

9. Афанасьев А. П. Минералогия доледниковой коры выветривания Кольского полуострова и приуроченных к ней месторождений вермикулита. Л.: Наука, 1966. 172 с.
10. Граев М. К. Рельеф области развития доледниковой коры выветривания к югу от Хибин и признаки древнего карста//Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. Апатиты, 1960. Вып. 1. С. 160—171.

ПГО «Севзапгеология»

Поступила в редакцию  
12.XI.1990 г.

## ANCIENT KARST OF THE KARELIA-KOLA REGION

I. I. KISELEV

### Summary

The paper summarizes rather scarce data on ancient karst of the Karelia-Kola folded region. Two morphological types of karst are described here: swallow holes and linear cavities. Karst landforms began to develop during the Mesozoic-Paleogene epoch of crust formation, when tectonic and climatic conditions were favourable for active dissolution of carbonates. The cavities were infilled mainly during periods of tectonic reactivation (Oligocene, Pliocene, Late Pleistocene). The ancient karst is an important geomorphic pre-requisite of placers' formation.

УДК 551.435. 11(470.12)

А. Н. КИЧИГИН

## ПРИЧИНЫ ДЕГРАДАЦИИ РУСЕЛ МАЛЫХ РЕК ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Одно из наиболее заметных проявлений так называемой проблемы малых рек — заиление русел и отмирание их верховьев. Эти явления, которые мы называем деградацией, не порождение эпохи научно-технического прогресса, как, например, химическое, биологическое и другие виды массовых загрязнений речных вод. Как известно, даже сама постановка вопроса об обмелении рек России относится к середине XIX в. [1].

Существенный вклад в изучение процессов деградации русел малых рек внес Н. И. Маккавеев [2]. В последние десятилетия процессы обмеления, заиления русел малых рек, отмирания их истоков наблюдают и в среднетаежных моренных ландшафтах севера Европейской части СССР. Здесь в освоенных в сельскохозяйственном отношении районах обмеление рек воспринимается местным населением еще более резко отрицательно в связи с практически полным исчезновением на малых реках прудов, малых ГЭС и мельниц. Водность и состояние русел малых рек в значительно большей степени, чем у средних и крупных рек, контролируются ландшафтной обстановкой и ее изменениями на водосборах, и эта степень воздействия тем выше, чем меньше площадь бассейна. Поэтому проблема малых рек затрагивает водосборы не в меньшей степени, чем русла. Справедливо предположить, что причины обмеления рек настолько разнообразны, насколько разнообразна природная географическая обстановка и виды воздействия на нее, в том числе и техногенного. Однако при всем многообразии природных ситуаций случаев естественного «углубления» малых рек пока не отмечается.

Со времен В. В. Докучаева различалось «истинное» обмеление рек, выражающееся в уменьшении их водности по всей длине, и обмеление на отдельном участке, зависящее от изменения русла. В свете современных представлений об эрозионно-аккумулятивных процессах это разделение носит условный характер, но в методическом плане представляется удачным. Снизить водность рек на всем их протяжении могли бы ощутимые изменения водного баланса крупных

территорий. Согласно исследованиям Г. П. Калинина [3], коэффициент вариации годового стока крупных рек Северного полушария составляет 0,05, а наибольшие отклонения от нормы стока не превышают 10%. Это свидетельствует о достаточно большой устойчивости стока. Сведений о существенном внутригодовом перераспределении речного стока незарегулированных рек Вологодской области не имеется. Участки с измененным микроклиматом локализованы в узких полосах у крупных водохранилищ [4]. Таким образом, если обмеление малых рек и связано с уменьшением их водности, то причины этого — в изменении характера редуцирования стока водосборными бассейнами.

