеризуются минимальными значениями интенсивности. Для залесённого бассейна р. Кильмезь величина интенсивности в среднем составляет 12%, а для верховьев рек Вятки и Камы этот показатель ещё меньше – 3-4%.

Активность горизонтальных русловых деформаций характеризуется скоростью плановых смещений русла. Анализ полученных за одиннадцать лет (2000-2010 гг.) полевых данных свидетельствует о большом диапазоне скоростей бокового размыва. По данным полевых наблюдений наибольшие скорости размыва характерны для рек с порядком выше IX. Максимальные значения размыва, наблюдаемые здесь, достигают 10-15 м и более, среднегодовые скорости размыва колеблются в интервале 1,2-3,0 м/год (на р. Вятке среднегодовые скорости размыва превышают 3-5 м/год, максимальные из зафиксированных значений составляют 15-25 м/год). Интенсив-

но проявляется боковая эрозия на р. Чепца: среднегодовые скорости размыва здесь 1,5-1,8 м/год.

Для малых рек VI - IX порядка средние скорости отступления берегов обычно 0,4-0,7 м/год, максимальные 2-3 м. В этой группе следует выделить такие реки как Кильмезь, Вала, Ува, Нылга, Иж, Кырыкмас.

Для самых малых рек с порядком ниже VI значения средних скоростей размыва ещё меньше – 0,1-0,3 м/год, хотя в отдельных точках наблюдалось смещение берега на 1 м и более.

Летом 2000 г на реках были зафиксированы самые высокие скорости размыва берегов; средняя по республике скорость бокового размыва составила 0,54 м/год. В дальнейшем – до 2004 года – практически на всех ключевых участках наблюдалась тенденция снижения активности русловых деформаций. Особенно низкие скорости размыва были зафиксированы в 2004 году: даже на реках с порядком выше IX (за исключением р. Вятки) среднегодовые скорости размыва не превышали 0,3 м/год; на многих малых реках берега оставались практически стабильными. Ситуация меняется в 2005 году: скорости бокового смещения русел резко возрастают. На р. Вятке наблюдаются рекордные за 5 лет деформации – образуется новое оползневое тело шириной более 25 м, а размывы берегов достигают в отдельных точках 15 м. На ключевых участках Яр и Дизьмино (р. Чепца) максимальные размывы составили 7,1 и 4,7 м/год соответственно. В 2006 г. в целом по республике отмечены ещё более высокие скорости размыва берегов (0,51 м/год). В последующие годы интенсивность размыва берегов на большинстве рек несколько снижается, достигая максимума в 2010 г.

При анализе данных, полученных в 2009-2010 гг., вновь хорошо прослеживаются отличия между северной и южной половиной Удмуртии: наибольшие скорости размыва при прочих равных условиях характерны для рек южной Удмуртии, что объясняется влиянием целого ряда природных и антропогенных факторов. Даже на малых реках южной половины УР на отдельных участках рек максимальные смещения превысили 1,0 м/год – рр. Алнашка, Гольянка, Бобинка, Умяк и др. В это же время в северной половине скорости невелики даже на реках большого порядка – на р. Чепцы среднегодовые скорости размыва варьировали в пределах 0,1-0,9 м/год, максимальные значения редко превышали 1,0 м/год. Исключением является максимальный размыв в 2010 году на участке Дизьмино, который составил 4 м.

Л.С. Савотченко

Арзамасский государственный педагогический институт им. А.П. Гайдара

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АРЗАМАССКОГО РАЙОНА

Арзамасский район является частью Нижегородского Правобережья и располагается на северо-западной окраине Приволжской возвышенности. Из современных рельефообразующих процессов основными высту-

пают здесь овражная и плоскостная эрозия, карстовые явления и антропогенное воздействие. Коренные породы представлены отложениями пермского периода. Сверху они перекрыты толщей татарских глин с прослоями мергелей и доломитов, которые способствуют развитию оползней на склонах. Отложения четвертичного периода представлены моренными, флювиогляциальными, аллювиальными, делювиальными, которые являются главными почвообразующими породами. В результате анализа топографических карт (М. 1:100 000 и 1:25 000), почвенных карт (М. 1:15000) хозяйств района, космоснимков и полевых наблюдений были выделены почвенно-геоморфологические районы, генезис которых в дальнейшем был установлен с помощью геологических отчётов, предоставленных ФГУ «Волга-Геология». Были выделены следующие районы, характеризующиеся однотипным рельефом и почвами:

Долинное притешьё. Равнинно-аллювиальный (террасовый комплекс). Ширина ~ 3,5 км. Подошва аллювиальных отложений голоценового возраста, слагающих описываемую форму, везде прослеживается ниже меженных уровней рек, что свидетельствует об эрозионно-аккумулятивном происхождении террасы. Терраса иногда отчленена от русла сегментом песчаных побочней, превышение которых над урезом рек составляет в среднем 2-2,5 м. Почвы представлены выщелоченными и оподзоленными чернозёмами.

Арзамасско-Ардатовское плато. Равнинно-аллювиальный тип рельефа. Центральная часть – приподнятое широкое плоское водораздельное плато с преобладанием уклонов менее 1°. Отличительная черта – субширотное течение самых крупных рек, протекающих в её пределах. Плато расчленено сетью редких, но протяжённых и неглубоких балок, густота эрозионной сети 0,2 км/км². Средние глубины местных базисов эрозии не превышают 20-25 м. В днищах балок активно растут донные овраги. Основная особенность этой территории – широкое распространение выровненных плакорных пространств, ограничивающихся плавными очертаниями склонов в большей частью ассиметричных долинах. Среди сельскохозяйственных угодий преобладает пашня. Однако выположенный низменный рельеф делает данную территорию потенциально эрозионнобезопасной. Распространёнными почвами являются оподзоленные и выщелоченные чернозёмы. Облесённость территории мала и процент лесных угодий близок к нулю. Выделяется моренно-равнинный участок. Территория отличается от примыкающего Арзамасско-Ардатовского плато генезисом (участок сформирован на отложениях морены днепровского ледника), а также морфометрическими показателями (густота расчленения – 0,4 км/км²). Распространены оподзоленные и выщелоченные чернозёмы. Территория обезлесена и интенсивно распахивается.

Тёше-Пьянское междуречье. Тёше-Пьянское междуречье представляет собой пологоволнистую равнину моренного типа. Располагается эта часть к востоку от Арзамаса. Данная территория облесена. Однако, несмотря на отсутствие открытых участков, здесь широко распространены

овраги, встречаются глубокие эрозионные врезы. Густота расчленения одна из самых высоких в районе – $0,7 \text{ км/ км}^2$. На данной территории распространены серые лесные и дерново-подзолистые почвы.

Кудьмо-Сережинский водораздел. Тип рельефа – равнинно-водноледниковый. Подрайон представляет собой пологохолмистую песчаную водноледниковую (флювиогляциальную) равнину. В геоморфологическом отношении это типичная равнина плоскостного зандра днепровского ледника. Рельеф местами всхолмленный, со слабо развитой овражно-балочной сетью. Густота расчленения $\sim 0,19 \text{ км/км}^2$. Распространёнными почвами являются дерново – подзолистые. Территория отличается высоким процентом лесистости (елово – сосновые леса).

Вадок-Сережинское междуречье. Междуречье представляет собой озёрно-ледниковую равнину, которая прослеживается на водоразделе рек Сережа и Вадок. Она сложена надморенными озерно-ледниковыми отложениями времени отступления днепровского ледника. Ложе озерно-ледниковых суглинков является основанием равнины. Поверхность этой равнины относится к среднему ярусу рельефа. Рельеф поверхности пологоволнистый, выположенный. Овражно-балочная сеть развита слабо. Овраги врезаны неглубоко, с пологими закрытыми бортами. Густота расчленения – $0,2 \text{ км/км}^2$. Распространёнными почвами являются серые лесные.

Сереже-Тёшинский водораздел. Территория сложена флювиогляциальными отложениями. Рельеф подрайона пологоволнистый, участками всхолмленный со слабо развитой овражной сетью, с пологими склонами оврагов. Территория характеризуется плоской поверхностью с абсолютными высотами менее 150 м. Практически весь водораздел Тёши и Сережи подвержен карстовым проявлениям. В данном подрайоне широко представлены карстовые озера. Обособляемые в процессе геоморфологического районирования территории представляют интерес при изучении почвенного покрова, интенсивности эрозионных процессов и является необходимым этапом обобщения региональных исследований.

Х.Н. Сафаров¹, В.Р. Беляев², М.В. Маркелов², В.Н. Голосов², Б. Вольфграм³

¹Таджикский Аграрный Университет, ²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, ³Институт географии, Университет г. Берн, Швейцария

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОСОВ НА ВОДОСБОРЕ БОДОМО, ЛЁССОВЫЙ ПОЯС ТАДЖИКИСТАНА

В лёссовом поясе Республики Таджикистан располагается один из наиболее обширных ареалов сельскохозяйственных, в том числе пахотных земель. Это связано с благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства. В условиях дефицита пашни в Таджикистане сохранность плодородия этих земель особенно важна. В тоже время низкая противозерозионная

устойчивость лёссов способствует широкому развитию различных экзогенных процессов и, прежде всего, склонового смыва и оврагообразования. При этом количественных данных об интенсивности эрозионных процессов в данном регионе, как и во всём Таджикистане, крайне мало. В последние десятилетия наблюдения проводились только на стоковых площадках Почвенного института Республики Таджикистан, расположенных в Файзабадском районе. Согласно результатам наблюдений среднегодовые темпы смыва составляют 4-8 т/га с максимумом на поле под паром. Расчёты темпов эрозии для лёссового пояса, выполненные на основе использования топографических карт масштаба 1:50 000 по эмпирической модели RUSLE, дают существенно более высокие оценки смыва (Buhlmann et al., 2010). Расчётный смыв < 10 т/га в год (примерно 50% пашни) отмечен только для пашни расположенной в днище речных долин. На склонах, которые занимают другую половину пахотных земель, согласно расчётам, темпы смыва превышают 10 т/га в год, причём на 33% от общей площади пашни, темпы смыва > 30 т/га в год. Следует учитывать, что длина стандартных склоновых площадок составляет 25 м, тогда как наделы пашни на склонах имеют длину от 100 до 200 м. Можно предположить, что результаты натурных наблюдений на склоновых площадках дают заниженные темпы по сравнению со смывом с пашни, расположенной на склонах междуречий. Оценить достоверность расчётных данных можно только на основе использования косвенных методов исследования. Одним из таких методов является радиоцезиевый, который позволяет оценить среднегодовые темпы перераспределения наносов на склонах за период с 1954 года.

Для исследований выбран водосбор Бодомо, расположенный в Файзабадском районе, в 4 км к западу от стоковых площадок Почвенного института. Площадь водосбора 0,92 км². Большая часть склонов в течение длительного времени используется в качестве пастбищ. Нагрузка на пастбища постоянно возрастает в связи с увеличением численности домашних животных в расположенном рядом с водосбором кишлаке. С 1990 г. на водосборе появился первый участок пашни, а в период 2000-2001 гг. были распаханы несколько наделов пашни и посажены фруктовые сады на террасированных склонах. Появление участков обрабатываемых земель (садов и поливной пашни) связано с программой поддержки дехкан международными организациями. Регулярный полив проводится на части пахотных земель и в садах. Оставшиеся пастбищные склоны, нагрузка на которые возросла, в местах регулярного скотопрогона сильно выбиты, на ряде участков наблюдается линейная эрозия.

Для оценки темпов перераспределения наносов радиоцезиевым методом на различных угодьях были отобраны образцы почв на опорном участке, занимающем плоский водораздел в верховьях водосбора, и по 6 трансектам, расположенные на пастбище, богарной пашне, поливной пашне и в саду. Отбор проб на опорном участке проводился послойно через пять сантиметров до глубины 35 см. Интегральные пробы на трансектах отбирались пробоотборником с внутренним диаметром 5 см до глубины 30 см. Подго-

товка и анализ образцов почв на содержание изотопа цезия-137 проведены в сертифицированной МАГАТЭ лаборатории Почвенного Института Академии сельскохозяйственных наук Таджикистана. Результаты оценок вертикального распределения изотопа цезия-137 на опорном участке указывают на отсутствие смыва или аккумуляции, что позволяет использовать суммарные запасы ^{137}Cs в разрезе для расчётов темпов перераспределения наносов на пастбищных и обрабатываемых склонах. Различия в землепользовании на части водосбора (смена пастбища на пашню и сады) за цезиевый период предполагают совместное использование различных калибровочных моделей для пересчёта содержания изотопа ^{137}Cs в пробах почв, отобранных по трансектам, что создаёт дополнительные трудности в пересчёте содержаний цезия-137. Значительные механические перемещения почвы при строительстве террас в садах вносят дополнительные ограничения в интерпретацию результатов количественных оценок темпов перераспределения наносов с использованием изотопа ^{137}Cs .

