

Государственная публичная научно-техническая библиотека
Сибирского отделения Российской академии наук

Серия "Экология"

Издается с 1989 г.

Выпуск 64

Б.П. Ткачев, В.И. Булатов

**МАЛЫЕ РЕКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ**

Аналитический обзор

Новосибирск, 2002

ББК Е082.1

Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы = Small rivers: state-of-the act and ecological problems: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН. - Новосибирск, 2002. - 114 с. - (Сер. Экология. Вып. 64).

ISBN 5-94560-021-0

Водно-экологическая ситуация в России требует поиска выхода из нее, разработки принципиально новых подходов к водной политике. Значительно возрос интерес к малым рекам, что обусловлено их особой ландшафтообразующей и экологической ролью. Эти реки составляют основу гидрографической сети, специфическими природными системами являются и водосборы малых рек. Сложившееся природопользование затрагивает и разрушает прежде всего эти геосистемы. Интенсификация использования их ресурсов, усиливающееся загрязнение вод свидетельствуют об углублении водохозяйственного кризиса. Его преодоление является сложной задачей, решение которой лежит в интеграции научных направлений, активном развитии фундаментальных исследований в области наук о земле и воде, широком внедрении в практику хозяйствования рекомендаций по экологически безопасному водопользованию.

Обзор характеризует историю использования, современное состояние и основные экологические проблемы малых рек.

Он рассчитан на научных сотрудников, студентов, всех интересующихся проблемами экологии, охраны окружающей среды, географии и гидрологии.

Ответственный редактор д-р геогр. наук В.М. Савкин

Обзор подготовлен к печати к.п.н. О.Л. Лаврик
Н.И. Коноваловой
Т.А. Калюжной

ISBN 5-94560-021-0

© Государственная публичная
научно-техническая библиотека
Сибирского отделения
Российской академии наук
(ГПНТБ СО РАН), 2002

ПРЕДИСЛОВИЕ

Значительная часть населения Российской Федерации проживает на малых реках, которые формируют средние и большие реки. Неудовлетворительное состояние малых рек, особенно качество воды в них, вызывает растущую тревогу у специалистов и общественности. Все более осознается, что сохранение малых рек означало бы решение одного из самых важных аспектов защиты окружающей природной среды.

Неоднократно обращал внимание на проблему малых рек Московский филиал Географического общества, который организовал ряд совещаний. Было подготовлено несколько публикаций, в том числе сборники: "Малые реки" [181], "Малые реки России" [178, 179]. В 1989 г. издана переводная монография "Восстановление и охрана малых рек: теория и практика" [59]. Значимой вехой в усилении внимания к проблемам малых рек можно считать подготовку и издание Уральским НИИ водного хозяйства в 1985 г. "Руководства по использованию, регулированию и охране водных ресурсов малых рек РСФСР" под научной редакцией А.М. Черняева. В целях информационного и научного обеспечения развития водного хозяйства, совершенствования методов управления в области использования и охраны водных ресурсов, а также для распространения научно-практического опыта в 1999 г. РосНИИВХ учрежден новый научно-технический журнал "Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление". В его публикациях представлены проблемы малых рек.

Следует упомянуть о традиции конференций по тематике, охватывающей разные аспекты экологических проблем бассейнов рек в России (1989, 1992, 1993, 1998 гг.). Международная научная конференция "Малые реки: Современное экологическое состояние, актуальные проблемы" была проведена в 2001 г. в г. Тольятти. Совместные усилия ученых Института экологии Волжского бассейна (ИЭВБ) РАН, Российского гидробиологического общества, кафедры гидрологии суши МГУ, организовавших эту конференцию, позволяют констатировать осознание научной общественностью актуальности и важности проблемы.

В аналитическом обзоре, опирающемся на многочисленные публикации разных лет, отражены как исторические аспекты изучения малых рек, так и новые, перспективные направления исследований этой сложной, но интересной проблемы. При этом авторы не считают, что проведен исчерпывающий анализ.

При подготовке и освещении вопросов, выделенных в тексте обзора курсивом, были использованы публикации Н.И. Алексеевского [2], В.С. Алтунина и соавторов [4], С.Л. Вендрова, А.Н. Иванова [47], А.В. Винокурова [50], С.М. Голубкова [73], А.В. Гончарова, Н.В. Ревковой [74], И.Л. Григорьевой,

И.В. Ланцовой [77], Дедкова А.П. и соавторов [80], В.Н. Дерябина, И.М. Ширяк [82], В.С. Дыгало [92], В.С. Замахаева [105], В.А. Земцова, С.П. Никитина [106], В.К. Бойченко и соавторов [116], А.Г. Косицкого [144], Т.Н. Кутузова [154], И.В. Ланцовой, Г.В. Туляковой [159], Ю.М. Лебедева [167], Л.К. Малик [173], Н.Н. Михеева [197], Н.В. Разина и соавторов [254], В.П. Салтанкина [282], В.М. Хромова [339], П.А. Чирова и соавторов [350], Г.И. Швевса [358].

Выражаем глубокую признательность ответственному редактору книги - доктору географических наук В.М. Савкину.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ МАЛЫХ РЕК

1.1. Проблемы малых рек в СССР и России

Из истории изучения и освоения малых рек [47]. Прежде всего укажем, что рекой принято считать постоянно действующий водоток, функционирующий круглый год либо пересыхающий или перемерзающий на очень короткий период и не каждый год. В СССР применялись два количественных критерия для классификации равнинных рек на малые, средние и большие - длина реки и площадь водосбора. В ГОСТ 19179-73 [67] и в Энциклопедическом словаре географических терминов [377] в качестве количественного критерия принята площадь водосбора, и к малым относятся реки с водосбором не более 2000 км². В многотомном издании материалов по водным ресурсам [265, 266] малыми названы реки, имеющие длину не более 100 км независимо от площади их бассейнов. Наряду с количественными характеристиками малых рек указывается, что "малой следует считать такую реку, бассейн которой располагается в одной географической зоне, и гидрологический режим ее под влиянием местных факторов может быть не свойственен рекам этой зоны" [67].

В повседневном обиходе, а также в специальной литературе диапазон рек, относимых к малым, более широк и во многом зависит от природных и социально-экономических условий. Понятие "малые реки" нередко применяется ко всем рекам, имеющим только местное значение в масштабе страны или крупного региона.

Следует сказать, что малых рек по любой системе градаций подсчета подавляющее большинство. Из табл. 1.1 видно, что реки длиной менее 100 км составляли около 99% общего числа рек СССР и 92 - 93% их общей протяженности. Водные и энергетические ресурсы малых рек оцениваются приблизительно, так как гидрологические наблюдения ведутся менее чем на 1% из них.

В бассейнах малых рек формируется около 50% суммарного речного стока, а протяженность их гидрографической сети - 94,6% суммарной. В европейской части страны объем безвозвратного потребления из малых рек к 1990 г. составлял около 15% стока в год средней водности и около 27% стока острозасушливого периода [236].

В процессе социального и хозяйственного развития СССР в использовании малых рек, как и водных ресурсов в целом, происходило (и продолжается на территории бывшего государства) изменение не только интенсивности, но и направления антропогенного воздействия. Например, использование энергии малых рек небольшими, часто примитивными водяными мельницами, десятилетиями (если не столетиями) игравшими заметную роль в сельском хозяйстве

Таблица 1.1

Количество и протяженность водотоков СССР в естественном русле [85]

Градация водотоков	Длина, км	Количество водотоков		Общая протяженность	
		ед.	%	км	%
Самые малые	< 10	2812587	94,91	5624881	58,3
	11 - 25	113974	3,85	1697909	17,6
Малые	26 - 50	24100	0,81	834082	8,6
	51 - 100	8 623	0,29	592206	6,1
Средние	101 - 200	2857	0,10	386509	4,0
	201 - 300	630	0,02	150277	1,6
	301 - 500	357	0,01	133 075	1,4
Большие	501 - 1000	197	0,01	127241	1,3
	> 1000	63	0,00	101654	1,1
Итого		2963388	100	9647834	100

очень многих районов страны, прекратилось еще до Великой Отечественной войны. Получаемая на малых ГЭС энергия в послевоенное время потеряла свое значение в результате выполнения плана электрификации государства и его отдельных регионов.

Широкое использование малых рек для промышленного водоснабжения, начавшееся еще в конце XVIII в. в горно-заводских районах Урала, а много позднее в Донбассе и частично в средней полосе европейской части СССР, утратило значение в период индустриализации. В то же время в новом качестве - уже как часть крупных систем водоснабжения - малые реки и сейчас играют в ряде районов свою роль.

В течение XVIII - XIX вв. многие малые реки европейской территории страны (ЕТС) или России (ЕТР), частично Сибири использовались для судоходства и служили базой для создания многочисленных межбассейновых водно-транспортных соединений. Так, Тихвинская система была первым Волго-Балтийским водным путем; Березинская система соединила реки Днепровского бассейна с Западной Двиной; Днепробугская - с Вислой, а Огинская - с Неманом; Северодвинская - Шексну с Сухоной; Тезьянская - реки бассейна Оки. В конце XIX столетия существовал водный путь по малым рекам из Енисея в Обь. Сейчас малые реки в значительной мере утратили транспортную роль.