Какие же заметные перемены на водосборах происходили в последние десятилетия, в тот период, когда современное обмеление малых рек наиболее активизировалось, и как эти перемены могли повлиять на изменения стока? Известно, что увеличение распаханности территории, глубины вспашки, применение зяблевой вспашки, осушительные мелиорации способствуют увеличению инфильтрации дождевых и талых вод [5]. Имеющиеся статистические данные свидетельствуют о том, что в целом по Вологодской области распаханность составляет 5%; в 1941 г. она была в 1,5 раза больше. По отдельным участкам распаханность менялась более существенно: от создания пашни за счет полного сведения леса до залесения водосборов целиком [6]. Резкие изменения претерпела техника обработки почв. До начала XX в. на большинстве обрабатываемых земель сохранялась подсечная система земледелия: сев шел прямо по выжженной почве, на которой «столько угля, моху, хворосту и пеплу, сколько потребно к покрытию семян» [7]. С применением сохи даже при неоднократном перепахивании глубина рыхления почвы не превышала 10—12 см и водорегулирующее значение вспашки было невелико. Несколько увеличилась глубина обработки почвы при использовании конных плугов (они преобладали до 1950-х годов). Более существенное влияние пашни на сток стало ощущаться с начала применения тракторных плугов и зяблевой вспашки. Годовой сток с водосборов логов и склонов долин малых рек, распаханых на 65—75%, в зависимости от местных условий может снижаться на 10—20% [5]. Что касается максимальных расходов, то имеющиеся данные свидетельствуют о том, что их снижение лежит в пределах точности определения гидрологических параметров и в значительной мере также зависит от местных условий [8]. Максимальные дождевые паводки могут уменьшаться на 20—30% в связи с повышением инфильтрационной способности почвы после ее обработки. Но при распашке вдоль склонов и при других нарушениях агротехники дождевой сток может быть даже выше, чем с участков, покрытых травой. В хорошо увлажняемых районах при избытке почвенной влаги увеличение расхода воды на производство растительной массы слабо влияет на поверхностный сток [8], но в засушливые годы может оказаться заметным.

Влияние осушительных мелиораций пахотных земель на сток заключается в переводе поверхностного стока в почвенный. Для суглинистых почв исследованиями А. В. Белого [9] установлено, что снижение поверхностной составляющей (около 40%) соответствует максимальному увеличению паводочного дренажного стока; значительного увеличения суммарного стока паводков не обнаруживается. Осушение болот в зонах с избыточным увлажнением приводит к некоторому повышению пиков половодья и дождевых паводков [10]. В целом изменение нормы стока рек с грунтовым питанием для таких районов под влиянием осушительных мелиораций не выходит за пределы точности расчетов стока (3—5%).

Интенсивное антропогенное воздействие испытывают залесенные площади Вологодской области. Водорегулирующая роль леса неоднозначна. Для условий южной тайги (Валдайская стоковая станция), по данным С. Ф. Федорова [11], при вырубке на водосборе 50% и более лесов заметно уменьшается величина суммарного испарения, полностью исключается задержание осадков кронами деревьев. Вследствие этого повышается уровень грунтовых вод, увеличиваются запасы воды в почве и ухудшается ее инфильтрационная способность, существенно

увеличивается поверхностный сток. При последующем лесовозобновлении водорегулирующее значение леса восстанавливается не ранее чем через 20 лет [12]. Ежегодная площадь вырубаемых лесов составляет около 1 тыс. км<sup>2</sup> [13]; таким образом, при существенных масштабах вырубок водорегулирующее значение утратили около 20% вологодских лесов. Что касается влияния леса на внутригодовое распределение стока, то объем стока половодья в залесенных малых бассейнах с неглубоким эрозионным врезом ниже, чем в аналогичных безлесных; в сплошь залесенных бассейнах он в 2—3 раза меньше [11]. В более крупных бассейнах, полностью дренирующих грунтовые воды, сколько-нибудь существенного влияния леса на объем половодья не обнаруживается [11], но отмечается некоторое повышение максимальных расходов. Если учесть, что вдоль крупных рек сохраняются лесоохранные зоны, то нарушение гидрологического режима при рубках происходит главным образом на водосборах малых рек.

К особому воздействию на сток следует отнести его регулирование при организации лесосплавных работ. Имеет место как суточное, периодическое, сезонное, так и многолетнее регулирование стока, причем накопление и попуски воды могут осуществляться многократно за один сезон, что делает неустойчивым гидрологический режим как выше, так и ниже расположенных участков русел.

Влияние постоянно существующих прудов на общий речной сток и на сток весеннего половодья для районов значительного увлажнения, как правило, невелико, но может оказаться заметным в годы малой водности [14]. Однако у местного населения при ликвидации ранее существовавших прудов на малых реках (их число по Вологодской области в 1950-е годы достигло 1,5 тыс.) создается впечатление резкого уменьшения водности рек, хотя фактически уменьшился объем воды в русловой сети.

На водосборах отдельных малых рек гидрологический режим полностью изменен из-за застроенности территории. Влияние селитеб на формирование стока малых рек крайне незначительно [15]. Урбанизированность, несмотря на то, что в области ежегодно изымается под городскую застройку 4—6 км<sup>2</sup> земель, невелика и составляет около 1%, но ужасающие размеры приобретают различные виды загрязнения малых рек застроенных территорий.