Параллельно для обрабатываемых участков на водосборе проведены расчёты темпов смыва по модифицированной модели USLE. В данной модели усовершенствован расчёт фактора рельефа, что позволяет более достоверно по сравнению с оригинальной моделью рассчитывать интенсивность смыва. Последняя версия используемой модели предполагает возможность расчёта темпов смыва на основе использования цифровой модели рельефа водосбора совместно с оцифрованной в ГИС MapInfo картой землепользования.

В докладе сопоставляются результаты количественных оценок темпов перераспределения наносов на различных угодьях водосбора Бодома, полученные на основе использования радиоцезиевого метода и при расчёте по модифицированной модели USLE, и обсуждаются возможности использования других косвенных методов для оценки темпов эрозии и аккумуляции на исследуемом водосборе.

О.В. Сафонова
СПбГУВК

ЭРОЗИЯ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОДНЫХ ПОТОКОВ

Берега рек и сооружения из мерзлого грунта в период половодья подвержены воздействию водных потоков, которые меняют температурный режим грунтов и под воздействием течения подвергаются разрушению.

С увеличением температурного поля мерзлого грунта силы сцепления уменьшаются, что приводит к неравномерным осадкам и размыву сооружений.

Основными факторами, обуславливающими интенсивность размыва берегов рек и сооружений, являются глубина и время полного оттаивания грунта, его влажность и водопроницаемость.

Для определения интенсивности оттаивания мерзлотного основания плотины, разработаны методы расчета, основанные на решении дифференциального уравнения Фурье:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

где: α – коэффициент теплопроводности грунта; T – температура; t – время.

Производные $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}$, $\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ определяют интенсивность измене-

ния температурного градиента по направлению осей x, y, z .

Для установления положения нулевой изотермы в пределах верхнего откоса плотины – границы зон талого и мерзлого грунта в теле плотины используют формулу:

$$y = x \sqrt{\frac{\lambda_m T_n}{\lambda_T T_B - \frac{Q}{2t} x^2}}, \quad Q = 0,9 \rho W_o + c_M T_{GP};$$

где: T_n – среднегодовая температура на поверхности откоса; x, y – координаты искомой границы.

Одним из показателей, наиболее полно характеризующих противозерозионную стойкость почвы, является размывающая скорость потока. За размывающую скорость принимается та скорость, при которой начавшийся отрыв частиц не прекращается и постепенно разрушает отрыв грунта (Мирцхулава, 1967). Размывающую скорость можно рассчитать при любой исходной влажности по формуле предложенной М.С. Кузнецовым (1981), при условии, что показатель водопроточности (d_w) и сцепления (C_w) определялись при той же исходной влажности:

$$V_{\Delta PW} = 1,5 \sqrt{\frac{m_1 * m_2 * g}{\gamma_0 * n}} \left[\left(1 - \frac{P}{100} \right) * d_w (\lambda - \gamma_0) (\cos \alpha - \sin \alpha) + 1,25 K * L * C_w \right]$$

Где: $V_{\Delta PW}$ – донная размывающая скорость потока для почвы ее исходной влажности W , м/с; m_1 – коэффициент, зависящий от присутствия в потоке донных и взвешенных наносов и составляющий по данным Ц.Е. Мирцхулавы (1970) соответственно 0,85 и 0,41; m_2 – коэффициент, характеризующий связывающее действие корневых систем растений и зависящий от содержания корней Диаметр < 1 мм; g – ускорение силы тяжести, м/с²; γ, γ_0 – соответственно плотность твердой фазы почв, плотность воды, т/м³; n – коэффициент, характеризующий пульсацию скоростей в потоке и равный 2,3 для потока воды в проливной борозде; P – порозность частиц грунта; d_w – средневзвешенный диаметр частиц грунта; α – угол наклона русла; K – коэффициент однородности, рассчитываемый по результатам определений сцепления; L – коэффициент характеризующий от сложения почвы и зависящий от ее плотности; C_w – сцепление почвы исходной влажности.

В суровых климатических условиях, в условиях вечной мерзлоты, оттаивание грунтового массива происходит за счет солнечного тепла и температуры переливаемой воды по поверхности сопряжения «вода-грунт». Начальная температура оттаивания для песчаных грунтов составляет -1°C , для глинистых -3°C . Температура таяния воды -0°C . Определив зависимость перемещения зоны раздела мерзлой и талой зоны от температуры воды и дополнительного тепла, плотины из мерзлого грунта могут быть использованы в качестве переливных сооружений.

Исследование интенсивности эрозии мерзлых грунтов является необходимым условием для проектирования временных противопаводковых водохранилищ-«ловушек». Результаты исследования позволяют оценить величину эрозии на гребне и откосах водопереливной плотины.

А.В. Селезнева, И.С. Дедова (Трофимова)

ГОУ ВПО «Волгоградский государственный педагогический университет»

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Общие закономерности развития и распространения овражно-балочных систем зависят от зональных природных условий, а их специфика – от тектонических, структурно-литологических и геоморфологических особенностей местности. Именно литолого-структурные условия являются наиболее изменчивыми по площади, создающими различные условия развития эрозионных процессов.

Одним из важнейших факторов, определяющих интенсивность эрозионных процессов является противоэрозионная устойчивость рельефообразующих пород.

В формировании данного рельефа участвуют разнообразные по возрасту и литологии осадочные горные породы, которые можно объединить в 5 литолого-стратиграфических комплекса, различающихся по условиям и показателям размываемости ДНС (предельно допускаемые неразмывающие скорости):

ДНС=0,5-0,6 м/сек – толща песков, включающая иногда прослой глин и песчаников юры, нижнего мела, палеогена и неогена, слагающая междуречья Иловли и Медведицы, Медведицы и Волги;

ДНС=1,2-1,3 м/сек – толща глин, включающая иногда прослой песков и песчаников юры, палеогена и неогена; расположены там же;

ДНС=2,1 м/сек – толща меловых отложений, опок, мергелей, иногда с прослоями глин; эти породы верхнего мела и палеогена развиты в междуречье Терсы и Медведицы;

ДНС=3,7 м/сек – пески и песчаники нижнего мела в комплексе с мелями, опоками и песчаниками верхнего мела занимают обширные территории междуречья Медведицы, Иловли и Волги в пределах северной части Приволжской возвышенности;

ДНС =4,5 м/сек – известняки и кварцевые песчаники карбона, развитые в правобережье р. Дон и бассейне р. Арчеда.

Литология пород Волгоградского Поволжья отличается преобладанием карбонатно-терригенных пород, различающихся по показателю допускаемых размывающих скоростей (ДНС) (табл.), которые служат основой для составления карты противозерозионной устойчивости горных пород Волгоградского Поволжья.

Особенностью легенды данной карты является группировка горных пород с близкими количественными показателями размываемости. Взаимоотношение коренных и рыхлых пород, в которых развиваются эрозионные системы, обуславливают характерные для Волгоградской области двух-, трёхчленные и сложно построенные толщи.

Таблица. Средние размывающие скорости для горных пород Волгоградской области

Горные породы	Средняя размывающая скорость, м/сек
Пески разнородные	0,3-0,55
Лёссовидные суглинки	0,55-1,0
Суглинки связные	0,55-1,0
Глины плотные	1,0-1,5
Глины, мергели, мел, опока	2,1-3,1
Известняки	2,5-4,5
Песчаники кварцевые	4,0-6,0

Типичным примером такого членного строения является территория восточного макросклона Приволжской возвышенности. В его северной части формируются значительные по глубине вреза и протяжённости овраги. Комплекс рыхлых четвертичных отложений обладает ДНС от 0,3 до 1,3 м/с. Ниже по течению овраги врезаются в подстилающие их породы: опоки, мел, мергель, песчаники и глины, имеющие ДНС от 2,1 до 3,1 м/с. Следовательно, средний показатель размываемости пород будет находиться в интервале 1,2 м/с - 2,2 м/с. Для эрозионных систем правобережья Дона и Хопра характерен иной комплекс горных пород. Верхняя часть разреза выполнена рыхлыми породами четвертичного возраста, которые по показателям размываемости соответствуют интервалу от 0,3 до 1,3 м/сек. В дальнейшем, овраги врезаются в подстилающие их породы с показателями размываемости от 2,1 до 4,5 м/сек. Составление порайонных характеристик литологии в пределах эрозионных врез, категорий и показателей горных пород по размываемости, мощностей размываемых толщ позволяет провести районирование и составить карту размываемости рельефообразующих горных пород Поволжья. Составление карты противозерозионной устойчивости горных пород предполагает использование таких материалов, как карта четвертичных отложений, геологическая карта коренных отложений, геологические разрезы толщ и др. Таким образом, характеристика размываемости горных пород иллюстрирует тесную взаимосвязь геологического строения и заовраженности территории.

И.В. Семенова, О.И. Крутских, В.А. Семенов, С.С. Подлипалина
*ГУ «НПО «Тайфун», г.Обнинск, Калужский государственный университет
им. К.Э. Циолковского*

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ СТОКА ВОДЫ И ЕЁ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА РЕКАХ ЮЖНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА*

Исследованиями установлено, что климатические изменения с середины 70-х годов до конца XX века обусловили уменьшение стока половодья и максимального стока и увеличение меженного и минимального стока рек южного Нечерноземья, что подтверждено изменениями соотношений составляющих годового стока рек. Статистический анализ изменения гидрохимического режима этих рек за тот же период показал, что эти изменения водного режима и рост антропогенной нагрузки послужили причиной повышения минерализации воды рек и содержания в ней хлорид- и сульфат-ионов. Для исследований этих изменений в первом десятилетии XXI века использованы материалы наблюдений за стоком и качеством воды рек бассейна Верхней Оки (рр. Ока, Угра, Жиздра, Протва, Таруса) и Днепра (приток Десны р. Болва) за 50-летний период (1957-2007 гг.).

Результаты генетического расчленения гидрографов стока показали, что интенсивное увеличение составляющей подземного питания р. Оки и средних рек (Угра, Жиздра, Протва) наблюдалось в 70-90 годы XX столетия. За этот период подземная составляющая увеличилась в среднем от 30-35% до 45-55% от годового стока. В первом десятилетии XXI века величина подземной составляющей стока рек колебалась в пределах 41-55% в зависимости от водности года, в среднем для 4 рек составляла 50%, а для малой реки (Таруса) составила 45%. Увеличение подземной составляющей в первые годы XXI столетия по сравнению с концом XX составило для Оки на 5%, для средних рек – на 4-7%, а для Тарусы на 13%. Увеличение подземного питания р. Оки за 50 лет на 23% свидетельствует о том, что этот процесс характерен для всего юга Нечерноземья.

Снеговое питание рек за рассматриваемый период XXI века составляет 38% для Оки, 41% для Угры и Жиздры, 36% для Протвы, а для Тарусы – 47%. По сравнению с оценкой, приведённой для конца XX столетия, его уменьшение составило для Оки, Угры и Протвы 3-5%, для Жиздры – 11%, а для Тарусы на 20%.

Доля дождевого питания в начале XXI века по сравнению с концом XX столетия не изменилась для Оки и Угры, но увеличилась для Жиздры, Протвы, Тарусы и в среднем составляет 8-12% для всех рек кроме Протвы (16%), бассейн которой испытывает наибольшую селитебную и автодорожную нагрузку.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калужской области (проект №09-05-97518).

Анализ данных многолетних гидрохимических наблюдений (испытание на тренд) показал, что в целом для всех рек характерно увеличение суммарной минерализации воды за период наблюдений с 1938 по 2007 годы. Однако, если в середине XX века средняя скорость роста минерализации р. Оки составляла $1,6 \text{ мг/дм}^3$ в год, то за последние 15 лет наблюдений (1995-2007 гг.) она возросла до $18,8 \text{ мг/дм}^3$ в год. В р. Угре, одной из самых чистых на рассматриваемой территории, суммарная минерализация воды практически не изменяется за весь период наблюдений. В р. Протве за период наблюдений 1940-1975 гг. прослеживается тенденция к уменьшению минерализации воды, а за период 1995-2007 гг., наоборот, наблюдается её рост со скоростью $7,0 \text{ мг/дм}^3$ в год. В реках Жиздра и Болва в последние 15 лет наблюдений суммарная минерализация растёт со скоростью $14,4 \text{ мг/дм}^3$ и $11,4 \text{ мг/дм}^3$ в год соответственно. Основной вклад в рост минерализации воды в реках вносят гидрокарбонат-ионы и кальций, что свидетельствует о преимущественном влиянии природных факторов в формирование химического состава поверхностных вод.