В конце 20 - 30-х гг. XX в. основным видом интенсивного использования малых рек Европейского Севера и Северо-Запада был сплав леса, при этом почти исключительно молевой. Это был главный, если не единственный способ доставки леса к транзитным водным и железнодорожным путям. Активные изыскания на малых реках тогда имели своей задачей улучшение их сплавоспо-

собности. Сейчас молевой сплав запрещен законом. Проблема "рубка леса - малые реки" освещена в [53, 100].

Временная изменчивость отраслевых интересов к малым рекам обусловила необходимость широкого комплексного подхода к их использованию. Поэтому и изучение их, наблюдение за их состоянием требовало от науки того времени социально-исторического и комплексного географического подхода, прежде всего определения места каждого малого водотока и водосема в той или иной географической зоне и конкретном речном бассейне.

Было выявлено, что региональные природные условия определяют многие особенности режима малой реки. Однако в целом ее характеристики, а следовательно, использование и охрана самым тесным образом связаны с географической зональностью, с определяющими ее водность условиями увлажнения - избыточного, неустойчивого, недостаточного. Возможности использования малой реки (особенно как источника местного водоснабжения) существенно различаются в зависимости от того, находится ли она в верховьях большого речного бассейна, в средней или нижней его части. В первом случае малая река активно формирует сток, создает водоносность главных речных артерий, поэтому ее использование для местной "малой" ирригации, отбор воды на промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение сказываются на водохозяйственном балансе крупных регионов. Указывалось на ограничения при определении объемов воды, выбираемых из малых рек в верхних частях бассейнов таких рек, как Днепр, Ока и др. Наоборот, активное использование стока малых рек в нижней части крупного речного бассейна (например, в Ростовской области) связано с менее серьезными последствиями для водного хозяйства речного бассейна в целом.

Примером заботы о судьбе малых рек в СССР может служить многолетняя активная деятельность Межреспубликанского комитета по Десне (г. Брянск), объединившего на общественных началах большое число научных, проектных и хозяйственных организаций и просто любителей природы и организовавшего детальное изучение бассейна Десны и охрану его водных ресурсов [311, 362]. Такой же Комитет работал по бассейну Урала [349].

Изменения рек и водоемов могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения. В первом случае они обычно носят циклический характер, обусловленный периодическими колебаниями климата. Обнаруженные в тот или иной период отклонения от привычного режима реки более или менее скоро исчезают, нередко сменяясь противоположными.

Во втором случае выявленные нарушения довольно устойчивы. Естественные и антропогенные факторы чаще действуют одновременно, и определить основные причины отмечаемых изменений бывает нелегко. Если не проводится соответствующий анализ, то и происхождение тех или иных изменений в реке или водоеме может быть истолковано неверно. Так, иногда уменьшение водоносности рек объясняют деятельностью человека, тогда как причиной является маловодная фаза многолетних колебаний климата. В других случаях интенсивное уменьшение стока под влиянием антропогенных факторов может временно компенсироваться естественным многоводьем. Только тщательное изучение всех причин и следствий позволяет поставить правильный диагноз и принять соответствующие меры. А это в свою очередь возможно лишь при наличии хотя бы минимума необходимых данных. Отсюда вытекает важность изучения

малых рек, их водного, биологического и химического режима, природных и хозяйственных связей. Большое хозяйственное значение имела паспортизация малых рек и других водоемов [115, 237].

Большой вред принесла и приносит бесконтрольная распашка пойм и склонов долин малых рек. Помимо ухудшения качества воды в реке распашка пойм снижает местные возможности получения кормов с продуктивных луговых угодий. Заливные луга, чье плодородие возобновлялось и увеличивалось благодаря отложению ила, всегда были одним из важнейших источников кормов для животноводства. Дернина на лугах, ежегодно используемых для сенокоса (а не для выпаса скота), в большинстве случаев спасает почву от эрозии лучше, чем лесные насаждения.

Моторные лодки и другой маломерный флот не только влияют на качество вод, но и создают шумовой эффект, часто делают невозможным нормальное существование водных и наземных экосистем, вредны и самому человеку. Пагубные последствия для рек и водоемов этого вида транспорта общеизвестны.

Многие из указанных видов деятельности продолжались десятилетиями, но ее масштабы и влияние на реки многократно возросли в последние годы и имеют тенденцию к дальнейшему росту. Нельзя делать вывод, что хозяйственная деятельность и нормальное функционирование малых рек и водоемов абсолютно несовместимы. При рациональном ведении хозяйства последствия для природы могут быть минимальны. Имеется немало примеров того, как интенсивная хозяйственная деятельность сочетается с нормальным состоянием природы. Примеры удачного решения водных проблем в СССР показаны в [171, 348].

Основной причиной экологического кризиса водных объектов в СССР является научная необоснованность и практическая несостоятельность господствовавшей почти 50 лет концепции, базирующейся на двух ложных постулатах: 1) неизбежность образования сточных вод, содержащих производственные отходы; 2) допустимость сброса сточных вод в природные водоемы, используемые фактически для доочистки сточных вод, т. е. в качестве биологических очистных сооружений [54]. Только в 1969 г. по предложению акад. Н.Н. Семенова в рамках АН СССР была создана Комиссия по разработке проблемы охраны природных вод [164]. В 80-х гг. XX в. были острые дискуссии о так называемой переброске стока рек Сибири и Севера [174].

Состояние малых рек и решение их проблем в России [197, 348]. Российская Федерация располагает более чем 90% водных ресурсов бывшего СССР. Однако из-за ежегодного увеличения водозабора свежей воды и сбросов вод, загрязненных промышленными, коммунальными и сельскохозяйственными предприятиями, в последние годы во многих регионах крайне обострилась водохозяйственная и экологическая обстановка. Деградацию малых рек обоснованно рассматривают как угрозу нашей безопасности [39].

В Российской Федерации насчитывается 2,5 млн малых рек и ручьев, 127 тыс. из них длиной от 10 до 200 км и общей протяженностью 3004 тыс. км наиболее интенсивно используются в народном хозяйстве. Их сток в средней по водности год составляет более 1000 км³, водозабор 5% их стока, в том числе безвозвратной - около 4 км³. В европейской части водозабор из рек превышает 12%, а в Центрально-Черноземном районе, на Северном Кавказе и в Поволжье составляет от 20 до 60% их стока.

В 1990 г. использовано более 108 км³ свежей воды против 47 км³ в 1965 г. В то же время промпредприятиями и коммунальным хозяйством сброшено в водные объекты 75 км³ сточных вод, из них 27 км³ загрязнены выше нормы. При сложившейся неблагоприятной экологической обстановке наибольший урон от загрязненных сточных вод наносится малым рекам. Бессистемная вырубка лесов, распашка прибрежных склонов и пойменных земель до уреза воды, разрушение старых речных мельниц, строительство неинженерных временных земляных плотин и перемычек привели к деградации рек, заилению русел, к полному исчезновению сотен малых рек, особенно в южных регионах (Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской, Воронежской, Волгоградской областях), а также на Урале, в Кузбассе, Красноярском крае и др.

После принятия постановлений Совета Министров СССР от 10 октября 1980 г. № 868 и Совета Министров РСФСР от 14 января 1981 г. № 28 "Об усилении охраны малых рек от загрязнения, засорения и истощения" были:

- 1) нормированы минимальные размеры водоохранных зон и прибрежных полос малых рек, где ограничена хозяйственная деятельность;
- 2) определен перечень предприятий и организаций, которые своей хозяйственной деятельностью отрицательно воздействуют на водный режим и чистоту малых рек;
- 3) установлены объемы работ, которые должны быть выполнены этими организациями на малых реках;
- 4) утвержден перечень 580 наиболее деградированных бассейнов малых рек, на которых должны быть осуществлены водоохранные мероприятия в первую очередь.

Из выделяемых средств 70 - 75% составили затраты на строительство очистных сооружений на эксплуатируемых и строящихся цехах и предприятиях, около 20% - на расчистку русел, дноуглубление, строительство берегоукрепительных, регулирующих и других гидротехнических сооружений, около 10% затрат - на установление границ водоохранных зон и прибрежных полос, облесение и залужение в их пределах, вынос объектов-загрязнителей. Это наиболее дешевое по затратам мероприятие является первоочередным и наиболее эффективным.

Особое внимание при планировании, проектировании, и осуществлении мероприятий по охране и улучшению состояния малых рек уделялось созданию водоохранных зон и прибрежных полос как наиболее важной мере, предотвращающей заиливание и загрязнение рек предприятиями и организациями сельского хозяйства. На конец 1991 г. были разработаны проекты водоохранных зон на 519 бассейнов из "первоочередных", а также проекты изменения земельно-хозяйственного устройства в этих зонах. Вместе с тем, как показали выборочные проверки, "режим ограничения деятельности" соблюдается плохо.