Неоднозначно влияние на формирование стока и дорожного строительства, набирающего высокие темпы. При протяженности существующих дорог с твердым покрытием около 5 тыс. км по программе «Дороги Нечерноземья» запланировано построить несколько десятков тысяч километров новых дорог. Строительство современных автодорог сказывается на перераспределении поверхностного стока водоотводными канавами, лотками, водопропускными трубами. С водосборами малых рек сопоставимы размеры карьеров дорожно-строительных материалов. Через вскрытые карьерами песчано-гравийные грунты идет интенсивная инфильтрация, поверхностный сток переходит в подземный. Если карьер расположен на водораздельном пространстве, то истоки близлежащих малых рек могут лишиться большей части водного питания. По окончании разработки рекултивация карьеров практически не выполняется; при постепенном кольматировании грунтов дна здесь формируются мелкие озера, заболоченность, также изымающие часть поверхностного стока.

Сопоставимые со стоком водозаборы из малых рек осуществляются для крупных объектов сельского хозяйства (животноводческие комплексы, поливные системы и т. п.). Однако о каком-либо уменьшении поверхностного стока из-за заборов подземных вод для Вологодской области говорить пока неправомерно. Общий объем подземного водозабора составляет не более 10 м<sup>3</sup>/сек, а из самоизливающихся скважин поступает на поверхность до 0,6 м<sup>3</sup>/сек [16].

Таким образом, существенного изменения стоковых характеристик малых водосборов по какой-то одной универсальной причине на территории всей области не произошло. Но отдельные водосборы площадью до 150—200 км<sup>2</sup> испытывают различные антропогенные воздействия, которые вполне могли вызвать и «истинное» обмеление дренирующих их рек, главным образом в меженные периоды.

Это обусловило некоторое увеличение объемов половодья и паводков, а также перевод части поверхностного стока в подземный.

Несмотря на некоторое увеличение неравномерности стока, в русловой сети все же имеет место интенсивная аккумуляция, отсекающая в верховьях рек часть или весь подземный водопиток в русла. Огромное влияние на обмеление рек оказывает увеличение стока наносов с водосборов и активизация боковой эрозии русел. Водные потоки не в состоянии транспортировать весь поступающий в русла органоминеральный материал. Резко уменьшается емкость русловой сети, изменяются морфометрические и гидравлические параметры русел. Причины увеличения стока наносов достаточно разнообразны. Вследствие коренного изменения агротехнических приемов обработки пашни, несмотря на общее уменьшение площади пахотных земель, за последние десятилетия в несколько раз возрос объем перерабатываемых почв (увеличение глубины вспашки, внедрение зяблевой вспашки, культивации). При этом обработка почвы нередко осуществляется с грубейшими нарушениями правил агротехники.

Огромные объемы почвогрунтов перерабатываются при осуществлении осушительных мелиораций. За последние 30 лет осушению подверглось около 1,5 тыс. км<sup>2</sup> сельхозугодий [17]. Во время мелиоративных работ и в первые 2—3 года после их завершения резко возрастает поступление в естественную русловую сеть продуктов размыва грунтов строительных подъездных путей, бортов коллекторных каналов, дрена. Чрезвычайно неблагоприятно сказывается на состоянии русел близлежащих рек проведение так называемых культуртехнических работ современными методами. Контурность полей Вологодской области невелика, в среднем составляет 7 га [6]. Проекты мелиорации, включающие и культуртехнические работы, рассчитываются на массивы в 400—800 га [17]. На этих площадях предусматривается удаление древесно-кустарниковой растительности, уборка камней, выравнивание поверхности; далее «проектируется освоение торфоболот для обеспечения мелиорируемых земель органикой из расчета 1 га промплощади болот на 10 га мелиорируемых земель» [17]. При «выравнивании» поверхности нарушается сложившаяся структура поверхностной дренажной сети. Даже если условно допустить, что проект мелиорации составлен экологически взвешенно, качество его исполнения часто оставляет желать лучшего. Не менее погубно для русел малых рек сведение полос древесно-кустарниковой растительности вдоль их бровок. При этом почти полностью утрачивается способность территории удерживать сток наносов в пределах безрусловых водосборных площадей — вся смываемая масса почвогрунтов устремляется в русла рек.