Сезонные изменения минерализации и химического состава воды рек очень велики и зависят от фаз гидрологического режима. Анализ полученных данных показал, что в период наблюдений 2001-2007 гг. зимой величина рН для изученных рек незначительно возросла, а летом и осенью не изменилась или даже немного уменьшилась. В начале XXI века наблюдается небольшое снижение величины жёсткости воды в зимний период и увеличение в период половодья.

В последние десятилетия XX столетия наметилась тенденция к снижению суммарной минерализации в зимний период и её увеличению в период летней межени. В начале XXI века для всех рек характерно снижение диапазона внутригодового варьирования концентраций изученных главных ионов и минерализации воды. Преимущественно это связано с уменьшением концентраций в зимний период и увеличением в весенний (период половодья). Сравнение полученных данных также показало, что наибольшие изменения на всех реках произошли в концентрации хлорид-ионов, которая во второй половине XX века возросла в 2-3 раза, а в начале XXI века она стала уменьшаться. В тоже время в реке Оке почти в 2 раза уменьшилась концентрация сульфат-ионов. В воде всех рек произошло уменьшение концентрации ионов магния.

Выводы: Результаты исследований свидетельствуют о том, что произошедшие во второй половине XX столетия существенные изменения соотношений составляющих годового стока рек бассейна, обусловившие увеличение доли подземного питания в годовом стоке и уменьшение снеговой составляющей, сохранились в начале XXI века. Это привело к уменьшению минерализации воды рек в зимний период и её росту в весенний.

С.С. Семочкина, Г.Я. Барышников

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ОЗЁР СТЕПНОГО АЛТАЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Широкие возможности для организации различных видов отдыха, туризма и лечения на территории Степного Алтая открываются благодаря благоприятному сочетанию климатических условий, живописности ландшафтов с разнообразием природных лечебных факторов - лечебных грязей и минеральных вод.

Территория Степного Алтая представляет собой равнинную лесостепь с абсолютными высотными отметками рельефа 80-200 м. В строении рельефа прослеживается следующая закономерность. При движении от центра к периферии рельеф постепенно усложняется. Например, на юге равнины находятся бугристо-грядовые равнины, можно увидеть песчаные дюны. На северо-востоке, отмечается большая изрезанность поверхности древними широкими и глубокими ложбинами, вытянутыми параллельно друг другу. Ширина ложбин 5-25 км, глубина 40-80 м. Их днища заполнены песками. Центральная часть наиболее пониженная. Балки и овраги встречаются повсеместно. На современном этапе развития рельефа преобладают процессы денудации, в виде суффозии, линейной эрозии и отчасти плоскостного смывы.

Определяющим фактором формирования климата является географическое положение местности. Здесь континентальность климата подчёркивается недостаточным увлажнением, преобладанием летних осадков над зимними, резкими колебаниями температуры воздуха в течение года и суток. Климатические особенности территории во многом обуславливают его рекреационную ценность и определяют большие возможности в развитии санаторной деятельности. Для проведения процедур различного лечебного характера очень важно большое количество света и как можно большее количество дней с активным солнечным сиянием.

Чередование форм рельефа, смена материковых пород, изменение режима грунтовых вод является причинами пестроты почвенного покрова степи. Значительную площадь степи занимают мелкие озёра, которые обычно расположены в замкнутых и полужамкнутых понижениях плоских равнин, в межгрядовых низинах, ложбинах древнего стока и других депрессиях с небольшими водосборными площадями.

Озёра мелкие, глубина их редко достигает 3-4 м. По своей форме все они напоминают вогнутую чашу с плоским дном, либо замкнутые конечно-сточные котловины. В жаркий период многие озёра пересыхают, на их поверхности образуется солевая корка. В период дождей эти озёра вновь наполняются водой, образуя крепкие рассолы. Берега вокруг них подтоплены, а почва представляет собой непроходимую грязевую топь.

Важное значение для развития туризма и организации курортно-санаторного лечения имеют находящиеся здесь минеральные подземные воды. Химический и микрокомпонентный состав этих вод формировался длительное время и связан с активностью водообмена с поверхностью земли, составом пород и проницаемостью водоносного горизонта.

Растительный покров определяется размещением практически на границе двух зон – лесостепной и степной. Лесостепь характеризуется сочетанием лесов и степей. Степная растительность соответствует солонцам, а также развивается на местах, освободившихся из-под леса.

Для приобских лесостепных районов из животных характерны барсук, зайцы – беляк и русак, колонок, лисица, лось, рысь, волк, по рекам – бобр и норка. Косуля встречается небольшими группами, локально. В сосновых борах и ложбинах древнего стока обитает белка-телеутка. Почти все пригодные для обитания водоёмы заселены ондатрой.

Территория отличается богатством птиц. Наиболее крупной птицей является лебедь-кликун, масса которого достигает 12 кг, самая маленькая птичка – желтоголовый королёк – весит 6 гр. Из охотничье-промысловых птиц встречается водоплавающий серый гусь, кряква, шилохвость, гоголь, кулик. На озёрах многочисленны различные утки, а по берегам – кулики, поручейник, перевозчик, черныга, чибис.

Растительный покров территории исследования зачастую изменён вследствие его сельскохозяйственного освоения.

Животный мир так же претерпел изменения: одних животных истребили, другие мигрировали из-за антропогенного вмешательства.

Таким образом, можно сделать вывод, что территория Степного Алтая по особенностям природных условий является благоприятной для туристско-рекреационной деятельности. Климатические условия являются умеренно-комфортными, что и обуславливает высокий климато-рекреационный потенциал. Рассматриваемый район обладает рекреационной ценностью и располагает ресурсами в развитии санаторно-курортной деятельности, а уникальный природный ландшафт придаёт своеобразное очарование и неповторимость.

В.Г. Смирнова

Полтавский университет экономики и торговли, Украина

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РУСЕЛ РЕК В ПРЕДЕЛАХ ПАЛЕОИЗЛУЧИН

Важным фактором руслообразования является форма и рельеф долины реки. Особенно ярко это влияние заметно в пределах речных долин, имеющих следы палеорусел. Для большинства долин рек равнинной части Украины характерны большие палеоизлучины, размеры которых значительно превышают размеры современных излучин. Такие старые меандры могут

быть удалёнными от современного русла реки на значительное расстояние (до 5 км), а могут непосредственно контактировать с ним, изменяя определённым образом его морфометрические и динамические характеристики.

Большие палеомеандры были образованы палеореками с большими значениями руслоформирующих расходов воды. Внезапное уменьшение стока способствовало тому, что поток начал формировать другие формы русла, «вписывая» их в рельеф излучин предыдущего этапа. Можно условно выделить следующие формы приспособления:

пассивная – соответствует относительно прямолинейным руслам, занимающим положение тальвега древнего русла. В основном это участки вблизи коренных берегов, террасовых уступов, отвечающие отрезкам верхнего или нижнего крыла палеоизлучин, а также относительно прямолинейные участки палеопротоков;

промежуточная (пассивно-активная) – включает малые сегментные излучины, которые достаточно медленно развиваются в рамках древнего русла, создающего извилистую полосу руслоформирования;

активная – включает малые и средние излучины (сегментные, петлеобразные, пальцеобразные), которые активно развиваются в пределах всего днища древней долины реки. Это преимущественно разнообразные вписанные формы излучин, а также пойменно-русловые разветвления.

Для русел малых рек размеры извилин которых значительно (в 8-12 раз) меньше размеров палеоизлучин, характерно преобладание пассивной и промежуточной форм приспособления. При этом наблюдается чередование прямолинейных участков и участков извилистого русла. В отдельных случаях в пределах палеоизлучины современное русло становится деградированным, т.е. теряет проточность.

Для средних и некоторых малых рек, размеры излучин которых в 2-6 раз меньше излучин палеорусла, наблюдаются все три формы приспособления, но преобладающим является активное. Такая адаптация предполагает процесс взаимодействия современных и древних русловых форм, в результате которой изменяются размеры извилин, морфодинамический тип русла, характер реки. Примером проявления активной адаптации является формирование системы небольших адаптированных излучин на поворотах большой "П-образной" или петлеобразной палеоизлучины. Поскольку внешний вид, общий рисунок палеорусла сохраняется, такую систему излучин иногда ошибочно принимают за крупную современную излучину.

Пойменно-русловые разветвления наблюдаются в пределах сегментных палеоизлучин, находящихся на стадии спрямления. Вследствие малых уклонов днища долины на таких участках в настоящее время могут сохраняться несколько рукавов меандрирующего русла. Например, на р. Сула наблюдается один рукав – по тальвегу палеорусла, другой – по спрямляющей протоке, третий – короткий поперечный, соединяющий первых два рукава. Морфометрические параметры извилистого русла рукавов значительно отличаются от параметров излучин на смежных участках.

Следовательно, при исследовании современных русловых форм и русловых переформирований рек обязательным является изучение геоморфологической, геологической структуры долинного рельефа, в частности наличия следов палеорусел.

А.М. Тарбеева, И.В. Крыленко, В.В. Сурков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

СВЯЗЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И НАЛЕДЕОБРАЗОВАНИЯ НА МАЛЫХ ВОДОТОКАХ ПОДМОСКОВЬЯ*

Наблюдения, проводившиеся на малых водотоках Подмосковья, показали, что в руслах ручьёв первых порядков образуются мощные наледи, не характерные для региона в целом. Во время половодья поток обтекает наледи, заполняющие русло, меняя тем самым его морфологию. За период наблюдений с 2004 по 2011 гг. на постоянных водотоках 2-3 порядков наледи образовывались ежегодно, за исключением аномально тёплых зим (2005/2006 и 2007/2008 гг.). Сведения об образовании наледей на водотоках первых порядков в Подмосковье отмечались исследователями и ранее, однако, их детальные исследования до сих пор не проводились.

Для выявления механизмов и причин образования наледей сотрудниками НИЛ эрозии почв и русловых процессов были проведены исследования ручья 3 порядка Язвицы (полигон Сатино). В январе 2011 г. в 33 точках, распределённых по длине ручья, были измерены температура и электропроводность воды, определена мощность ледового покрова. Полученные данные были сопоставлены с геологическим строением долины.

Пики температуры соответствуют местам разгрузки подземных вод. Электропроводность является косвенным признаком минерализации воды, которая зависит от состава подземных вод.

В самом верхнем течении ручья поверхностный сток отсутствует. В подрусловом потоке вода имеет пониженную электропроводность, что связано с поступлением воды с кровли московской морены. Ниже, где грунтовые воды поступают по кровле днепровской морены, электропроводность увеличивается до 580-600 мСм, в русле наблюдаются многочисленные полыньи, оно не перемерзает, т.к. выходы грунтовых вод распределены равномерно и их обогревающее воздействие сказывается на всем протяжении зоны разгрузки. На расстоянии 1,5-1,2 км от устья наблюдается внутридолинная область аккумуляции наносов. Здесь поверхностный сток фильтруется в погребенные аллювиальные отложения, а в ее нижней части появляется снова в виде источника. Вода, поступающая на этом участке, имеет пониженную минерализацию и достаточно высокую температуру (+6°C непосредственно в зоне выхода). Несмотря на высокую температуру, вода,

* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (проект №-11-05-00317) и по программе Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-3284.2010.5)

поступающая в русло, быстро охлаждается и замерзает, т.к. не получает подпитку ниже по течению. Именно на этом участке русла наблюдается наибольшая мощность ледового покрова и происходит формирование наледей. Наледи образуются в первой половине зимы, а затем дебит этого источника резко уменьшается, русло полностью перемерзает, сток на отдельных участках в подземный и рост наледей прекращается.

На этом участке наледи полностью перекрывают поперечное сечение русла и достигают максимальной площади, для него характерны специфические формы русла, связанные с обтеканием наледей.

Г.Н. Угренинов, А.В. Ильичева

Российский государственный гидрометеорологический университет

ПРОГНОЗ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ РЕКИ НЕВЫ В СТВОРЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО ОРЛОВСКОГО ТОННЕЛЯ

Правительство Санкт-Петербурга запланировало построить Орловский тоннель под рекой Невой. Длина тоннеля 1 км, под руслом Невы 400 м. Тоннель будет иметь 6 полос движения в двух уровнях. Пропускная способность составит 60 тыс. автомобилей в сутки.

На участке проектирования русло Невы поворачивает с северного на юго-западное направление течения. Это Смольнинское колено – самый крутой изгиб реки Невы; он расположен в Петербурге ниже впадения реки Охты.

Ширина реки Невы меняется по длине Смольнинского колена – увеличивается от 300 м на входе до 400 м в вершине излучины, где находится створ проектного тоннеля, и уменьшается до 200 м на выходе из колена. Смольнинское колено – адаптированная, врезанная, крайне медленно деформирующаяся излучина. Правым берегом река упирается в коренную террасу.

В прошлом река Нева имела меньший прогиб излучины, т.е. на рассматриваемом участке русло располагалось юго-западнее. Река размывала коренной берег, медленно смещаясь вправо до современного состояния. В настоящее время набережные на Неве исключили плановые деформации.