В результате распаханности пойменных земель деградируют реки в большинстве сельскохозяйственных регионов России. Практически не повышается эрозийная устойчивость почв в водоохранных зонах, медленно снижается химическое загрязнение земель. Повсеместно нарушаются правила хранения средств химии и органики, неочищенные сточные воды животноводческих комплексов сбрасываются в реки из-за отсутствия очистных сооружений или их неэффективной работы. Сохраняются в водоохранных зонах летние фермы и лагеря скота, склады ГСМ. Сбросы отходов перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий весьма отрицательно влияют на малые реки.

Бичом ряда северных и сибирских рек является продолжающийся сплав леса. Многими лесосплавающими организациями затягиваются сроки сплава древесины. Под воздействием плывущего россыпью леса разрушаются естественные берега, нарушаются и засоряются нерестилища, зимовальные и отстойные ямы, гибнет молодь рыб и другие обитатели рек.

По мнению Комитета по водным ресурсам, наиболее существенным недостатком законодательства является то, что малые реки и водоемы не относятся к понятию "государственного ресурса" и хозяйственники (и общественность) рассматривают их только как ландшафтный объект, который можно использовать по усмотрению местных властей.

Понятие "государственный ресурс" учитывает:

1) непосредственную связь жизнедеятельности реки с прилегающей поймой, рассматривая реку не только как природный ландшафт, но и как водно-земельный ресурс;

2) целостность водоохранных мероприятий, обеспечивающих воспроизводство водных ресурсов и других компонентов ландшафта, в том числе и земельных;

3) взаимосвязанность систем, т. е. учет прямых и обратных связей, например, влияние регулирующих сооружений, расчистка русел и т. д.;

4) интенсивность комплексного использования водных ресурсов, предусматривающих устранение взаимоисключающих требований различных отраслей народного хозяйства (например, интересы сельского, рыбного, лесного хозяйства, энергетики и т. д.) [71, 130];

5) стадийность, т. е. последовательность в выполнении водоохранных мероприятий (установление водоохранных зон, ограничение воздействия на водные ресурсы, регулирование русловых процессов, стока) [20, 97].

Эти принципы были положены в основу последующей деятельности, планов научно-исследовательских работ и внедрения достижений научно-технического прогресса Комитета по водным ресурсам, ныне включенного в состав Министерства природных ресурсов РФ.

В соответствии с постановлением Совета Министров РСФСР от 17 марта 1989 г. N 91 Комитетом была разработана программа и определены объемы средств и работ до 2000 г. по установлению водоохранных зон малых рек. За 10-летний период должны были быть установлены водоохранные зоны 2770 наиболее интенсивно используемых рек и 530 тыс. их притоков общей протяженностью 1,6 млн км. Для создания так называемых биофильтров, задерживающих твердый сток с прилегающих земель, должно быть залужено 181 тыс. га прибрежных полос и 172 тыс. га облесено. Эти предложения вошли составной частью в программу Комитета по земельной реформе по созданию особо охраняемых территорий [197].

За счет привлечения бюджетных средств различных министерств в бассейнах малых рек с 1980 по 1993 гг. было построено 7,9 тыс. противозерозионных сооружений (Минсельхоз, Агропром), 1,4 тыс. регулирующих сооружений (Минводхоз, Агропром, Минсельхоз). Проведена расчистка 30 тыс. км русел малых рек (Минводхоз РСФСР, Роскомводхоз), берегоукрепление 2,5 тыс. км (Минводхоз, Роскомводхоз), залужено 280 тыс. га и облесено 261 тыс. га прибрежных полос (Минсельхоз, Агропром, Минлесхоз), вынесено 4,9 тыс. объектов из водоохранных зон. В зоне влияния на малые реки предприятиями построено 2,9 тыс. очистных сооружений [197].

Экологическое состояние малых рек по регионам и бассейнам показано в публикациях по Крыму [112, 122], Причерноморью [94, 231], бассейнам Кубани [208], Десны [362], Верхней и Средней Волги [209, 214, 261], Ангары [101], Алтая [351], Курской области [249], Чечено-Ингушетии [283], Северной Осетии [31], Татарии [195, 196], Северо-Запада Европейской части [289], Урала [349].

Особую озабоченность вызывает качественный состав воды в малых реках в условиях антропогенного влияния в целом [11, 22, 147, 150, 289, 291, 354], мелиорации [125, 233], сельского хозяйства [170], загрязнения пестицидами [206], фенолами [96]. Эти вопросы напрямую увязываются с гигиенической оценкой вод [26, 114], их самоочищением [117], эффективностью водоохраных мероприятий [81, 207], стратегией и тактикой охраны водоемов [25, 38, 164, 304].

Малые реки стали объектами радиэкологии пресноводных экосистем, изучающей распространение техногенных радионуклидов в водоемах [239, 319], ландшафтной георадиоэкологии и географии радиоактивных загрязнений [44, 123, 294, 318]. Донные отложения малых рек загрязнены радионуклидами во многих регионах России: Брянской и Тульской областях, на Южном Урале, Забайкалье, в Якутии, Туве, вблизи ядерных центров и мест проведения подземных ядерных взрывов. Тщательно изучаются закономерности распределения радионуклидов в биотических и абиотических компонентах экосистем малых рек в условиях влияния АЭС [130, 336].

К проблеме выделения малых рек [144]. Основным фактором формирования стока рек является зональное сочетание составляющих водного баланса территории. Этот фактор доминирующий для средних рек. На сток малых рек сильно влияют местные условия. Средние значения нормы стока малых рек изменяются по различному физико-географическим зонам примерно так же, как и для средних. Наибольшее значение нормы стока в зонах тундры и влажных экваториальных лесах, а наименьшее - полупустынях и пустынях.

К настоящему времени не установлена четкая граница между малыми и средними реками. В качестве таковой предлагалось рассматривать граничную величину длины реки, площадь ее водосбора, водоносности и т. д. В публикации [144] есть предложение устанавливать ее по размеру реки, начиная с которого роль азональных факторов становится незначительной по сравнению с зональными условиями изменения стока воды.

Для определения этой границы изучены особенности зонального изменения характеристик стока при увеличении размера реки. В качестве зональной характеристики использован модуль стока MQ . При малой роли местных факторов MQ зональной реки - постоянная величина. В действительности значения $MQ \neq const$ для разных рек, поскольку ощутимо влияния азональных факторов. На больших реках изменчивость модуля стока по этой причине невелика, а при уменьшении их размеров отклонение от регионального среднего значения увеличивается. Следовательно, существует такая мера этого отклонения, которая может рассматриваться в качестве границы между малыми и средними реками.

В статистическом смысле величина указанного отклонения фиксируется значениями дисперсии ряда MQ . При этом математическое ожидание ряда модулей стока остается константой. Исходный ряд MQ разбивается на две части. На основе критерия Вилконсона проверяется гипотеза о равенстве дисперсий двух выборок. Операция повторяется несколько раз для новых выборок, отли-

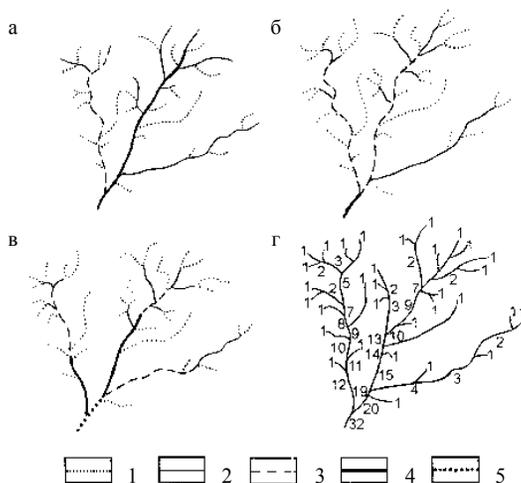
чающихся от предыдущих по границам разбиения исходного ряда. Граница между малыми и средними реками назначается по максимуму несоответствия принятой гипотезы.

Для проверки эффективности метода выделения малых рек проведены исследования в бассейнах Печоры и Оки и лесостепной части бассейна Дона. Для каждого из них выраженные максимумы отклонений MQ меньших и больших рек приходится на несовпадающие размеры (порядки N) водотоков. Граница между малыми и средними реками (критические значения N) несколько отличается при переходе от южных к северным территориям России.

В бассейне Оки и в лесостепной части бассейна Дона малыми являются реки с $N < 5 - 6$ (порядки определены по методике Шайдеггера). Для них средне-многолетние расходы воды не превышают $1 - 2 \text{ м}^3/\text{с}$. В бассейне Печоры малыми являются реки с $N < 8$ порядка, имеющие расходы воды до $15 - 20 \text{ м}^3/\text{с}$. Большая водоносность малых рек бассейна Печоры, по сравнению с водотоками в бассейнах Оки и Дона, при равных площадях водосбора обусловлена различиями в модуле стока воды для этих регионов России.