Резко возрос сток наносов с водосборов, на которых ведутся лесозаготовки. Многочисленные пути проезда трелевочных тракторов, раскорчевка пней, часто путем их изымания из грунта, лесовозные дороги на большей части водосбора разрушают слабый дерновый покров под лесом. После вырубki деревьев в полной мере начинает проявляться эродирующий эффект дождевых капель. Лесосплав, продолжающийся по многим малым рекам, приводит к механическому воздействию бревен на речные берега. За счет топляков на дне местами образуется древесная отмстка, что изменяет морфометрию русла, активизируя размыв берегов. Способствует размыву берегов и разрушению плотин. Откосы пойменных берегов, находясь в подтопленном состоянии, значительно меньше подвергались разрушению потоком, воздействию склоновых процессов, поскольку они закреплялись водной растительностью; скорости зарегулированного водного потока в русле были ничтожны, что исключало боковую эрозию.

Согласно имеющимся данным [15], сток наносов с городских территорий примерно в 2 раза выше, чем с сельскохозяйственных, находящихся в аналогичных природно-климатических условиях. Заметное увеличение стока наносов наблюдается и с территории негородских поселений. Большой вклад в формирование антропогенного стока наносов вносят автомобильные дороги. Первоначально для проезда автотранспорта использовалась сложившаяся гужевая транспортная сеть, проходившая главным образом по речным долинам, где сосредоточены населенные

пункты. В 40—50-е годы проселочные дороги оказались разбитыми тяжелым автотранспортом, тракторами. Стихийно возникали объезды, разъезды с широкими непросыхающими колеями, откуда почвогрунты смывались в близлежащую русловую сеть (Вологодчина до недавнего времени славилась бездорожьем). Часто близ дорог реки мелели «на глазах». Песчаная подсыпка, используемая при ремонте этих дорог, в скором времени также оказывалась в руслах рек. Строительство современных автодорог идет главным образом по водоразделам крупных рек. Пересекаются в основном малые реки, в местах пересечений создаются глубокие выемки, насыпи, разрабатываются многочисленные резервы грунта, песчаные карьеры. Даже при соблюдении технологии строительства смыв почвогрунтов достаточно велик. Заметный объем песка смывается с участков автодорог, где ведется борьба с гололедом. Нормативные строительные документы по нейтрализации эрозионно-аккумулятивных процессов при дорожном строительстве появились лишь три года назад [18], но и они разработаны без привлечения специалистов по эрозии.

Обмелению рек способствует выпас скота на пойменных лугах, что раньше не допускалось. Животными вытаптывается дерновый покров, разрушаются пойменные почвы, особенно активно в местах водопоя и дойки, у бродов через реки. Определенную лепту в заилиние русел малых рек области в 50—60-е годы внесли ондатры, роющие в пойменных берегах разветвленные норы. В настоящее время на поймах рек можно наблюдать многочисленные выбросы грунта из кротовых ходов, нарушения дернины акклиматизирующимися кабанам.

Антропогенное воздействие изменяет и эрозионно-транспортирующую и аккумулятивную деятельность самого русла. Подобно древесной отмостке на лесосплавных реках, формируется отмостка из крупногабаритного мусора в руслах малых рек у населенных пунктов. Вместе с антропогенной аккумуляцией это способствует активизации боковой эрозии. Повышение минерализованности речных вод при их загрязнении и увеличение количества взвешенных наносов способствуют произрастанию донной растительности: увеличивается шероховатость русел, резко уменьшается их транспортирующая способность.

Морфологическая особенность русел рек рассматриваемой территории — наличие переуглубленных участков на плесах (омутах, бочагов). В теории русловых процессов этому явлению не уделяется должного внимания. Важно, что эти переуглубления связаны с местами подрусовой разгрузки напорных фильтрационных потоков подземных вод, подтверждением чему являются донные «ключи» в этих ямах. В естественных условиях процесс формирования таких переуглублений при исключительно малом стоке наносов в лесной зоне мог идти длительное время. При резком антропогенном увеличении стока наносов переуглубления быстро исчезают. В итоге уменьшается подземная составляющая стока. По данным Г. П. Колосова и Е. Л. Грейсера [19], у многих равнинных малых рек несколько десятков процентов меженного стока составляет его подземная часть (у р. Полонки в бассейне оз. Ильмень, например, 50%). Дренажные свойства заиленных русел на всем протяжении резко уменьшаются, дифференциация в системе плес — пережат сходит на нет, на водосборах отмечаются процессы прогрессирующего заболачивания.