На акватории проектирования (примерно в 300 м ниже по течению, у правого берега) находится самое глубокое место на р. Неве. Глубины достигают здесь 24-25 м. Выше и ниже этого участка глубины меньше, но также значительны – 15-20 м. В вершине колена у левого выпуклого берега сформировалось аккумулятивное тело, имеющее признаки как речного пляжа, так и побочня. Аккумулятивное тело стесняет поперечное сечение Невы, увеличивая скорости потока. Максимум скоростей смещён к правому берегу. Русло в поперечном сечении треугольное, приглубая часть у правого берега.

Морфологический облик реки не может быть отождествлён ни с одним из рекомендуемых нормативными документами типов русловых

процессов. Отличия Смольнинского колена от излучин при меандрировании: крайне медленное развитие изгиба; отсутствие аллювиальных песчаных форм в русле (побочней, осерёдков); крайне малые дефицитные гряды; дно сложено суглинками, отмосткой, мусором.

Поэтому требуется другой способ для прогноза русловых деформаций. Использован принцип, подобный методу «гармошки», применяемому к относительно прямым рекам, в которых деформации происходят в виде смещения побочней и осерёдков. Для этого выполнено совмещение 1) поперечных профилей реки Невы по проектному створу Орловского тоннеля за разные годы и 2) совмещение поперечных профилей по длине участка.

Использован метод прогноза русловых процессов для врезанных рек. Он похож на метод совмещения поперечных профилей, применяемый для относительно прямых рек с мезоформами в русле, сползающими вниз. Но суть его другая: не «все сползает вниз», а так как существуют предпосылки на рассматриваемом участке для размывов до таких отметок, следовательно, есть предпосылки для размывов и в проектном створе.

Для выбора высотного положения тоннеля построен профиль наибольшего возможного размыва русла по проектному створу на период эксплуатации 100 лет. Наибольший диапазон вертикальных деформаций в проектном створе достигает 4 м.

Работа выполнена в рамках инженерно-гидрометеорологических изысканий для строительства Орловского тоннеля под Невой (по контракту с проектной организацией «Невская концессионная компания»). Результаты одобрены экспертизой. На основе изысканий выполняется проект Орловского тоннеля.

В результате сделан вывод, что существующие нормативные документы не применимы для врезанных рек, подобных Неве. Требуется доработка действующих нормативных документов.

Н.С. Федосеева
ФГОУ СПО ДГМКСЭП

СТРУКТУРА ВДОЛЬБЕРЕГОВЫХ ТЕЧЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ БЕРЕГОВ ВХОДНЫХ УЧАСТКОВ БУХТ (НА ПРИМЕРЕ БУХТЫ «КРУТАЯ» ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Вдольбереговые течения имеют сложную структуру, они возникают наиболее интенсивно в прибрежной зоне при косом подходе волн к берегу. В береговой зоне движение водных масс в основном определяется ветровыми и вдольбереговыми (энергетическими) течениями.

Большая часть акватории Цимлянского водохранилища с развитой ветровой деятельностью находится к северо - востоку от бухты «Крутая» с преобладающими ветрами северо - восточных (СВ) и восточных (В) румбов,

поэтому бухта «Крутая», была выбрана для производства натурных наблюдений (2001 г.).

Бухта «Крутая» расположена на правом берегу водохранилища в 4 км от г. Цимлянска. Бухта имеет в плане округлую форму с высокими и крутыми берегами. Ширина входного (устьевого) створа при НПУ (36,0 м БС) - 280 м, длина по медиане главного временного водотока - 640 м, максимальная ширина бухты - 500 м. Вход в бухту ориентирован на ЮЮВ. Азимут входного створа 65° . Площадь водосбора бухты - $18,3 \text{ км}^2$.

При обследовании входного участка бухты установлено, что с северо-восточной стороны входного створа бухты сформировалась мощная восточная коса длиной 150 м, а с юго-западной – узкая западная коса длиной 50 м.

Изучение структуры ветровых течений проводилось с качественной стороны при действии господствующих ветров ВСВ, В и ВЮВ и ЮВ направлений.

При ВСВ направлении (ветер направлен параллельно береговой линии) формируется течение, направленное вдоль берега. При подходе к входному участку бухты оно плавно расширяется в сторону бухты, огибает восточную косу и движется вдоль западной косы, западная коса и наветренный берег размываются при скоростях ветра более 11 м/с и средней скорости течений - 0,97 м/с. Продукты размыва переносятся к западному берегу, где выпадая, наращивают восточную косу.

При ветрах В и ВЮВ направлений (ветер направлен под острым углом к берегу) у подветренного мыса происходит дифракция волн, сопровождающаяся их рефракцией. Циркуляционное течение в бухте образуется за счёт разрушения волн, подходящих под острым углом к западному наветренному мысовидному берегу, вследствие чего здесь образуется вдольбереговой поток, направленный вдоль западного берега бухты и западный берег бухты размывается при действии ветров 12 м/с и средней скорости потока 0,85 м/с.

При взаимодействии этого потока с встречным вдольбереговым течением, скорости потоков уменьшаются до нулевых значений, при этом восточная коса наращивается вглубь бухты.

При ветрах ЮВ направлений (ветер направлен перпендикулярно к входному створу бухты), у прилегающих к бухте берегов возникают разрывные течения. Разрывные течения характеризуются пульсирующими нагонами водных масс на вогнутых участках и последующим мощным оттоком воды с этих участков. Нагон водных масс в бухту происходит за счёт вдольбереговых течений у восточного и западного берегов и ветрового поверхностного течения по всей ширине бухты. Отток воды из бухты происходит за счёт придонного компенсационного течения. Придонные компенсационные течения достигают размывающих скоростей 0,85 м/с при ветрах ЮВ направлений в 17 м/с и более, интенсивно размывают мысовидные участки входного створа бухты, способствуя его расширению.

Изучение структуры вдольбереговых течений во входном участке бухты «Крутая» Цимлянского водохранилища позволило сделать вывод, что при выборе бухт для размещения в них объектов хозяйственного использования или укрытия судов в штормовую погоду, предпочтение нужно отдавать бухтам закрытого типа, вход в которые ограничен мысовидными берегами и ориентирован перпендикулярно господствующим ветрам.

О.В. Филиппов

Волжский гуманитарный институт (филиал) ГОУ ВПО «Волгоградский государственный университет»

ВЕТРОВОЕ ВОЛНЕНИЕ КАК ФАКТОР ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЕРЕГОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Волгоградское водохранилище – типичное крупное водохранилище на равнинной реке с пятидесятилетним периодом наблюдений за развитием процесса переформирования берегов под действием энергии ветрового волнения.

Ветровой режим территории вместе с генерируемым им режимом ветрового волнения является главным фактором развития процесса. Анализ данных о повторяемости ветров по градациям скорости и направлений в совокупности с характеристикой длин разгона волн на акватории позволяют оценить суммарные энергетические показатели волнения на отдельных участках. При этом результаты анализа характеризуют как отдельные временные интервалы, так и весь период существования водохранилища и развития процесса.

Энергетические показатели ветрового волнения сопоставляются по отдельным периодам с основными показателями размыва берегов: темпами отступления бровок коренного берега, объёмами разрушения береговых склонов, нарастанием ширины абразионно-аккумулятивной отмели и рядом особенностей поперечного абразионно-аккумулятивного профиля. Так, особое внимание уделяется развитию призм размыва и аккумуляции, определению коэффициентов аккумуляции профилей участков – показателю динамики абразионно-аккумулятивного склона на пути к формированию конечного (устойчивого) профиля, завершающего фазу активного развития процесса.

На основании сопоставлений фактических данных о развитии процесса размыва берегов с расчётными, приводятся верификационные оценки базовых моделей (Е.Г. Качугин, Г.С. Золотарёв, Л.Б. Розовский, Н.Е. Кондратьев, Б.А. Пышкин и др.). Основное внимание уделено верификации модели берегоформирующего действия цикла штормов с применением алгоритмов Кондратьева, наиболее полно учитывающей вклад ветрового волнения. С использованием указанных алгоритмов делаются оценки предельного отступления бровок коренного берега вглубь прибрежных территорий на

опорных участках (то есть, предварительное определение территориальных границ переформирования).

Раскрываются особенности развития абразионно-аккумулятивного профиля на участках многолетних исследований Волгоградского водохранилища, определяемые действием других факторов помимо ветрового волнения. Приоритетное внимание отводится геологическому строению и литологическому составу береговых склонов, рельефу склонов и инженерным особенностям их разрушения. Приводятся характеристики устойчивости береговых уступов к размывающему действию волн. Дается классификация пляжей водохранилища по исходному составу продуктов разрушения береговых уступов для последующего формирования абразионно-аккумулятивной отмели.

Особое внимание уделяется вкладу течений в зоне внешнего склона абразионно-аккумулятивных отмелей, нарушающему общую схему формирования берега и дополняющему работу ветровых волн. Характеристики течений сопоставляются с данными о составе и распределении наносов по профилю отмели.

Делаются выводы общего характера об особенностях процесса переформирования берегов в условиях Волгоградского водохранилища; о перспективах его развития и об изменении режимов ветра и ветрового волнения во времени как главного фактора развития процесса.

С.В. Фомин, В.А. Белов

Новочеркасская государственная мелиоративная академия

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА БЕСХОЗНЫХ ПРУДАХ

По данным бассейновых водных управлений (БВУ), в Российской Федерации на конец 2007 года насчитывалось 3328 бесхозных прудов и малых водохранилищ. Ранее они предназначались для аккумуляции воды с целью использования её для орошения, сельскохозяйственного водоснабжения и других нужд сельского хозяйства. Появление бесхозных гидротехнических сооружений связано с реформами, проводимыми в 90-е годы прошлого века в сельском хозяйстве. Пруды и малые водохранилища, находившиеся в собственности колхозов и совхозов, после их ликвидации утратили хозяйственное значение, потеряли собственников и оказались бесхозными. Проблема этих малых водоёмов состоит ещё в том, что земли, занятые водной акваторией прудов и малых водохранилищ, относятся к земельному фонду сельскохозяйственного назначения, а сооружения гидроузлов (плотины, водосбросные сооружения) не имеют собственника.

В связи с тем, что в ближайшее время нет возможности по восстановлению данных водных объектов, предлагается для пропуска половодья и паводка на бесхозных прудах следующие схемы:

1. На малом водоёме имеется водосбросное сооружение, которое находится в работоспособном состоянии или его можно привести к такому состоянию. В этом случае по ложу пруда к водосбросному сооружению устраивается подводящий канал.

2. На малом водоёме сохранился донный водоспуск. По нему можно сбрасывать воду. В данной ситуации отрывается котлован и в него помещается труба, которая одним концом присоединяется к входной части донного водоспуска, а другим – к подводящему каналу.

3. Водопропускные сооружения на малом водоёме отсутствуют или их нельзя восстановить. Для пропуска водного потока необходимо выполнить по ложу подводящий канал. В месте его пересечения с плотиной водный поток следует перевести в трубы, которые должны быть уложены на отметке дна подводящего канала. На низовом откосе вода перемещается по ж/б лотку из Г-образных блоков. Выход воды в нижнем бьефе рекомендуется осуществлять по лотку в виде раструба, ширина которого в конце должна быть равна устойчивой ширине русла.

4. В случае отсутствия водопропускного сооружения часто на практике наблюдается разрушенная земляная плотина и рядом размытая траншея, которая служила водосбросом. Для безаварийного пропуска водного потока и охраны природной среды требуется балку освободить от земляной насыпи посредством перемещения грунта в траншею. При отсыпке грунта следует придерживаться технологии по воздействию качественных насыпей. По окончании засыпки траншеи необходимо выполнить рекультивационные работы.

В процессе эксплуатации пруда происходят заиливание, занесение и зарастание его ложа. В результате образуются органоминеральные отложения, которые именуются как сапропель. В настоящее время накоплен отечественный и мировой опыт добычи сапропеля, но он касается только озёрного ила.

Учитывая современное состояние многочисленных прудов, которые утратили своё хозяйственное назначение, а также отсутствие опыта рекультивации ложа таких водных объектов предлагается ил не разрабатывать и вывозить, а использовать его на месте. Для чего рекомендуется следующая технология. Вначале в ложе выполняется, как было отмечено выше, подводящий канал и другие мероприятия по отводу водного потока. После этого делаются культуртехнические работы. Перед началом рыхления на основе лабораторного анализа устанавливается нормативная потребность верхнего слоя ложа в песке или навозе. При необходимости они вносятся на поверхность ложа, а затем производится рыхление почвы с помощью фрезы или тяжёлой дисковой бороны. На подготовленном участке высеваются семена многолетней травы или высаживаются деревья. Впоследствии это бывшее ложе может быть использовано под сенокос или быть парком для отдыха сельских жителей.