С определением порядков водотоков связана бонитировка речной сети, показанная на рисунке, взятом из монографии Л.М. Корытного [139].

Обращаясь к рисунку, следует добавить, что в России часто используется другой метод исчисления порядка водотоков, при котором счет идет от главной реки, имеющей притоки I, II и т. д. порядков. В этом случае исчисление порядка притоков будет обратным по сравнению с показанным на рисунке г.



Бонитировка речной сети по Р. Хортону (а), А. Штралеру (б), Н.А. Ржаницыну (в) и Р. Шриву (г) [268, 338, 384, 386]:

1 - притоки I порядка, 2 - II порядка, 3 - III порядка, 4 - IV порядка, 5 - V порядка. Цифры - магнитуды по Р. Шриву.

Что такое малая река? [167]. Поскольку даже в научной литературе, особенно биологической, часто нет разделения между проточными водными объектами и водными объектами с замедленным водообменом и все они объединяются единым термином - "водоемы", необходимо проводить четкую границу между *водотоками* и *водоемами*.

Мгновенный объем воды в руслах водотоков невелик - всего 2120 км³ или 0,006% пресной воды на Земле [171]. Но вода возобновляется каждые 9 - 16 суток. Только по территории бывшего СССР протекает свыше 9 млн водотоков разной величины общей протяженностью около 10 млн км [85]. Из них 9 млн км приходится на малые реки [56]. Сток крупной реки складывается из стока множества водных потоков разного порядка, образующих структуру гидрографической сети, в составе которой выделяются три основных звена: водосбор - малая река - средняя и большая река. В первых двух звеньях, составляющих собственно водосбор любой реки, формируется подавляющая часть ресурсов речного стока. Подземная составляющая характерна преимущественно для рек средних и больших [134].

Предложено более десятка классификаций водотоков, основанных на различных подходах [24, 148, 149], что свидетельствует об отсутствии единой концепции. Действительно, одни классификации базируются на чисто географических характеристиках, другие дополнительно включают гидрологические и гидродинамические.

По наиболее распространенным взглядам к малым рекам относятся равнинные водотоки длиной не более 100 км с площадью водосбора < 2000 км² (до 3000 км² - в засушливых регионах) [56]. В целом же отнесение рек к той или иной категории чаще всего зависит от особенностей их рассмотрения.

Для гидробиологии важно, чтобы классификация водотоков по размеру отражала экосистемные составляющие. С этой точки зрения крайне интересны зарубежные исследования, продемонстрировавшие, что в водотоках низкого порядка преобладает транзитный характер, а в более крупных реках - аккумулятивный. Такой подход к классификации хотя и привлекателен, но мало операционален. Установлено, что в верхних участках речной сети среди животных бентоса преобладают соскребатели, а ниже они замещаются собирателями [167]. Известно также, что если прозрачность воды превышает максимальную глубину рек, то в таких водотоках развиваются водоросли перифитона, а истинный планктон представлен слабо. При увеличении глубин экосистема приобретает планктонный характер. Видимо, последний критерий и может быть выбран в качестве границы между малыми и более крупными водотоками. К сожалению, он необходим, но недостаточен. Так, например, Зeya в верхнем течении по своим гидрооптическим характеристикам может быть отнесена к малым, а ее приток на этом участке Арги из-за высокой окрашенности воды прозрачен не до дна. Поэтому критерий должен быть дополнен. Как известно, рыбы обитают в водотоках, глубина которых превышает некоторый минимум. Для форели это 0,1 м, для хариуса - 0,5, для усача - 1 м.

Таким образом, достаточно операциональным будет следующее определение малой реки с биологической точки зрения: "Малая река - водоток с прозрачностью воды до дна, отсутствием истинного фитопланктона и взрослых особей рыб, кроме тугорослых местных популяций плотвы, окуня, пескаря (форели - для горных рек и хариуса - для сибирских), и преобладанием в бентосе животных соскребателей" [167].

Недостаток знаний об экосистемах водотоков, и малых в особенности, не позволяет разработать синтетическую классификацию водотоков по их величине, объединяющую географические, гидрологические, гидродинамические и биологические характеристики. Возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек и их заповедания, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробиологического режима, определения продуктивности, организации мониторинга [189].

Структурно-функциональные характеристики экологических группировок как критерий типизации речных экосистем [321]. В экологии давно и прочно устоялось понятие "малые реки", как класс экосистем со специфическими характеристиками, требующих отдельного методического подхода к их изучению и эксплуатации. Разделение рек на "малые" и "большие" произошло в силу очевидных различий в функционировании их биоценозов, однако критерии такого разделения, как и границы понятий, не имеют достаточно четкого теоретического обоснования. Чаще всего для отделения малых рек от больших используются такие критерии, как длина русла или площадь водосбора, которые хоть и удобны с практической точки зрения, но к функциональным различиям, являющимся первопричиной разделения, имеют лишь опосредованное отношение. Таким образом, существует проблема выявления механизмов взаимосвязи размера реки с особенностями функционирования экосистемы.

В качестве одного из принципиальных критериев типологизации водных экосистем рассматривается соотношение потоков энергии через экологические группировки толщи воды (зоо-, фито- и бактериопланктон и т. п.) и поверхности раздела твердой и жидкой фаз (бентос и перифитон). Очевидно, что в больших реках, где на 1 м² дна или твердого субстрата приходится десятки кубометров воды, основные потоки энергии в экосистеме проходят через планктонные сообщества. В то же время в типичных малых реках соотношение обратное и основную роль в экосистеме будут играть сообщества донных и перифитонных организмов. Соответственно, многие принципиальные функциональные характеристики экосистем "планктонного" и "перифитонного" типов будут существенно различаться в силу специфических особенностей упомянутых экологических группировок. Существуют условия, при которых соотношение значений планктонных и контурных сообществ выравнивается. В первую очередь это соотношение определяется отношением площадей субстратов и объемов воды в пересчете на средние показатели обилия и продуктивности населяющих их организмов, однако эти показатели могут существенно варьировать в различных условиях, что обуславливает необходимость предварительных исследований и анализа для типологизации экосистем.

Таким образом, соотношение характеристик рассмотренных экологических группировок позволяет провести функциональную границу между малыми и большими реками, основываясь на реальных различиях процессов, протекающих в их экосистемах [321].

О гидробиологической классификации малых рек [74]. В России, по разным данным, насчитывается около 2,5 млн малых рек, изучение и рациональное использование которых возможно лишь на основе типизации и районирования. Известны работы по гидрологическому и гидрохимическому районированию поверхностных вод России; в то же время исследования, посвященные гидробиологической классификации водотоков, практически отсутствуют. О необхо-

димости такой классификации писал еще С.Д. Муравейский, развивая представления о стоке, как глобальном биогеохимическом процессе, который играет ведущую роль в формировании состава, структуры и биологической продуктивности водных экосистем. Существуют различные подходы к типизации рек на основе учета: закономерного изменения гидробиологических характеристик вниз по течению реки и ландшафтных особенностей водосборных бассейнов рек [229].

Летом 1993 г. было проведено гидрохимическое и гидробиологическое исследование незагрязняемых малых рек в основных ландшафтных районах Московского региона. Оценка антропогенного воздействия на речные биоценозы произведена по опубликованным и фондовым гидрохимическим, гидробиологическим и водохозяйственным материалам для 39 пунктов 15 рек Московской области за 1978 - 1995 гг. При расчете величины антропогенной нагрузки (АН) учитывали объем и состав сточных вод, а также объем рассредоточенных загрязнений (косвенно определяемый показателями плотности населения, распаханности территории, интенсивности использования удобрений и т. п.). Качество воды в реках оценивали по величине комплексного гидрохимического показателя - индекса загрязненности воды (ИЗВ). Состояние речных биоценозов определяли с помощью биотического индекса Вудивиса (БИ). Анализ показал, что между показателями АН, ИЗВ и БИ существует тесная связь ($r = 0,7 - 0,8$).

Полученные результаты свидетельствуют о возможности выявления гидробиологических особенностей рек, формирующихся в ландшафтах разного типа и при разном уровне антропогенной нагрузки. Обобщение накопленных результатов гидробиологического исследования рек, на основе представлений С.Д. Муравейского, с использованием материалов гидрологического, гидрохимического и ландшафтного районирования, позволит внести существенный вклад в решение проблемы гидробиологической и шире - экологической классификации малых рек России [74, 189, 321].