Интерес представляет поведение осевшей в русле твердой массы. Она достаточно быстро превращается в органоминеральный ил, с участием которого происходит обогащение руслового аллювия глинистой фракцией, органическими соединениями, а на отмерших участках русел формируется тип отложений, переходный между речным и балочным аллювием. В этих отложениях имеют место процессы гидратации глинистой фракции, ее набухание, а также свертывание органоминеральных коллоидов. Часто это происходит в условиях техногенной геохимической среды, созданной при загрязнении речных вод. Постепенно старое русло в истоках реки, являвшееся одновременно и местом разгрузки подземных вод, оказывается настолько «зеленым» этими отложениями, что даже при изменении условий в сторону активизации эрозии русло не восстанавливается. При малых

уклонах поверхности в истоках равнинных рек таежной зоны линейная эрозия на «свежем» месте крайне мало вероятна.

Выявление причин деградации русел на качественном уровне позволит перейти к выявлению возможностей количественной оценки процесса, получению физико-химических характеристик. Большую помощь в разработке комплекса профилактических мероприятий может оказать метод сравнения русел рек в различных природно-климатических условиях [20].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докучаев В. В. Предполагаемое обмеление рек Европейской равнины//Заседание Петербургского собрания сельских хозяев. СПб, 1876. № 7. С. 16.
2. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 247 с.
3. Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 377 с.
4. Вендров С. Л., Дьяконов К. Н. Водохранилища и окружающая среда. М.: Наука, 1976. 211 с.
5. Коронкевич Н. И. Преобразование водного баланса. М.: Наука, 1973, 119 с.
6. Барышников В. Г., Ивановский Л. А. Земельные ресурсы области, их использование и охрана//Проблемы использования и охрана природных ресурсов Вологодской области. Вологда, 1982. С. 6—8.
7. Очерки русской культуры XVIII века. М.: Изд-во МГУ, 1985. 383 с.
8. Кузик И. А. Агроресомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1962. 220 с.
9. Белый А. В. Максимальный паводочный сток рек северо-восточного Нечерноземья ЕТС и его расчет при осушительных мелиорациях подзолистых почв на покровных суглинках: Автореф. дис.... канд. геогр. наук: 11.00.07. Одесса, 1986. 16 с.
10. Булавока А. Г. Осушительная мелиорация и водные ресурсы//Гидротехника и мелиорация. 1974. № 2. С. 93—97.
11. Федоров С. Ф. Исследование элементов водного баланса в лесной зоне Европейской территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 264 с.
12. Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления леса на водность рек. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 207 с.
13. Тюрин Е. Г., Нефедов Н. М., Серый А. А. Вологодские леса. Архангельск: Северо-Западное книжное изд-во, 1984. 125 с.
14. Доброумов Б. М., Устожанин Б. С. Преобразование водных ресурсов и режим рек Центра ЕТС. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 221 с.
15. Курпьянов В. В. Гидрологические аспекты урбанизации. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 196 с.
16. Труфанов А. И., Осипов А. С. Использование подземных вод Вологодской области//Проблемы использования и охрана природных ресурсов Вологодской области. Вологда, 1982. С. 33—34.
17. Конончук Н. П., Поляков М. М. Комплексность мелиоративного строительства и охраны природы//Проблемы использования и охрана природных ресурсов Вологодской области. Вологда, 1982. С. 11—12.
18. Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. М.: Минавтодор РСФСР, 1989. 25 с.
19. Колосов Г. П., Грейсер Е. Л. Оценка роли напорных подземных вод в формировании речного стока//Тр. ГГИ. 1972. Вып. 182. 115 с.
20. Маккавеев Н. И., Чалов Р. С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 264 с.

Вологодский политехнический институт

Поступила в редакцию  
12.IV.1991

#### CAUSES OF SMALL RIVERS CHANNELS DEGRADATION IN THE VOLOGDA REGION

A. N. KISHIGIN

#### S u m m a r y

During the last few decades small rivers of the Vologda region show an increase in processes of the channel silting and the sources «dying off». Data on hand indicate such increase to result from environmental changes within drainage basins. The river runoff has been disturbed by agrotechnical and hydro-meliorative measures, forest cutting, dams' destruction, construction (especially of roads) and breach of land use regulations. Solid discharge has been considerably increased by human impact. The channels themselves undergo changes which have an effect on the erosion, transport and alluviation. Organic-mineral matter settles down in channels and soon solidifies and becomes unerodible.