Оценкой проведённых работ будет являться ущербность, т.е. один из показателей экологизации.

Показатель ущербности предлагается вычислять по формуле

$$Y = \frac{H_c \cdot F \cdot K_z \cdot K_n}{(D + R_0) \cdot T},$$

где H_c – норматив стоимости земли вблизи малого водоёма, руб./га; F – площадь рекультивируемого ложа, га; K_z – коэффициент экологической значимости территории, для почвы Северо-Кавказского экономического района $K_z = 1,9$; K_n – коэффициент для особо охраняемых территории, $K_n = 1,5$ (земли рекреационного назначения) и $K_n = 1,0$ (прочие земли); D – планируемый годовой доход, получаемый от хозяйственного использования рекультивированного ложа, руб./га; T – планируемое время использования рекультивированного ложа под хозяйственные нужды, годы; R_0 – планируемый дополнительный годовой доход, получаемый от использования водного потока из неэксплуатируемого пруда, руб./год.

При планировании использования земли ложа после рекультивации для хозяйственных нужд необходимо стремиться, чтобы $Y < 1,0$.

Б.И. Фридман, А.Л. Варенов, И.А. Бахарева

*Нижегородский государственный педагогический университет
им. М. Горького*

ЭВОЛЮЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЗДНЕКАЙНОЗНОЙ ДОЛЕДНИКОВОЙ ПРА- ВОЛГИ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В Нижегородском Окско-Волжском левобережье пространство в полосе до 100 и более километров к северу от субширотного направления течения Оки и Волги от г. Горбатова на Оке до пос. Васильсурска на Волге занято Великой Волжской аккумулятивной аллювиальной низменной равниной (ВВАР). Эта территория является полем деятельности могучей реки Пра-Клязьма-Волги (Пра-Волги), протекавшей по линии Нерль-Клязьминская – Клязьма – Низовая Ока (ниже впадения Клязьмы) – Средняя Волга (ниже впадения Оки). Эта система рек в доледниковое время являлась главным направлением перетока вод из инверсирующей Московской синеклизы в Прикаспийскую через структуры Волжско-Камской антеклизы.

В истории формирования рельефа и накопления неогеновых и четвертичных аллювиальных отложений северной части Нижегородской области существенная роль отводится реке Пра-Волге. На протяжении всего неоген-антропогенного времени характер этой реки, её плановое и высотное положение, её гидрологический режим и эрозионная и транспортно-аккумулятивная способность существенно менялись. Благодаря прерывисто-непрерывному характеру латеральных смещений русла Пра-Волги вправо, происходило отеснение к югу уступа Приволжской возвышенно-

сти, а слева от современных русел сохранялся комплекс отложений, залегающих в разноуглублённых эрозионных врезках, образующих ступени ложа аллювия. Анализ этих отложений позволяет восстановить всю неоген-четвертичную историю Пра-Волги.

В соответствии со всем ходом полициклических колебательных изменений природного процесса происходили и колебания водности и скорости течения реки. Если весь комплекс аллювиальных отложений ВВАР представить как накопления аллювиального цикла первого порядка, то наибольшие расходы имели русла самых глубоких врезов (переуглублений) второго порядка. Река, формирующая эти врезы, в моменты наибольшего их углубления в каждом цикле формирования поверхности предельного эрозионного расчленения обладала и самыми высокими скоростями течения и наибольшей разрушающей и транспортирующей способностью, о чём свидетельствуют накопления самого грубозернистого аллювия у основания этих врезов (циклитов). Количество перекатов в это время было максимальным, о чём свидетельствует большое количество линз грубозернистого аллювия.

Реки времени максимальных врезов третьего порядка имели уже менее высокие скорости течения и водообильность, а четвёртого – ещё более низкие. Кроме того, значительно снижались амплитуды латеральных смещений русла, число перекатов (быстрин) с каждым порядком становилось меньшим. По мере заполнения врезов аллювием скорости течения значительно снижались, и самые низкие скорости были свойственны рекам концов эрозионно-аккумулятивных циклов второго порядка (завершающей стадии развития циклитов этого порядка), что отражалось в увеличении доли фаций пойменно-старичной группы.

Разный ход изменения водности и скоростей потока в пределах каждого циклита будет отражаться разным сочетанием фаций аллювия. Поэтому, определяя по данным механического анализа различия усреднённых гранулометрических параметров аллювиальных свит, мы можем установить отличительные особенности относительных величин средних расходов и скоростей течений для разных отрезков времени формирования каждого циклита, что позволяет не только выявлять отличительные особенности формирования каждой из выделенных свит, но и позволяет использовать эти данные для обоснования стратиграфического расчленения внешне однообразных отложений. С этой целью предпринята попытка сравнения основных гранулометрических параметров песков по ряду фаций (стречневой, русловой, пойменной и старичной) выделенных аллювиальных свит с помощью статистической обработки данных механического анализа. Производилась оценка значимости (надёжности) различных средних значений и дисперсий гранулометрических коэффициентов: модуля крупности, коэффициента сортировки, и среднего размера зёрен песка из отложений: семёновской, заевской свит эоплейстоцена, керженецкой и линдовской свит первой половины раннего неоплейстоцена, сормовской свиты (соликамских и венедских слоёв) второй половины раннего неоплейстоцена и нижне-

верхнекривичских слоёв дорогучанской свиты доднепровского среднего неоплейстоцена. Эта оценка проводилась с помощью компьютерной обработки и определения значений критериев Стьюдента и Фишера. В результате проверки гипотез о равенстве средних и дисперсий установлено существенное различие ($P > 0,6$) между гранулометрическими коэффициентами сравниваемых свит и их частей.

Согласно этим данным средняя скорость течения в руслах времени накопления каждой из свит не являлась постоянной, что и обеспечивало их литологические отличия и определило корреляционные признаки для каждой. При этом было установлено, что увеличение водности и скорости реки и углубление эрозионных врезов происходило по мере потепления и увеличения влажности климата, накопление базальных слоёв аллютерр в условиях осушения, а заполнение эрозионных врезов осадками по мере похолодания. Формирование поверхностей террас происходило в условиях холодного климата по мере увеличения влажности. О таком ходе гидрологических изменений можно судить по результатам палинологических исследований и по наблюдениям ледовых и морозных явлений в отложениях (псевдоморфоз по ледяным клиньям, криотурбаций и ледяных котлов).

С.В. Хруцкий, О.П. Семенов, Е.В. Куликова

Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки

ВЕРХНЕВАЛДАЙСКИЙ ЭТАП РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ И ОТРАЖЕНИЕ ЕГО В ЭРОЗИОННОМ РЕЛЬЕФЕ ЦЕНТРАЛЬНО- ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

В настоящее время имеются многочисленные данные о наличии в строении современного рельефа особенностей, выработанных процессами, получившими развитие в перигляциалах плейстоцена и сохранившимися до настоящего времени. При наступлении ледников в плейстоцене к югу от захваченной ими территории формировалась перигляциальная зона с развитием многолетней мерзлоты, солифлюкционных и делювиальных процессов, влияющих на строение рельефа. При этом делювиальные или солифлюкционные процессы имели преимущественное влияние на рельефообразование в зависимости от постепенного иссушения климата от начала к концу каждого перигляциала, от более древних перигляциалов к более поздним, а также от удаления территорий от ледника и от воздействия на климат западных ветров.

Рядом авторов отмечается резкое своеобразие природных условий верхневалдайского перигляциала. По данным А.А. Величко (1973), после молодого-шекснинского времени (по терминологии А.А. Величко – брянского межстадиала) природные условия отличались особенно холодным и засушливым климатом. Г.П. Бутаков (1986) отметил характерные особенности строения рельефа, выработанные в осташковский перигляциал: малую

мощность перигляциального аллювия террасы, сформированные в это время, небольшую мощность осадков верхней генерации солифлюкционно-делювиальных шлейфов и преобладание в этой генерации делювиальных отложений.

В Центрально-Чернозёмной зоне и в прилегающих к ней областях своеобразие строения эрозионного рельефа, выработанного в верхневалдайский перигляциал, также имеет климатические причины – климат был более холодным и сухим в сравнении с более древними перигляциалами. В таких условиях солифлюкция на склонах была значительно менее интенсивна, но возрастала роль делювиальных процессов.

В речных долинах с более крутыми теневыми склонами на пологом склоне хорошо выражены две верхневалдайские надпойменные террасы с верхней свитой, представленной песчаной толщей перигляциального аллювия, имеющего значительно меньшую мощность, чем свита перигляциального аллювия более высокой калининской террасы, в формировании которой солифлюкции принадлежала большая роль. При крутом теневом склоне местами прослеживаются одна или две террасы, но часто крутой склон обрывается непосредственно к речной пойме. Процесс одностороннего подмыва теневого склона получил интенсивное развитие в конце верхневалдайского перигляциала.

Иное строение имеют долины с более крутыми склонами солнечной экспозиции. Асимметричный их профиль был сформирован в московский и калининский перигляциалы в результате развития солифлюкционных процессов, выработавших пологий теневой склон, сложенный мощной толщей суглинков. В последующий верхневалдайский (осташковский) перигляциал в его более ранней стадии солифлюкционные процессы хотя и имели место, но были не столь интенсивны. Поэтому две террасы, прислонённые к теневым склонам, чётко выражены в рельефе. Аллювий их верхних свит представлен преимущественно суглинками.

Более крутой склон солнечной экспозиции в это время под влиянием усиления делювиальных процессов подвергся некоторому выполаживанию. В нижней его части развиты делювиальные образования – педименты, к которым прислонены одна или две неширокие надпойменные террасы.

Сходные черты строения имеют суходолы южной части Воронежской области. Их более высокий крутой склон сложен коренными породами, местами прикрытыми маломощными делювиальными суглинками, в нижней части склона – педимент. Противоположный теневой склон может иметь выпуклую форму и значительную крутизну в нижней части. Сложен он мощной толщей суглинков солифлюкционного генезиса, отложившихся, в основном, в более ранние перигляциалы, чем верхневалдайский. Такое строение поперечного профиля суходолов с преимущественным подмывом донными потоками теневого склона выработано в верхневалдайский перигляциал, в то время как более высокий склон сформирован ранее.

В условиях резко континентального климата на поздних этапах верхневалдайского перигляциала солифлюкционные процессы могли про-

исходить и на крутых хорошо прогреваемых склонах. Солифлюкционные отложения здесь маломощные, часто смяты в микроскладки. В их толщах имеются прослои ритмично-слоистых делювиальных отложений. Солифлюкционные процессы на склонах солнечной экспозиции в условиях резко континентального климата на севере Евразии описаны рядом авторов.

Специфические особенности морфогенеза, характерные для верховневалдайского перигляциала, прослеживаются и в верхних звеньях эрозийной сети более низкого порядка. Следует отметить узкие глубокие лощины с мультобразными днищами и выпуклыми бровками. В это же время сформировались циркообразные лощины, врезанные в крутые склоны долин и суходолов. По склонам этих лощин прослеживаются выходы суглинков делювиального генезиса. В верхних же выпуклых частях склонов, если они ориентированы на юг, встречаются солифлюкционные отложения незначительной мощности со смятием в микроскладки.

А.Г. Царегородцева

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Казахстан

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЗЁР СЕВЕРНОГО И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Озёра исследуемых регионов характеризуются выраженными сезонными и долгопериодическими колебаниями уровня воды, на современном этапе обнаруживают тенденцию к общему его понижению. Северный Казахстан – один из самых заозёрных (3,5%) регионов в республике, в пределах которого находится более 3,5 тысяч, большей частью, пресных озёр. Озёра Северо-восточного Казахстана представлены в основном солёными и грязелечебными водоёмами, за исключением группы Баянаульских озёр.

Исследование озёр исследуемых регионов, в настоящей работе, рассматривается на примере озёр Камышловского Лога (Улькенжарма), Мойылды и Баянаульских озёр (Жасыбай, Сабындыколь, Торайгыр, Биржанколь) за период 2005-2010 гг.

Камышловский Лог (Горькая линия) – широкое плоскодонное понижение шириной 5-15 км при глубине 10-20 м. Начинается он небольшой речкой Камысакты, стекающей с Кокшетауской возвышенности и впадающей в озеро Бол. Тарангул, от которого Камышловский лог прослеживается цепью озёр: Балыкты, Желанды, Бозарал, Жолдыузек, Улькенжарма, Питное, Половинное и др. вплоть до Иртыша на протяжении почти 500 км. Большинство озёрные котловины Северного Казахстана приурочены к древним долинам и впадинам. Озёра, в основном мелководные, некоторые пересыхают в летний сезон, имеют пресную, солоноватую или солёную воду. Среди озёрных котловин региона можно выделить группу, куда относятся небольшие котловины плоской поверхности Ишим-Иртышского водо-

раздела, лежащие вне Камышловского Лога, Ишим-Тобольского и Ишим-Убаганского водоразделов на участках, лишённых грядистого рельефа.