Особое значение приобрел экосистемный подход к анализу состояния малых рек, в бассейнах которых проживает до 40% городского и почти 90% сельского населения [51, 376]. Во многих регионах они являются основными источниками, обеспечивающими условия жизни. Малые реки - первичные звенья формирования водных ресурсов, составляющие большую часть речной системы России. В тесном взаимодействии с другими природными объектами малые реки участвуют в воспроизводстве биотического потенциала территорий; в их руслах, поймах, береговых зонах взаимосвязанно функционирует множество водных и околородных биоценозов. Экологические связи и природные процессы в пределах этой категории рек многие тысячелетия формировались на основе специфического автономного положения малых водосборов. Поэтому антропогенные изменения их ландшафтов, как правило, приводят к снижению воспроизводственного потенциала рек и деградации пресноводных экосистем.

Происходящие изменения режима стока и значительные масштабы применения агрохимикатов способствуют выносу и накоплению в водоприемниках биогенных и взвешенных веществ, соединений тяжелых металлов и пестицидов. В результате коренным образом трансформируются экологические ниши традиционных гидробионтов, снижается биологическая продуктивность рек и пойм, их хозяйственное и рекреационное значение. Острота проблемы предотвращения дальнейшей деградации малых рек предопределяет разработку науч-

ных программ и проектов их восстановления и охраны. Обобщающие материалы исследований (модель экосистемы реки, методы управления бассейнами, локальные и региональные экологические нормы, технические обоснования природоохранных мероприятий) должны стать методической основой при разработке планов управления водными и земельными ресурсами бассейнов малых рек. Кардинальное улучшение проектирования природоохранных мероприятий может быть обеспечено путем создания на ряде рек сети исследовательских полигонов нового типа [376].

Завершая раздел, посвященный общим вопросам проблемы малых рек, считаем необходимым указать на еще нескольких монографий, книг, сборников, изданных как в бывшем СССР, так и России [1, 115, 175, 180, 312, 336, 374].

1.2. Ландшафтная информация в гидрологических моделях

Одним из наиболее важных направлений развития методов расчета и прогноза стока (методов нового поколения) является разработка физико-математических моделей и их реализация на основе знания территориально общих закономерностей формирования весеннего стока с учетом ландшафтной структуры регионов [64, 224]. Как указывал Ю.Б. Виноградов [49], арсенал математических моделей формирования стока, а в особенности половодий и дождевых паводков, довольно велик, и в целом математическое моделирование в гидрологии находит пути развития. В то же время, при создании большинства сложных моделей слабо учитывались естественные требования, налагаемые самим фактом их включения в систему расчетных методов инженерной гидрологии. В частности, это касается объема и доступности исходной информации.

Для более глубокого понимания и математического описания объектов моделирования необходим тщательный пересмотр представлений о процессах формирования стока малых речных бассейнов [66]. Опыт моделирования показал, что отсутствует количественная информация о многих сторонах явлений, а есть только качественные представления. Более того, о самом формировании стока, его особенностях в различных физико-географических условиях, о сопутствующих ему процессах мы зачастую имеем искаженные или даже неверные представления. Этим затрудняется, например, моделирование процессов переноса химикатов на малом водосборе [202], имитационное моделирование состояния бассейново-ландшафтных систем [108].

В частности, существует целый ряд трудностей в оценке стока малых рек и временных водостоков в засушливых районах с бессточными площадями и пересыхающих [17, 18]. Основная сложность заключается в том, что площадь водосбора является переменной во времени величиной. Поэтому предложения Г.Д. Эйриха по расчету модуля весеннего стока и А.М. Комлева по расчету модуля годового стока, использующие именно действующую площадь, можно рассматривать в качестве первых количественных оценок стока с действующих площадей исследуемого региона [129, 370].

Среди водно-балансовых методов, позволяющих рассчитывать ежегодные значения тех или иных характеристик стока по определяющим их факторам

(прежде всего климатическим), следует отметить метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), разработанный В.С. Мезенцевым. Главным достоинством метода ГКР является генетическая обоснованность и гибкость расчетных зависимостей с ясным физическим смыслом всех входящих в них параметров, а также возможность в явном или неявном виде выразить любой их элемент [187].

Использование ландшафтной информации на различных этапах разработки и применения модели реализовано нами как развитие частных методов анализа и обобщения географических данных (табл. 1.2).

На кафедре гидрологии суши ТГУ при участии Б.П. Ткачева разработана физико-статистическая модель (методика) расчета и прогноза стока с малых неизученных водосборов засушливых районов юга Западной Сибири и Северного Казахстана [256, 317]. Расчет ежегодных значений стока половодья осуществляется по формуле

$$Y = \beta (S - P_{max} \operatorname{th} (S / P_{max})), \quad (1.1)$$

где Y - слой стока, мм;

β - параметр, отражающий редуцию слоя стока по площади водосбора;

S - максимальный запас воды в снежном покрове (включая ледяную корку) на водосборе, мм;

P_{max} - величина, характеризующая водоудерживающую емкость бассейна в данном году и зависящая от предшествующего осеннего увлажнения (максимальные потери), мм;

th - обозначение функции гиперболического тангенса.

Параметры формулы (1.1) определены методом оптимизации по данным 56 водопунктов, т. е. соответствуют некоторым осредненным по всему региону свойствам подстилающей поверхности.

Модель может быть использована в следующих вариантах:

1) прогноз стока половодья с неизученных бассейнов по максимальным снегозапасам на водосборе и сумме осадков за сентябрь и октябрь предшествующего года;

2) расчет многолетнего ряда значений стока с водосбора по рядам измеренных на метеостанциях (постах) снегозапасов S и осадков X ;

3) моделирование методом Монте-Карло длинного ряда ежегодных значений стока половодья по генерированным значениям предикторов S и X , без привязки во времени;

4) то же, что и в предыдущих вариантах, но с поправками к величинам S и A (топографическая площадь), учитывающими ландшафтно-морфологические особенности бассейнов.

Наряду с метеорологическими факторами важен учет гидрографических характеристик, определяющихся как совокупность морфометрических и морфологических показателей водосборов, дающих полное представление о характере, форме, размерах, протяженности и некоторых физико-географических особенностях их водосборов [276]. Морфометрические характеристики водосборов представляют собой количественные показатели. К ним относятся: длина, средний уклон, площадь водосбора, площадь замкнутых впадин.

Таблица 1.2

Использование ландшафтной информации в моделях расчета и прогноза стока

Частные методы анализа и обобщения географических данных	Разработка модели	Применение модели
Гидрологическая аналогия	Репрезентативное размещение бассейнов-аналогов	—
Географическая интерполяция	Привязка данных гидрометслужбы к пунктам наблюдений за стоком	Распространение на определенную территорию расчетных величин местного стока (построение карты)
Эмпирические коэффициенты	Корректировка величин снегозапасов (за счет вычленения бессточной площади, введения поправок на ландшафтную структуру водосборов)	Детализация, адаптирование полученных результатов к конкретным малым водозаборам (введение поправок, учитывающих ландшафтно-морфологические особенности водосборов)
Зонально-ландшафтный	Выделение участков с близкими условиями формирования стока при отсутствии или ограниченности систематических наблюдений	Определение ландшафтной структуры водосборов как основы для индикации величин действующих площадей, уточнения снегозапасов и т. д. Проведение гидрологически значимых границ ландшафтов (типизация границ)

Качественно-количественные показатели характеризуют особенности строения водосбора. К ним относятся: суммарная площадь естественных сточных и бессточных бассейнов, заболоченность, распаханность, лесистость, свойства почвогрунтов водосбора и т. п. [276]. Площадь сточных и бессточных участков водосбора, вычисленную по ландшафтной структуре, следует считать ландшафтно-морфологической характеристикой водосбора.

Индивидуальные особенности малого водосбора учитываются корректировкой снегозапасов согласно его ландшафтной структуре и, как будет показано ниже, использованием в расчетах относительной действующей площади, которая в интегральном виде отражает влияние ландшафтно-морфологических характеристик (и, прежде всего, рельефа) поверхности на редукцию слоя стока по площади малого бассейна (при $A \leq 300 \text{ км}^2$).

Универсальным показателем влияния рельефа на речной сток является средний уклон водосбора (i), величина которого связана, главным образом, со степенью развития озерно-западинной сети и определяет суммарные потери поверхностного стока.

Методы оценки потерь, в том числе с учетом влияния уклона, были предложены в работах В.Д. Комарова [126], В.Н. Паршина [235], Е.Г. Попова [242] для территории степи и лесостепи ЕТР и Северного Казахстана. Установлено, что в бассейнах с расчлененным рельефом потери талых вод на почвенную

аккумуляцию примерно в 2 раза меньше, чем в бассейнах со слаборасчлененным рельефом.

Уклон связан с высотой бассейна и, в известной мере, определяет густоту овражно-балочной сети: с увеличением уклона растет ее густота. Овражно-балочная сеть бассейна может способствовать изменению величины весеннего стока. Заметное усиление влияния овражно-балочной сети на сток половодья наблюдается в том случае, когда площадь оврагов и балок превышает 10% площади водосбора [200]. Подобная ситуация на юге Западной Сибири встречается на тех водосборах, где большая часть естественной площади отсекается дорогами, дамбами.

Если овражно-балочная сеть на юге Западной Сибири развита незначительно, то озерно-западинная сеть встречается повсеместно. Учитывая существенное влияние западина на изменение поверхностного стока, необходимо отметить, что распределение озерно-западинных форм зависит от уклона, и при прочих равных условиях сильно меняется от бассейна к бассейну, причем относительная площадь озерно-западинных форм обратно пропорциональна уклону водосбора.

Картографическое моделирование [342]. Все большую актуальность приобретают исследования, направленные на изучение такого интересного объекта, как малые реки. Исследование малых рек, как первичных звеньев гидрологических сетей, является одной из актуальных задач экологии водных систем. Для систематизации накопленного материала за большой период по малым рекам Верхней Волги был создан информационный ресурс "Малые реки Верхневолжья" в марте 1998 г. (<http://www.ibiw.yaroslavl.ru/river>).

Толчком к его созданию послужила экспедиция по малым рекам центральной и северо-восточной частей Ярославской области в 1997 г. Первоначальная версия содержала информацию лишь по р. Ильд. В дальнейшем, с целью более обобщенно охарактеризовать район исследования реки, были написаны соответствующие разделы. На современном этапе постепенно добавляются фотографии участков рек, данные по ним, подготовлена информация о 10 реках изучаемого района. Предполагается сделать обзор флоры и паразитофауны для всех представленных рек.

С технологической точки зрения первоначальная информационная система (ИС) была построена в соответствии со спецификацией DOCTYPE HTML PUBLIC - //W3C//DTD HTML 3.2. Для улучшения внешнего вида и удобства использования внедряются каскадные стили (CSS 2.0) Требования для конечного пользователя - наличие телекоммуникационного доступа и любой браузер, поддерживающий HTML 4.0 (Internet Explorer 4.0 и выше, Netscape Communicator, Opera 3.60). Информационная система построена на основе двух фреймов - навигационного и основного. В навигационной части приведены так называемые рубрики, в основной части - информация о реках, природных условиях, растительности изучаемой территории и т. д.

Предполагается дальнейшее развитие ИС с включением аналогичной информации о соседних областях и регионах. В Ярославской области исследования также не прекращаются, и поэтому данные будут периодически обновляться. У авторов имеется более 400 оригинальных фотографий, характеризующих около 100 малых рек Верхневолжья. Подготовлена библиография по экосистемам малых рек как данной территории, так и региона в целом.

Экосистемный подход базируется на ранее разрабатывавшихся экологических моделях малых рек и водоемов [373], отражающих изменения состояния малых рек в ходе возрастающего антропогенного воздействия [1, 231]. В середине 90-х гг. XX в. он обрел "второе дыхание" при разработке и оценке параметров состояния экосистем и их компонентов с учетом функционирования для целей экологического нормирования [230, 376]. При этом подходе подчеркивается, что антропогенное воздействие на экосистемы малых рек в своей основе связано с дополнительным поступлением в них вещества и энергии. Часть вещества экосистема способна переработать, усвоить, а от части освобождается и выносит за свои пределы. Чем больше накапливается излишнего вещества в экосистеме, тем больше ей необходимо энергии для его утилизации или переноса в другую экосистему. Основным источником такой энергии являются гидрофизические процессы, обуславливающие определенные скорость течения и водность реки. В настоящее время в экосистемах большинства малых рек в результате вырубки лесов, распашки лугов потребление биогенных элементов сократилось, а их поступление в экосистемы увеличилось. Параллельно возросли расходы безвозвратных потерь воды, изменился сток рек, снизилась их энергия. В этих условиях уменьшилась способность самих рек выносить в другие водные системы минеральные и органические вещества, что привело к их накоплению и, как следствие - заилению рек. Важным для решения проблемы малых рек в условиях неопределенности и нестабильности источников их загрязнения является экологическое прогнозирование.

Отсутствие теоретических предпосылок для подобных исследований на малых реках, нарушение принципа единства экологических и экономических аспектов емкости экосистем при эксплуатации природных ресурсов их бассейнов обусловили возникновение разноплановых негативных последствий. Отсутствие надежных прогнозов развития ситуации на малых реках привело к заболачиванию и засолению земель, снижению их продуктивности, загрязнению вод. Исходным в экологическом прогнозировании ситуации и рациональном природопользовании в бассейнах малых рек является определение оптимальной структуры экосистем отдельных типов бассейнов, взаимосвязи между ее элементами и роли их в функционировании экосистемы в целом. Возникает необходимость, во-первых, выделения эталонных бассейнов рек и их заповедания, во-вторых, более глубокого изучения закономерностей формирования их экосистем, гидробиологического режима, определения продуктивности, механизма поступления и поведения загрязнителей, организации мониторинга на заповедных реках. Результаты таких исследований могут послужить основой прогнозирования изменений в экосистемах речных бассейнов [185, 189, 212, 234].

1.3. Расчеты и прогнозы стока

Гидрологические расчеты и прогнозы стока на малых водосборах страны в силу значительного физико-географического разнообразия всей территории предполагают отражение региональных особенностей [95, 135, 201, 210, 255, 296, 385]. Существенные различия вероятностной оценки гидрологических параметров для отдельных отраслей хозяйства вызывают необходимость ве-

домственного подхода. Однако единые рекомендации по гидрологическим расчетам также необходимы.

В настоящее время гидрологические расчеты по малым водотокам страны проводятся по ряду нормативных отраслевых документов. Основными являются "Указания по определению расчетных гидрологических характеристик", разработанные Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) в 1972 г. Но практика показала, что методы расчета гидрологических характеристик с малых водосборов по этим рекомендациям не удовлетворяют требованиям проектирования мелиоративных систем, малых искусственных сооружений на железных и автомобильных дорогах страны, т. е. расчетам стока на малых водосборах и временных водотоках. В связи с этим возникла необходимость, с одной стороны, разработки и использования ведомственных и региональных рекомендаций и, с другой - уточнения и доработки самих Указаний.

В ГГИ уточняются параметры расчетных гидрологических характеристик (максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков, минимального летнего стока и расчетных гидрографов). Кроме этого, дополнительно разрабатываются рекомендации по предпесовному и меженному стокам. Во Всесоюзном научно-исследовательском институте транспортного строительства были разработаны рекомендации для расчета ливневого стока воды с малых водосборов (не более 100 км²) [139, 254].

Расчеты и прогнозы стока малых рек на примере юга Западной Сибири [127, 128, 255, 369]. Исследования стока засушливых территорий Западно-Сибирской равнины относятся, в основном, к советскому периоду. В числе первых работ следует назвать труды П.Д. Зайкова и П.С. Кузина, в которых приведены карты среднего годового стока южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана. Эти карты с современных позиций достаточно схематичны и не могут использоваться для расчета нормы стока.

Новые научные результаты были получены Государственным гидрологическим институтом, выполнившим в 1954 - 1957 гг. комплексные гидрологические исследования в связи с освоением целинных и залежных земель Казахстана и юга Западной Сибири. Методика расчета параметров годового стока средних и малых рек, разработанная в ГГИ, состоит в следующем.

Зональный модуль стока, соответствующий водосборам с площадью 3000 км² и более, уточняется по карте стока или по расчетным зависимостям. Переход к стоку для площади водосбора менее 3000 км² осуществляется с помощью редуцированного коэффициента (K), величина которого определяется по формуле

$$K = (3000 / A)^n, \quad (1.2)$$

где A - площадь водосбора малого водотока, км²; n - показатель степени редукации, осредненный порайонно и интегрально учитывающий гидрографические и морфометрические особенности речных водосборов. Подобный подход отражен и в последних рекомендациях ГГИ [244].

Расчет стока малых водосборов по рассмотренной схеме, как отмечается в работе [156], не учитывает влияние местных особенностей, в частности, уклонов, механического состава почвогрунтов, геологического строения бассейнов, степени распаханности.

Более детально изучены перечисленные вопросы для рек северного Казахстана, включая южную окраину Западно-Сибирской равнины [156]. Так как данное исследование представляет существенный методический интерес, рассмотрим его основные результаты. Анализ условий формирования стока приводит авторов к выводу, что решающее влияние на пространственное распределение модуля (слоя) стока оказывает высотное и орографическое положение водосборов. По этой причине для оценки среднего годового стока неизученных рек с $A \geq 3000 \text{ км}^2$ рекомендуются региональные зависимости

$$M = f(H_{cp}), \quad (1.3)$$

где M - модуль среднего годового стока; H_{cp} - средняя высота водосборов.

Одна из представленных зависимостей относится к южной окраине Западно-Сибирской равнины (левые притоки Тобола, стекающие с восточных склонов Уральского хребта и Зауральского плато, а также реки бассейна Ишима, за исключением его правобережных притоков, стекающих с Кокчетавской возвышенности).