В ходе экспертной оценки проекта «Сохранение биоразнообразия озёрных экосистем Северного Казахстана» по Программе Малых Грантов ГЭФ ООН автором проведено обследование озера Улькенжарма расположенного в правобережной части долины р. Ишим. Главная цель проекта – улучшение гидроэкологического состояния озера, теряющего свои промысловые качества. В ходе исследования был предложен ряд мероприятий по стабилизации озера.

Из грязелечебных озёр было проведено исследование озера Мойылды, находящегося на территории Павлодарской области в 12-ти километрах к северо-востоку от черты города Павлодара. Озёрная котловина расположена в северной части водосбора и вытянута с З на В. Площадь водосбора – 63,0 км². По опросу, наиболее высокий уровень воды в озере наблюдался в 1946 г. и достигал отметки 1,0 м усл.; весенний подъем уровня в 1957 г. составил 0,45 м усл., ему соответствовал объем притока талых вод 250 тыс. м³. Средний уровень высоких вод за последние 25 лет имел отметку 0,65 м. Водоём имеет овальную форму при длине с запада на восток 1640 метров и максимальную ширину 840 м, площадь озера – 0,98 (1,09) км², глубина 1-2 м., средняя глубина 0,5 м. Объем воды в озере составляет 0,50 м³. Озеро заполняет бессточную впадину с пологими (кроме северного) слабоизрезанными заболоченными берегами, сливающимися без резко выраженной границы с окружающей местностью. Склоны котловины умеренно крутые на северо-западе или пологие на юго-востоке. Высота склонов от 6–8 м (южные) до 10-15 (северные). Для северных и северо-восточных склонов характерно развитие овражной сети. На южном берегу, в 15 м от уреза имеются выходы пресных грунтовых вод с дебитом 0,2 л/сек.

Наиболее крупными озёрными экосистемами, имеющими наибольшую эколого-рекреационную значимость, являются: Жасыбай, Сабындыколь, Торайгыр, Биржанколь. Общий объем перечисленных озёр составляет 75,7 км³. Преобладающая глубина озёр составляет: Жасыбай – 14 м (9-10 м), вода пресная, направление волн в основном с З на В, прозрачность от 30-40 см на В до 10-15 см на З, общая площадь водосбора – 45,7 км², площадь зеркала водной поверхности – 6,5 км². Водосборный бассейн озера расположен в горах, высотные отметки колеблются в пределах 500-1000 м. Глубина озера Сабындыколь – 9-9,5 м (6 м), вода пресная, направление волн в основном с З на ЮВ, прозрачность до 25-30 см; общая площадь водосбора – 95,9 км², площадь зеркала водной поверхности – 7,4 км². Бассейн озера расположен в горах, высотные отметки колеблются в пределах 500-1000 м. Глубина озера Торайгыр – 11 м (6 м), вода слабосоленая, направление волн в основном с З на В, прозрачность до 15-20 см, общая площадь водосбора – 24,4 км², площадь зеркала водной поверхности – 1,2 км². Водосборный бассейн озера расположен в горах, высотные отметки колеблются в пределах 500-1000 м. Глубина озера Биржанколь – 8 м (5-7 м), вода пресная, направление волн в основном с ЮЗ на СВ, прозрачность до 10-15 см, общая площадь

водосбора – 12,4 км², площадь зеркала водной поверхности – 0,675 км². Водосборный бассейн озера расположен в горах, высотные отметки колеблются в пределах 300-800 м.

Гидрологические исследования водоёмов показали, что уровень озёр по сравнению с прошлым годом снизился до 1,0 м, что вероятно связано с повышением средней температуры воздуха. Изменения расположения береговой линии отмечается и на аэрофотографиях, где отчётливо видно, что уровень воды в озере в летний период практически соответствует уровню воды в меженный период года, что ещё раз свидетельствует о значительной динамике озёрной системы. Антропогенное воздействие на экосистему водоёмов вызвало нарушение их гидрологических характеристик. Автором проведено геоэкологическое районирование с выделением природно-территориальных комплексов с разным уровнем экологической напряжённости.

С.Р. Чалов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

ВЛЕКОМЫЕ НАНОСЫ РЕК ВУЛКАНИЧЕСКИХ РАЙОНОВ: РОЛЬ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА*

Несмотря на многообразие работ, посвящённых методам измерения (Поляков, 1940; Быков, Васильев, 1972) и оценки стока влекомых наносов (Караушев, 1977; Bagnold, 1966; Yang, 1979), до настоящего времени в значительной мере слабо изученным процессом, в первую очередь с точки зрения натурального описания, остаётся перемещение донного материала в реках, сложенных галечным материалом. Помимо гидрологических особенностей речных потоков и размера частиц, которые обычно рассматриваются в качестве основных его факторов, значительную роль играет минералогический состав грунта, роль которого в транспорте влекомых наносов не исследовалась.

Специальные эксперименты проведены в период летней межени 2010 года в нижнем течении двух малых рек-аналогов восточного побережья полуострова Камчатка, берущих начало на склонах Семячинского вулкана и впадающих в Семячинский лиман Тихого океана – р. Бормотина и руч. Тёплый. В створах наблюдений площади водосборов составляют около 30 км², уклоны русла – около 0,5 м/км, ширины русла в бровках поймы – 5 м, средняя скорость течения – около 0,6 м/с. Течение спокойное, русло равнинное, меандрирующее. Реки, дренируя в верхнем течении разные ландшафтные формации, отличаются по минералогическому составу донных отложений: в р. Бормотина преобладают породы пирокластического (вулканогенно-обломочного) происхождения (пористые вулканические туфы и пемза), в руч. Тёплый – магматического эффузивного происхождения. В

* Выполнено по гранту РФФИ (проект № 09-05-00339 и № 09-05-00221) и гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-4088.2010.5).

результате русла рек в нижнем течении отличаются по плотности руслового материала в 2 раза (составляя для частиц диаметров 5-10 мм около 600 кг/м^3 в р. Бормотина и около 1100 кг/м^3 – в руч. Тёплый). Возможность оценки влекомых наносов плоскодонными округлыми ловушками, закапываемыми в дно русла параллельно течению потока по уровень входного отверстия, меняется для частиц разного диаметра (1-5мм; 5-10 мм; > 10 мм) в зависимости ($\tau=0.75$) от разности сил, сдвигающих частицу $F_{\text{нап}}$, и сил, сопротивляющихся её перемещению $F_{\text{тяж}}$, которые определяют минералогическим составом частиц:

$$K_y = 25,9 \cdot (F_{\text{нап}} - F_{\text{тяж}}) + 0,21 \quad (1)$$

Величина уловистости ловушек K_y оценивалась в долях осевшего в ловушку материала от всего поступившего на её верхний край, $F_{\text{нап}}$ – как сумма силы скоростного напора и составляющей веса частицы, направленной вдоль ската дна. $F_{\text{тяж}}$ определяются силой веса частицы с учётом тангенциальной составляющей силы тяжести. Диаметр входного отверстия в ловушках изменялся от 0,2 до 0,27 м, глубина – от 0,06 до 0,09 м.

Улавливание грунта за время установки ловушки Δt дает значение относительного расхода влекомых наносов g_i ($\text{кг/с}\cdot\text{м}$) в пределах данного сегмента русла шириной b_i . Расчёт суммарного расхода влекомых наносов G производится суммированием частных расходов для однородных сегментов поперечного профиля (т.е. где $h_i = \text{const}$, $v_i = \text{const}$): $G = \sum g_i b_i$. Проведённые экспериментальные исследования методом улавливания грунта плоскодонными округлыми ловушками, закапываемыми в дно русла по уровень входного отверстия, показали, что в р. Бормотина наибольший вклад в перемещение влекомых наносов вносят песчаные фракции ($d < 1 \text{ мм}$), составляя не менее 50% перемещаемого по дну материала. При этом существенна поперечная неоднородность транспорта наносов – в контрольном створе относительные расходы влекомых наносов изменялись от 0,01-0,1 $\text{кг/час}\cdot\text{м}$ в сегменте поперечного сечения, сложенного галечным материалом, до 0,05-0,7 $\text{кг/час}\cdot\text{м}$ в пределах сегмента, сложенного песчаной линзой. В руч. Тёплый расход влекомых наносов определяется гравийно-галечными фракциями ($d = 1-10 \text{ мм}$). В водотоках меняются и абсолютные значения транспорта влекомых наносов. В р. Бормотина измеренный расход влекомых наносов менялся от 0,2 до 0,8 кг/час при расходе воды $Q = 0,58 \text{ м}^3/\text{с}$, а в руч. Тёплый – от 0,25 до 1,05 кг/час при $Q = 0,49 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таким образом, в реках, дно которых сложено магматическими породами, наблюдается абсолютное и относительное увеличение транспорта галечных фракций во влекомой форме, в то время как в руслах сложенных лёгкими пористыми пирокластическими фракциями – песчаных фракций в форме локальных гряд (линз). Это объясняется эпизодическим взвешиванием пористых фракций вулканогенно-обломочного генезиса и тем самым переходом их в состав взвешенных наносов. Указанные закономерности должны учитываться как при обосновании экспериментального исследования влекомых наносов, так и при выводе аналитических уравнений оценки их расхода.

С.Г. Черный

Николаевский государственный аграрный университет, Украина

ЭРОЗИОННАЯ ПРОБЛЕМАТИКА В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ УКРАИНЫ

В рамках Государственной программы стандартизации, которая реализуется в Украине с 2006 года специалистами Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского», была разработана Концепция системы стандартизации в сфере землепользования и охраны почв, в которой выделены приоритеты в создании Государственных стандартов в области эрозии почв.

При реализации этой программы и концепции под руководством автора, в 2009 году была закончена разработка, а в 2010 году введено в обязательное использование два Государственных стандарта. Первый определяет основные термины в области водной эрозии почв (ДСТУ. 7118:2009. Якість ґрунту, ерозія ґрунту. Терміни та визначення основних понять – Київ: Держспоживстандарт України. – 2010). Второй - допустимые нормы эрозии (ДСТУ 7081:2009. Ерозія ґрунту. Допустимі норми. – Київ: Держспоживстандарт України. – 2010).

Главной целью разработки Государственного стандарта по определению эрозионной терминологии было создание упорядоченной украинскоязычной научно-технической терминологии для облегчения восприятия и понимания текстов в сфере землепользования и охраны почв, что, в свою очередь, должно способствовать созданию унифицированной документации и литературы. Всего было стандартизировано 58 термина, которые разделены на четыре группы – общие понятия о водной эрозии почв, результаты эрозии, процесс и факторы эрозии, изучение эрозии. Были даны однозначные определения этим терминам и найдены полные эквиваленты в английском, немецком и русском языках.

Создание Государственного стандарта, который определяет допустимые нормы эрозии, было обусловлено необходимостью получения этого показателя для основных типов и подтипов почв Украины с учётом степени их эродированности, экспозиции склона, уровня технологических нагрузок и т.п. Принципиальным моментом было определение допустимых норм эрозии с учётом фактических скоростей почвообразования в современных производственных условиях.

Допустимая норма эрозии была стандартизирована как на региональном уровне (на уровне подтипа почвы) лишь с учётом степени эродированности почвы, так и на локальном, когда учитывалась экспозиция склона, структура севооборота, уровень агротехники возделываемых сельскохозяйственных культур. На локальном уровне были определены также допустимые нормы эрозии для основных орошаемых почв Украины. Диапазон значений допустимых норм эрозии для неорошаемых условий колеблется в диапазоне 0,1-1,6 т/га, орошаемых – 0,5-3,2 т/га в год.

В 2010 году под руководством автора закончена разработка следующих двух Государственных стандартов, посвящённых эрозионной проблематике, использование которых начнётся в 2011 году. А именно, «Качество почвы. Эрозия почвы. Оценка ежегодных эрозионных потерь» и «Качество почвы. Почвы эродированные. Требования к эксплуатации».

В основу стандарта по оценке ежегодных эрозионных потерь были положены разработанные Г.И. Швобсом математические модели эрозионных потерь почвы и затем модифицированные в 1990-е и 2000-е годы различными авторами.

Оценка ежегодных эрозионных потерь стандартизована через определение суммы эрозионных потерь почвы в период снеготаяния и в тёплый период года. В этом Государственном стандарте однозначно определена система входных показателей составляющих математические модели эрозии – параметры противоэрозионной стойкости почв, гидрометеорологических факторов эрозии, функции растительности и параметров рельефной функции.

Государственные стандарты, которые определяют ежегодные эрозионные потери и допустимые нормы эрозии, позволяют перейти от экспертных оценок эрозионной опасности к количественным, научно обоснованным, что позитивно отразится на внедрении систем почвозащитных мероприятий, рациональном использовании земельных ресурсов и приведёт к повышению продуктивности земледелия Украины и охраны окружающей среды.