Оценка стока малых рек ($A < 3000 \text{ км}^2$) основывается на совместном использовании карты изолиний, либо высотных зависимостей $M = f(H_{cp})$, отражающих зональные закономерности изменения модуля (слоя) стока, и районных эмпирических связей азональных отклонений стока с характеристиками подстилающей поверхности.

Из всех факторов подстилающей поверхности наиболее значим размер водосборной площади. Зависимость модуля стока от площади водосбора (редукция M на A) прослеживается до значения $A = 3000 \text{ км}^2$, после чего модули стока с увеличением площади водосбора практически идентичны. Исследование причин редукции показало, что ее степень изменяется по территории в зависимости от соотношения элементов водного баланса. Меньшая редукция стока по площади характерна для более увлажненных районов с небольшим количеством бессточных площадей. В районах с низкой увлажненностью редукция усиливается в результате возрастания задержания талых и дождевых вод в понижениях на водосборе и увеличения потерь воды на фильтрацию с возрастанием длины безрусловых склонов. В условиях, когда модуль среднего годового стока не превышает $1 \text{ л/(с·км}^2)$, для расчета стока малых рек ($A < 3000 \text{ км}^2$) получена эмпирическая формула

$$M_A = (A + 1)^{0,29LG M_3}, \quad (1.4)$$

где M_3 - модуль зонального стока, определяемого по карте, либо по зависимости $M = f(H_{cp})$.

Напомним, что зональный сток определен по данным, характеризующим реки с $A \geq 3000 \text{ км}^2$. Для облегчения расчета нормы стока неизученных малых рек и временных водотоков рекомендуется использовать табл. 1.3, составленную на основе формулы (1.4).

Таблица 1.3

Переходные коэффициенты K от зональной нормы стока к стоку малых водотоков [156]

М _з , л/с·км ²	Площадь водосбора, км ²								
	10	25	50	100	250	500	1000	2000	3000
0,8	1,17	1,14	1,12	1,10	1,07	1,01	1,00	1,00	1,0
0,7	1,29	1,24	1,20	1,16	1,11	1,08	1,05	1,02	1,0
0,6	1,43	1,36	1,30	1,24	1,17	1,12	1,07	1,03	1,0
0,5	1,63	1,51	1,42	1,34	1,23	1,17	1,10	1,04	1,0
0,4	1,88	1,70	1,57	1,46	1,31	1,22	1,13	1,05	1,0
0,3	2,34	2,06	1,85	1,67	1,44	1,31	1,18	1,06	1,0
0,2	3,11	2,58	2,28	1,98	1,60	1,44	1,25	1,09	1,0
0,1	5,08	3,95	3,24	2,65	2,00	1,68	1,38	1,13	1,0

Табл. 1.3 можно использовать и в других районах с аналогичными физико-географическими условиями, где оценить редукцию стока по площади водосбора с помощью материалов наблюдений гидрологической сети невозможно.

Завершая обзор исследований, освещавших проблему оценки водного режима малых рек в районах недостаточного увлажнения, подчеркнем следующие основные моменты:

1) в зоне недостаточного увлажнения прослеживается зависимость годового и весеннего стока от площади водосбора, влияние которой сказывается при $A < 3000$ км². С уменьшением площади водосбора возрастает расчлененность рельефа и густота гидрографической сети, увеличивается снегонакопление и количество жидких осадков. Во многих расчетных схемах площадь водосбора выступает как интегральная косвенная характеристика перечисленных факторов, влияние которых отражает понятие редукции стока по площади водосбора;

2) существенное уточнение количественного описания редукции достигается путем включения в редукционные зависимости зональной нормы годового стока, под которой понимается годовой сток рек при $A > 3000$ км². Зональную норму принято определять с использованием карт или высотных зависимостей годового стока;

3) возрастание потерь стока на испарение с заполненных водой бессточных понижений, вызываемое ростом их относительной площади с увеличением размеров водосбора, является одной из главных причин редукции стока по площади. С этой точки зрения представляется обоснованным построение карт изолиний максимальной (приведенной к озерности и заболоченности) нормы стока, которая, по сравнению с зональным стоком средних рек, лучше отражает распределение местных ресурсов поверхностных вод в районах недостаточного увлажнения;

4) весьма заметное влияние на сток со склонов и сток малых рек оказывает уклон бассейна (склона). Этот факт является теперь общепризнанным. Уклон, как правило, входит в расчетные схемы, опубликованные в последнее время, в том числе и в рекомендации ГГИ [244];

5) состав почвогрунтов и геологическое строение также существенно влияют на величину стока с малых бассейнов. Наиболее полно учтены эти факторы в работе [156], где дана типизация водосборов с различными почвенно-геологическими условиями;

6) формирование стока определяется целым комплексом факторов - климатических и подстилающей поверхности. Количественное описание стока, отражающее его взаимосвязь с обуславливающими факторами, в настоящее время основывается на использовании эмпирических и физико-статистических зависимостей. Временная изменчивость стока описывается на основе применения методов статистики. Территориальные обобщения стока выполняются с применением картографирования и районирования, включая географо-гидрологический метод, обоснованный в работах В.Г. Глушкова;

7) существенную помощь в описании стока дают выработанные в гидрологии методы и приемы, такие как метод водного баланса, совместное рассмотрение теплового и водного балансов, метод гидрологической аналогии, метод квазиконстант и пр.

Перечисленные выше методы, приемы и закономерности, применяемые при изучении стока в районах недостаточного увлажнения, положены в основу исследований водного режима малых водотоков на юге Западной Сибири [317].

Оценка антропогенного влияния на сток малых рек центра Европейской России приведена в работе [220]. Предлагается критерий ранжирования малых рек по остроте водоохраных мероприятий на основе оценки факторов, учитывающих ущерб реке как компоненту ландшафта. Факторы разделены на 3 группы: 1) характеризующие водность реки и влияние на нее хозяйственной деятельности; 2) оценивающие загрязненность реки; 3) критерии социальной значимости водного объекта. Первые два построены на соотношении расходов на водозабор и расходов сточных вод при расходе реки 80%-й обеспеченности. Третий учитывает плотность населения в районе, примыкающем к водотоку, и долю длины реки, приходящуюся на населенные пункты. Ранжирование рек проводится на основе индекса, который определяется как среднее из модульных коэффициентов всех критериев. Методика применена к 100 рекам Московской и 50 рекам Тульской областей. Подобные оценки для десятков рек Дальнего Востока приведены в [186].

1.4. Морфология и динамика русел малых рек и их антропогенные изменения

Русловым процессам на малых реках до сих пор уделяется недостаточное внимание, хотя высокая степень зависимости от природных условий территории определяет весьма чуткую их реакцию и формы проявления при малейших изменениях факторов и тем более антропогенном вмешательстве [12, 277, 306, 335]. Вследствие этого состояние русел малых рек в значительной мере отра-

жает общую экологическую ситуацию в том или ином регионе. Обычно внимание исследователей привлекают проблемы заиления и деградации малых рек как результат нарушения естественных связей в системе "водосбор - русло реки". Развитие этих экологически неблагоприятных явлений, сопротивляемость рек антропогенному воздействию, вероятность и время релаксации во многом определяются активностью руслоформирующей деятельности рек, которая в свою очередь зависит от уклона, крупности наносов, водности рек и других факторов.

Как и остальные, малые реки могут быть горными, предгорными и равнинными. В горах они отличаются высокими уклонами, составляющими десятки и сотни промилле. При таких значениях уклонов большая часть малых горных рек имеют русла порожиисто-водопадные или горные с неразвитыми аллювиальными формами [253]. В первом случае русла часто представляют собой скальные лотки, местами выстланные плохо окатанными обломками, во втором - характеризуются наличием крупновалунной отмостки. Более мелкий материал выносится во время паводков за пределы участков вниз по течению. Русла таких рек очень устойчивы. Их переформирования сводятся к смещению аллювиального материала.

В предгорьях русла малых рек, имея уклоны 7 - 14°, могут быть горными с развитыми аллювиальными формами или предгорными. Здесь они, как правило, образуют беспорядочно расположенные галечные осередки, перемещающиеся во время паводков и обуславливающие постоянную изменчивость рисунка русла.