Что касается стандарта «Качество почвы. Почвы эродированные. Требования к эксплуатации», то в нем декларируется цель использования эродированных почв - уменьшение интенсивности эрозионных процессов до допустимых норм, стабилизация плодородия эродированных почв, в частности, предотвращение перехода слабо эродированных почв в средне эродированные, а средне эродированные в сильно, а также рост производительности агроландшафтов и улучшение состояния водоемов.

Определены технологии стабилизации эрозионных процессов, включающие почвозащитные севообороты, полосное размещение сельскохозяйственных культур, буферные полосы, внедрение почвозащитных технологий обработки почвы и технологий, связанных с увеличением водопроницаемости почв. Стандартизированы противоэрозионные лесные полосы и противоэрозионные гидротехнические сооружения.

Кроме этого, в Государственном стандарте «Качество почвы. Почвы эродированные. Требования к эксплуатации» рассмотрено восстановление плодородия этих почв, которое связано с рациональной структурой посевных площадей и севооборотов, внесением органических и минеральных удобрений и реплантацией почв.

А.Ф. Черныш¹, А.Н. Червань²

¹Белгосуниверситет (г. Минск)

²Институт почвоведения и агрохимии (г. Минск)

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ В АГРОЛАНДШАФТАХ

Главным показателем, отражающим возможность возникновения и развития процессов водной эрозии в агроландшафтах является количественная оценка потенциального смыва почвы.

Значение потенциального смыва почвы (A) определяется суммой смыва, обусловленного ливневыми осадками (A_1) и смыва под действием талых вод (A_2), и описывается адаптированным к условиям Беларуси универсальным уравнением В.Х. Уишмейра и Д.Д. Смита:

$$A = A_1 + A_2 = R \cdot K \cdot L \cdot S + K \cdot h \cdot L \cdot S \quad (1)$$

где A_1 – смыв почвы ливневыми осадками, т/га в год; A_2 – смыв почвы талыми водами; R – фактор осадков, выраженный через эрозионный индекс осадков; K – фактор почвы, выраженный через коэффициент противозерозионной стойкости почвы; L – фактор длины склона, м; S – фактор уклона, °; h – слой склонового стока за период снеготаяния, мм.

Автоматизированный геоинформационный анализ в ГИС предполагает цифровой вид представления исходной информации, поэтому весь картографический материал и описание к нему конвертированы в классы пространственных данных (КПД) и объединены в единую базу геоданных в формате ArcInfo. Часть векторных данных переведена в растровый формат хранения информации для возможности применения функций картографической алгебры, а именно сложения и произведения регулярной сети ячеек растров – гридов. В качестве репрезентативного эрозионного агроландшафта взята территория УП «Агрокомбинат Ждановичи» в Дзержинском районе Минской области Республики Беларусь, отличающаяся доминированием склоновых земель с резкими перепадами относительных высот.

Построение цифровой модели рельефа осуществлено при помощи инструмента «spline» программных модулей ArcGIS 3DAnalyst и SpatialAnalyst на основе предварительно оцифрованных горизонталей, поворотные точки которых переведены в отметки абсолютных высот с исключением линий разрывов (обрывы, овраги) и областей исключения (озёра, водохранилища).

Для обеспечения требуемой точности модели рельефа и корректного использования функций картографической алгебры размер ячеек всех создаваемых растровых поверхностей выбран единым (равным 6 м^2 в масштабе карты).

По данным многолетних метеорологических наблюдений в Институте почвоведения и агрохимии созданы КПД запасов воды в снеге (наблюдения за март) – «zapas_vod», и эрозионного индекса дождевых осадков (наблюдения за май-сентябрь) – «eros_index», дополнительно переведённые в одноименные гриды при помощи панели инструментов ArcGIS Conversion. Грид уклона поверхности «uklon» в десятичных градусах получен аналогично цифровой модели рельефа агроландшафта.

Проводимые в настоящее время в республике работы по созданию цифровых почвенных карт позволили автоматически создать исходный КПД фактора противозэрозионной стойкости почв агроландшафта на основе информации о гранулометрическом составе, конвертированный в грид «soil_gransostav». Данные поля атрибутивной таблицы «gumus» КПД «agrohimia» легли в основу построения грида «soil_gumus». Произведение значений соответствующих ячеек гридов определило коэффициент противозэрозионной способности почв агроландшафта. Коэффициенты склонового стока на зяби за период снеготаяния, полученные по таблице В.Е. Водогрецкого, также введены в атрибутивные таблицы КПД базы геоданных.

Все созданные растровые поверхности при помощи функции базы геоданных «reclassification» переклассифицированы в гриды с заданным количеством классов данных. Для расчёта суммарного потенциального смыва по формуле (1) применён инструмент «калькулятор растров».

Следует отметить, что расчёт совокупности факторов рельефа ($L \cdot S$), входящей в уравнение потенциального смыва, обусловленного ливневыми осадками, учитывает не длину каждого склона в цифровой модели рельефа, а площадь, аккумулирующую поверхностный сток. Для всей территории агроландшафта вначале построен грид направления стока «flowdir» с выбором функции направления стока из крайних ячеек внутрь, затем на его основе создан грид «flowacc». При этом длина модельной поверхности стандартных участков принята равной 22,1 метра, а наклон поверхности этих участков – $5,16^\circ$. С использованием калькулятора растров в базе данных рассчитываются значения потенциального смыва почвы ливневыми осадками ($A1$) и потенциального смыва почвы талыми водами ($A2$) для каждой ячейки итогового грида с его последующей переклассификацией по значениям 0-1, 1-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, более 20 т/га в год. Результаты геоинформационной оценки степени проявления водной эрозии в выбранном агроландшафте легли в основу агротехнологической группировки обрабатываемых земель с выбором севооборотов, систем удобрения и обработки почв в соответствии с нормативами их противозэрозионной способности.

Подобная дифференциация земель в агроландшафтах обосновывает выбор, объем необходимых противозэрозионных мероприятий и установление нормированной нагрузки на почвенный покров в зависимости от степени эрозионной опасности.

Е.Н. Шамшурина, Н.Н. Иванова

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова

**ДИНАМИКА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЙМЫ р.
ПЛАВЫ (ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ) В ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ
ПЕРИОД ***

Пойменные ландшафты являются преимущественно аккумулятивными, характерная их черта – преобладание процессов привноса любых веществ (в данном случае техногенного радионуклида ^{137}Cs) над выносом и, следовательно, накопление (аккумуляция) в пойменной экосистеме. Поймы малых рек часто используются в качестве сельскохозяйственных угодий (сенокос, выпас скота, огородничество), поэтому исследования динамики и возможности изменения плотности загрязнения почв цезием на подобной территории необходимы для предотвращения попадания радионуклида по трофическим цепям в рацион человека.

В качестве объекта исследований был выбран бассейн реки Плавы, который располагается в Тульской области в пределах наиболее возвышенной северо-западной части Среднерусской возвышенности. В результате аварии на Чернобыльской АЭС часть бассейна была загрязнена радионуклидами, в том числе цезием-137 с периодом полураспада около 30 лет. Характер выпадения ^{137}Cs в апреле-мае 1986 г. определил неоднородность распределения загрязнения по всей площади бассейна. Ареалы с различной плотностью загрязнения имеют вид полос, вытянутых в субширотном направлении, и Плава пересекает в своём течении участки с различным уровнем загрязнения: от 0,5-1 Ки/км² в верховьях до 5-15 Ки/км² в средней, самой широкой части бассейна.

Плава является типичной равнинной малой рекой с площадью водосбора около 2000 км². Наносы в её долину поступают в результате размыва берегов и русла, переноса материала вдоль по течению реки и латерального поступления со склонов долины и из притоков. Бассейновая часть стока наносов формируется за счёт смыва с пахотных земель и выбитых участков пастбищ, размыва линейных эрозионных форм и грунтовых дорог, а также наносов, формирующихся за счёт развития эрозионных процессов на селитебных территориях.

Вдоль по долине Плавы с учётом неоднородности исходного поля загрязнения, структуры эрозионной сети в различных частях бассейна и морфологии пойменно-террасовых комплексов были выбраны 4 ключевых участка (вблизи населённых пунктов Стрешнево, Ляпуновка, Плавск и Юрьево), достаточно полно отражающих изменение перечисленных факторов от верховьев до устья.

Для участка «Стрешнево» наиболее интенсивная трансформация исходного поля загрязнения наблюдается на низкой пойме. Запас радионук-

* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ-НЦНИ № 09-05-91057.

лида здесь увеличился за счёт происходящей вторичной аккумуляции ^{137}Cs , а концентрация в поверхностных слоях уменьшилась почти на порядок вследствие накопления все менее активного материала. При этом размыв отложений, соответствующих времени чернобыльской аварии, видимо, минимальный, что подтверждается близостью удельной активности ^{137}Cs на этот момент для низкой и высокой поймы. Удельная активность ^{137}Cs в почве на поверхности задернованной средней и высокой поймы, где находятся сенокосные угодья, остаётся достаточно высокой, вдвое превышая этот показатель для поверхности пашни, расположенной вблизи участка обследования. На участке «Ляпуновка» наиболее активная трансформация исходного поля загрязнения происходит на поверхности средней и низкой поймы, при этом средняя пойма характеризуется преимущественным накоплением радиоцезия, тогда как на самом низком пойменном уровне происходит как аккумуляция, так и размыв загрязнённых отложений. На участке «Плавск» низкая пойма остаётся наиболее динамичной поверхностью с радиоэкологической точки зрения, здесь в постчернобыльский период происходила как миграция (за счёт размыва берегов), так и аккумуляция радиоцезия. На участке «Юрьево» наиболее активная трансформация исходного загрязнения происходит на уровне низкой поймы, где наблюдается значимый прирост запаса радионуклида. При этом в поверхностных слоях отмечено уменьшение удельной активности ^{137}Cs в ~5 раз, то есть происходит захоронение наиболее загрязнённых чернобыльских отложений.

Проведённые исследования показали, что наиболее интенсивные изменения запаса ^{137}Cs в почве в результате размыва берегов и отложения пойменного наилка происходили в постчернобыльский период на низкой пойме. Для всех ключевых площадок здесь отмечено как увеличение общего запаса радионуклида, так и постепенное снижение его концентрации к поверхности за счёт аккумуляции менее загрязнённого материала. Остальные уровни поймы подвержены трансформациям в меньшей степени, здесь основную роль в изменении плотности загрязнения почв цезием играет радиоактивный распад элемента. Загрязнённые радиоцезием наносы с распаханых склонов водосбора Плавы в период 1986-2009 в массе своей не достигали долины основной реки, их переотложение происходило в более высоких звеньях эрозионной сети.

М.В. Шмакова

Государственный гидрологический институт

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА РАСХОДА НАНОСОВ

В настоящее время существует множество формул для расчёта расхода наносов. Выполненные расчёты по формулам расходов наносов показали, что расхождение между наблюдаемыми и рассчитанными расходами наносов может составить тысячи процентов. Большая погрешность расчётов существующих формул объясняется не только недостаточной точностью

измеренных расходов наносов, но также и отсутствием физически обоснованной концепции транспорта наносов.

подавляющее большинство формул основано на степенной зависимости расхода наносов от скорости потока, расхода воды, подъёмной силы потока и т.д. Косвенно в гидравлических характеристиках потока заложена информация о силах сопротивления дна потоку, но в явном виде в формулах сопротивление дна потоку нигде не прописано, тогда как зависимость расхода наносов от гидравлических сопротивлений очевидна.

М.В. Шмаковой и А.Н. Кондратьевым был предложен принципиально новый подход к оценке движения воды и наносов на основе баланса сил, действующих в системе «русловой поток – наносы – донные отложения». Единый подход к рассмотрению основных сил, действующих в системе, позволил получить формулу расхода наносов.

В основе математической модели движения воды и твёрдого вещества (модель ДВТВ) лежит учёт сил, действующих на водный поток, донные отложения и наносы. Для условий равномерного установившегося движения после некоторых преобразований получено, что расход наносов, то есть масса движущегося твёрдого вещества, заключённого между двумя расчётными створами, равен:

$$R = N_{act} m_{\text{ч}} v_{\text{ч}} = v_{\text{ч}} [cB/g - (1-f)mI - NIm_{\text{ч}}] \quad (1)$$

где R – расход наносов, то есть масса твёрдого вещества, проходящая через поперечное сечение потока за единицу времени; B – ширина потока; $m_{\text{ч}}$ и $v_{\text{ч}}$ – масса и скорость движения частицы; m – масса потока воды в поперечном сечении на единицу длины; I – уклон дна; N_{act} и N – количество движущихся и неподвижных частиц, заключённых в поперечном сечении на единицу длины; f – коэффициент внутреннего трения, б/р; c – сцепление частиц грунта при сдвиге, кг/(м·с²) (для несвязного грунта $c=0$); g – ускорение свободного падения, м/с².

Таким образом, после сокращений и преобразований в формуле осталось две основные группы членов

- гравитационная;
- сопротивление грунта сдвигу или сила трения.

Полученная формула (1) является аналитической. Расход наносов является общим, в него включены и взвешенные и влекомые наносы. Из этого уравнения следует, что расход наносов R зависит от физико-механических свойств грунта (сцепление грунта при сдвиге и коэффициента внутреннего трения) и от сдвигающей проекции силы тяжести водного потока и неподвижных частиц.

Необходимо заметить, что в формуле (1) рассчитывается масса твёрдого вещества в воде, и эту массу надо привести к истинной массе твёрдого вещества $R' = R (1 + \rho_{\text{грунта}} / (\rho_{\text{воды}} - \rho_{\text{грунта}}))$.

На основании данных наблюдений за гидравликой потока и расходами взвешенных и влекомых наносов на водотоках различной величины (диапазон площадей водосборов 387-54700 км²), уклонов (диапазон уклонов 0.11-4.7‰) и географической принадлежности были проведены расчеты

расходов наносов. Для сравнения рассчитанных и наблюдаемых расходов наносов в качестве наблюдаемой величины использовалась сумма влекомых и взвешенных наносов. В среднем относительное отклонение рассчитанных и наблюдаемых расходов наносов составило около 75%. На результате, несомненно, отразилась неточность измерения расходов наносов. Доля случаев отклонения рассчитанных расходов наносов от наблюдаемых более 100% составила около 24%.

Лю Шугуан¹, Р.С. Чалов², Чжао Еань³

Тонкинский университет, г. Шанхай, Китай¹; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова²; Научно-исследовательский институт р. Хуанхэ, Чжэньчжоу, Китай³

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕК ЯНЦЫ И ХУАНХЭ ПОСЛЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГИДРОУЗЛОВ *

Крупное гидротехническое строительство на великих китайских реках вносит существенные изменения в русловые процессы (главным образом, направленность и темпы вертикальных русловых деформаций). На Хуанхэ в среднем течении построен каскад гидроузлов, в нижнем течении (ниже слияния с р. Вэйхэ) – гидроузлы Сяоланди и Сяньмэнься. На Янцзы завершено создание крупнейшей в мире ГЭС «Три ущелья» (Санься) с водохранилищем общим объемом 39,7 км³ (при мёртвом объеме 17,5 км³). И если на Хуанхэ создание каскада близко к завершению, то на Янцзы выше ГЭС Санься уже строится или проектируются ещё несколько крупнейших гидроузлов.

Перекрытие р. Янцзы в створе ГЭС «Три ущелья» состоялось в декабре 1997 г.; с 2003 г. она находится уже в режиме эксплуатации. Водоохранилище перехватывает полностью сток взвешенных наносов, и в нижний бьеф сбрасывается лишь 20-50% стока взвешенных наносов. По расчётным данным проекта протяжённость участка общего размыва достигает 1123 км и за 80 лет после ввода в эксплуатацию объем размыва русла достигнет 3,42 км³. Величина глубинной эрозии и скорость ее распространения по длине реки зависит от геологического строения дна и берегов реки. На участке Ичан-Сунчикао (переход от горной реки к равнинной) при галечном составе аллювия величина эрозии сравнительно низкая, так как формируется отмостка. Например на гидрологическом посту Ичан d_{50} увеличилась от 0,17 мм 1 декабря 2001 г. до 12 мм 1 декабря 2007 г.; поэтому русло быстро стабилизируется. На участках с песчаным аллювием эрозия развивается интенсивно (до десятков сантиметров в год), распространяясь в течение десятилетий на большое расстояние (табл.).

* Выполнено по проекту РФФИ 09-05-00221 и гранту Президента РФ по поддержке ведущих научных школ НШ-3284.2010.5.

Таблица. Общий размыв русла р. Янцзы ниже ГЭС «Три ущелья»

Участки ниже плотины	Расстояние от плотины, км	Длина участка, км	Объём максимального размыва русла, км ³	Среднее понижение от- меток русла, м	Время эксплуатации, годы	Объём размыва русла 2002-2007 гг. по наблю- дениям, км ³
Ичан-Сунчикао	0-75,7	75,7	-0,073	1,00	10	-0,089
Сунчикао- Тайпинкао	75,7-136,6	60,9	-0,143	0,96	10	-0,117
Тайпинкао- Оуцикао	136,6-223	86,4	-0,384	3,42	30	-0,117
Оуцикао- Чэнлинки	223-393,4	170,4	-1,255	5,27	40	-0,211
Чэнлинки-Ухань	393,4-623,4	230	-1,090	2,50	50	-0,094
Ухань-Цзюцзян	623,4-874,4	251	-0,296	0,59	70	-0,129
Цзюцзян-Датунь	874,4-1123,4	249	-0,179	0,36	80	
Ичан-Чэнлинки	0-393,4	393,4	-1,855		40	-0,466
Ичан-Ухань	0-623,4	623,4	-2,945		50	-0,560
Ичан-Датунь	0-1123,4	1123,4	-3,420		80	

По данным наблюдений за 2002-2007 гг. общий размыв русла в нижнем бьефе достиг 874,4 км за 5 лет с общим объёмом размыва русла 0,689 км³.

Учитывая строительство ряда крупнейших ГЭС, выше ГЭС «Три ущелья», задерживающего большую часть стока наносов, поступающих в водохранилище, и уменьшение стока наносов за счёт противоэрозионных мероприятий в бассейне, срок врезания русла в нижнем бьефе ГЭС «Три ущелья» будет очень продолжительным и объём размыва русла очень большим.

На р. Хуанхэ врезание русла связано, в основном, с вводом в эксплуатацию ГЭС Сяоланди, водохранилище которой полностью прервало сток влекомых наносов. Если в 1997 г. строительство этого гидроузла только началось, то в 2007 г. он уже функционировал. Ниже по течению произошло врезание русла и посадка уровня более чем на 1,5 м, вследствие чего на большом расстоянии от плотины прекращены работы по систематическому наращиванию противопаводковых дамб.

Таким образом, помимо выработки электроэнергии ГЭС на великих китайских реках снижают (или ликвидируют) угрозу наводнений из-за перехвата стока наносов и врезания рек, сменяющие направленную аккумуляцию наносов. Сокращаются также темпы горизонтальных русловых деформаций (размывов/намывов берегов).

ДОКЛАДЫ

А.Л. Варенов ¹ , А.С. Завадский ² , А.М. Тарбеева ² (¹ Нижегородский государственный педагогический университет им. М. Горького, ² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) Условия формирования русел малых рек Приволжской возвышенности (на примере бассейна реки Кудьмы)	4
Н.П. Канатьева ¹ , Н.Г. Добровольская ² , С.Ф. Краснов ² , Л.Ф. Литвин ² , Л.С. Савитенко ¹ (¹ Арзамасский государственный педагогический институт имени А.П. Гайдара, ² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) Факторы эрозии почв Нижегородского Правобережья в пореформенный период	12
М.В. Веретенникова, Т.С. Дайковская, С.Н. Ковалев (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) Влияние рельефа на развитие инфраструктуры г. Москвы	17
Г.Г. Наумов (Московский автомобильно-дорожный институт) К столетию профессора О.В. Андреева	24
С.И. Федорова ¹ , О.Г. Водопьянова ² , Е.Н. Охрименко ² (¹ Кубанский государственный технологический университет, ² ООО «ГеоАрхСтройПроект») Аллювиальные отложения дельтовой кубанской равнины	30
Б.И. Фридман (Нижегородский государственный педагогический университет им. М. Горького) Палеопотамология, гидрографическая картина и гидрологический режим рек Нижегородской области и их тектоническая предопределённость	36
А.В.Чернов, О.В. Кораблева (Московский педагогический государственный университет) Динамика пойменно-русловых комплексов рек Нижегородского Заволжья (на примере р. Керженец)	44

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Ажигиров А.А.	50	Ефремов Ю.В.	105
Айбулатов Д.Н.	52	Завадский А.С.	106, 109
Андрианов Ю.А.	53	Занозин В.В.	82, 111
Андронаке И.К.	56	Злотина Л.В.	71
Антроповский В.И.	58	Иванов В.В.	113
Асеева Е.Н.	60, 67	Иванова Н.Н.	222
Бабиньский З.	62	Илларионов А.Г.	115
Барышников Г.Я.	200	Ильин В.Н.	116
Барышников Н.Б.	64, 66	Ильичева А.В.	204
Бахарева И.А.	210	Казаков А.В.	155
Белов В.А.	208	Калюжный В.К.	118
Беляев В.Р.	60, 67, 192	Карабаева А.З.	121
Беляков А.А.	69	Каткова Е.Г.	123
Беркович К.М.	71	Кирвель И.И.	125
Бондарев В.П.	74	Кирик О.М.	127
Борзенков А.А.	94	Кирсанов А.А.	129
Ботавин Д.В.	77	Кирюхина З.П.	131
Брылев В.А.	78	Кичигин А.Н.	132
Будник С.В.	80	Ковалев С.Н.	133
Бузякова И.В.	82	Ковальчук И.П.	134
Бурцев К.С.	64	Козина О.В.	135
Варенов А.Л.	210	Кондратьев А.Н.	137
Веретенникова М.В.	84	Кораблева О.В.	139
Виноградова Н.Н.	85	Коркин С.Е.	141
Виноградова О.В.	85	Коротаев В.Н.	142
Волина Е.Ю.	155	Косицкий А.Г.	144
Волкова Н.А.	50	Крутских О.И.	198
Вольфграм Б.	192	Крыленко И.В.	203
Гайфутдинова Т.В.	87, 89	Кудров В.Ф.	146
Гареев А.М.	90	Кукшинов М.С.	125
Глейзер И.В.	92	Куликова Е.В.	212
Голосов В.Н.	60, 67, 192	Кумани М.В.	94, 147
Гонеев И.А.	94	Куржанова А.А.	149
Горбачева Е.Н.	95	Лапшенков С.И.	163
Гребенников Г.Г.	58	Ларченко О.В.	165
Григорьев И.И.	97	Лисецкий Ф.Н.	151
Двинских С.А.	165	Литвин Л.Ф.	131
Дедова И.С.	196	Максимов С.С.	152, 155
Денисов Д.	100	Маркелов М.В.	60, 67, 192
Дербенцева А.М.	101, 103	Мельникова А.П.	159
Добровольская Н.Г.	131	Мозжерин В.В.	161
Еань Чжао	225	Момцемлидзе Ш.А.	178
Егоров И.Е.	92	Мордвинцев М.М.	163, 164

Морозова Г.В.	165	Фридман Б.И.	210
Мурадов Ш.О.	167	Хруцкий С.В.	212
Н.П. Матвеев	157	Царегородцева А.Г.	214
Назаркина А.В.	103	Чалов Р.С.	225
Назаров Н.Н.	169	Чалов С.Р.	216
Наумов Г.Г.	171	Червань А.Н.	220
Недосеко О.И.	174	Черепанова Е.С.	169
Никольская И.И.	176	Чернов А.В.	109
Никонорова И.В.	116, 146, 182	Черновалова А.В.	103
Носелидзе Д.В.	178	Черный С.Г.	151, 218
Ободовский А.Г.	179	Черныш А.Ф.	95, 220
Павловская Т.С.	134	Шалькевич Ф.Е.	95
Персикова Л.В.	164	Шамшурина Е.Н.	222
Петелько А.И.	180	Шарифуллин А.Г.	161
Петрик М.М.	60	Шаутидзе О.Д.	178
Петров Н.Ф.	182	Шмакова М.В.	223
Петухова Л.Н.	188	Шугуан Лю	225
Подлипалина С.С.	198		
Подшивалина В.Н.	155		
Поляков М.М.	132		
Поташко Е.А.	64		
Поташко Е.А.	66		
Прохорова С.Д.	176		
Пряхин С.И.	184		
Рулева. С.Н.	186		
Рысин И.И.	97, 188		
Савотченко Л.С.	190		
Сафаров Х.Н.	192		
Сафонова О.В.	194		
Светличный А.А.	151		
Селезнева А.В.	196		
Семенов В.А.	198		
Семенов О.П.	212		
Семенова И.В.	198		
Семочкина С.С.	200		
Скоморохова Е.М.	66		
Слипецкий А.Н.	147		
Смирнова В.Г.	201		
Субботина Е.С.	64		
Сурков В.В.	203		
Тарбеева А.М.	203		
Угренинов Г.Н.	204		
Федосеева Н.С.	205		
Филиппов О.В.	207		
Фомин С.В.	108		