Наиболее разнообразны русла малых равнинных рек. В естественном состоянии выделяется пять их разновидностей [163]:

1) свободно меандрирующие (преобладают сегментные и петлеобразные излучины), широкие с песчаным строением пойм и террас, большим стоком песчаных руслообразующих наносов, формирующих на выпуклых берегах излучин широкие отмели, которые, зарастая, превращаются в сегментно-гравистую или ровную пойму; вогнутые подмываемые берега крутые, обрывистые;

2) то же, но с меньшим стоком песчаных наносов, глинисто-суглинистым строением поймы и террас, суженные, имеющие вид каньона с отвесными пойменными берегами; песчаные гряды не образуют крупных скоплений (отмелей);

3) меандрирующие или прямолинейные, с береговыми уступами, покрытыми растительностью, в том числе древесной; профиль вогнутых берегов почти не отличается от выпуклых, наносы тонкопесчаные, наводных отмелей практически нет; часто прибрежные участки покрыты водной растительностью;

4) плавневые, формирующиеся при минимальных уклонах в условиях естественной аккумуляции илистых наносов, покрытые водной растительностью; благодаря малым скоростям течения (менее 0,1 м/с) или вместе с остатками водорослей образуют илито-органические наносы - литогенную основу торфяников; четкие границы русла и поймы отсутствуют, заболоченная пойма постепенно переходит в заросшее русло, которое представлено чередованием бочажин - озеровидных расширений, соединенных между собой узкими протоками - ериками, ширина бочажин (на р. Тихой Сосне, например) достигает 100 м при ширине ериков 3 - 5 м; глубины, соответственно 6 и 1 м;

5) временные, как правило, прямолинейные, очертания которых в плане определяются трещиноватостью скальных пород, расположением моренных гряд и т. д.

Скорости горизонтальных деформаций русел малых рек, протекающих в рыхлых отложениях, как правило, колеблются от 0,1 до 2 м/год [119], что в 2 - 3 раза меньше средних и в 15 - 20 раз меньше экстремальных скоростей размыва берегов на крупных реках. Тем не менее, их величины по отношению к ширине русла соизмеримы или даже заметно больше. Поэтому размывы берегов малых рек (как одна из сторон русловых деформаций) влияют на деятельность человека в их долинах, создавая определенную экологическую напряженность. При этом механизм отступления берегов на малых реках первого типа аналогичен большим рекам и заключается в размыве потоком нижней части откоса берега, сложенного песками русловой фации, и обрушении верхней, сложенной пойменной фацией. Размываются при этом преимущественно вогнутые берега излучин, что приводит к увеличению их кривизны.

На реках второго типа в каньонообразном русле, врезанном в отложения унаследованной поймы (лиманские, озерные, озерно-ледниковые, морские), скорости деформаций берегов, как правило, меньше значимых величин, русло в плане квазистабильно, благодаря его суженности и отсутствию отмелей поток подмывает как вогнутые, так и выпуклые берега, поддерживая их вертикальные обрывы.

На реках третьего типа происходит оседание или оползни отдельных блоков суглинистых и глинистых пород, которые долго лежат на дне русла, осложняя его рельеф и предохраняя берега от дальнейшего размыва. Подобные процессы происходят на вогнутых берегах, но не по всей их длине и фрагментарно, поэтому задернованные уступы чередуются с разрывами и лишь местами, где высокий берег подходит к воде, наблюдается оседание блоков.

Авторами [277] представлено районирование территории России по размываемости берегов малых рек. Всего выделено шесть типов областей, причем пять характеризуют деформации равнинных рек:

1) области распространения широко пойменных рек с легкоразмываемыми пойменными берегами - занимают все равнинные территории, не затронутые двумя последними четвертичными оледенениями и сложенные лессами. Здесь размыв берегов приводит к уничтожению сенокосных угодий, пастбищных пахотных пойменных земель, разрушению строений на берегах рек, мостов и т. д.;

2) области распространения врезанных равнинных рек с неразмываемыми берегами - охватывают Карелию и Кольский полуостров, плоскогорья Средней и Восточной Сибири;

3) области чередования врезанных рек с неразмываемыми глинисто-суглинистыми берегами и широкопойменных рек с размываемыми песчано-супесчаными берегами - соответствуют распространению позднечетвертичных ледников на равнинах европейской части и севера Западной Сибири, где литология представлена моренами, озерными глинами и зандровыми песчаными полями. При этом малые реки, пересекая моренные отложения Валдайского (Сартанского) оледенения, как бы скользят по их кровле, образуя широкопойменные долины с размываемыми берегами; в межморенных депрессиях они врезаны в заполнившие их флювиогляциальные осадки. В зоне распространения Московского (Тазовского) оледенения отмечается картина обратная: малые

реки прорезают валунные суглинки, образуя врезанные русла с глинистыми берегами; наоборот, во флювиогляциальных песках реки имеют широкопойменные долины с размываемыми пойменными ярами [52];

4) области чередования врезанных и широкопойменных рек с неразмываемыми скальными и размываемыми песчано-супесчаными берегами приурочены к районам, где скальные породы подходят близко к поверхности, и русла малых рек то врезаны в их кровлю, то формируются в покровной толще рыхлых пород. В первом случае врезанные русла очень устойчивы, имеют неразмываемые берега; во втором - берега широкопойменные, русла легко размываемые, лишь на дне может обнажаться кровля скальных пород, играющая роль экранирующего горизонта, по поверхности которого блуждает русло;

5) области с чередованием широкопойменных рек с размываемыми берегами, расположенных в долинах-грабенах, и врезанных рек со стабильными берегами в antecedentных долинах - распространены на Дальнем Востоке, включая Приморье и Камчатку, в бассейнах Яны, Индигирки, Колымы, Анадыря. В этих областях наряду с равнинными встречаются горные реки;

6) области распространения врезанных русел горных и предгорных рек с устойчивыми скальными берегами.

Антропогенное воздействие затронуло русла малых рек на всей территории России. Степень и характер их изменчивости определяется видами хозяйственной деятельности, природными условиями регионов, направленностью руслоформирующих процессов. Почти все изменения малых рек негативны для экологического состояния их бассейнов, приречных территорий, в первую очередь пойм. Наиболее распространено заиление малых рек. Оно происходит при усилении эрозии почв на водосборах в связи с их распашкой, хотя всего лишь около 20% эродированного на водосборах материала достигает малых рек [72]. Но этого хватает для накопления на поймах и в руслах тонкопесчаного и илистого гумусированного материала. Механизм заиления пойм идентичен естественному процессу наилообразования, но происходит его искусственная стимуляция и ускорение. Морфологически эффект заиления пойм выражен слабо - лишь повышается их поверхность, но из-за одновременной аккумуляции наносов в руслах оно почти не отражается на сокращении глубины и длительности затопления польми водами; нивелируются некоторые неровности первичного рельефа пойм, происходит погребение почвы под слоем пойменного наила.

Заиление русел - резкое усиление аккумуляции тонкодисперсных наносов, типично только для равнинных малых рек с их малыми уклонами и незначительной эрозионно-транспортирующей способностью. На горных и полугорных реках высокие скорости потока препятствуют осаждению продуктов эрозии почв, которые транзитом выносятся реками на равнины; к тому же распашка склонов в бассейнах горных рек не характерна. Однако там, где она проводится (Западный Алтай), это приводит к заилению и зарастанию галечно-валунных отмелей.

На равнинных реках материал, поступающий в русло с водосборов, откладывается на дне, покрывая песчаные побочни, гребни перекатов и плесовые ложины слоем ила мощностью от первых сантиметров до метра. При сезонных колебаниях уровней ил частично перераспределяется в русле, но его транзитное перемещение затруднено из-за быстрого уплотнения и слеживания. В.И. Стурман [306] выделяет три типа аккумуляции ила, различающиеся локализацией в

русле: побочный (в ручьях и реках II - III порядка), плесовый (для рек IV - V порядка) и равномерный. Сам процесс заиления малых рек осуществляется в несолько этапов [243, 346]. Заиление начинается с самых малых рек I порядка - ручьев. Поступающий в русло материал аккумулируется у берегов, в зоне ограниченного транзита материала, на побочнях и отмелях, которые начинают зарастать. В конечном счете ручьи отмирают, поверхностный сток переходит в подземный, исчезают следы русла, а долина ручья превращается в балку. На данном этапе ручьи играют роль буфера между водосборами и реками II и более высоких порядков. В дальнейшем заиление распространяется и на эти реки, что морфологически выражается в превращении их русел в плавневые, но с сохранением четких береговых уступов прежнего русла.

С сельскохозяйственным производством, как правило, связано и химическое загрязнение малых рек. Рассеянное поступление с продуктами эрозии почв в воду и донные илы фосфора, азота, калия и других элементов, входящих в состав минеральных и органических удобрений, а также увеличение их концентрации ниже животноводческих комплексов, приводит к резкому ускорению зарастания и заиления русел, превращению их в плавни и отмиранию.

В лесной зоне, в районах массовой вырубке типичным воздействием на русла малых рек является их загрязнение во время молевого сплава. Стволы деревьев застревают на перекатах, отмелях, на изгибах рек, резко уменьшая пропускную способность русел. Заломы выполняют функции плотин, что приводит к подтоплению и заболачиванию пойм. Бревна механически разрушают берега, способствуя местному расширению и заилению русел. Из-за эрозии почв в местах вырубок часто наблюдается обмеление рек, связанное с избыточным поступлением наносов [83]. В то же время малые реки, по которым нет молевого сплава, или находящиеся вне зон массовой вырубки, сохраняются в естественном состоянии.

Своеобразный эффект вызывают на малых реках мелиоративные мероприятия. Часто в осушительных системах малые реки используются в качестве магистральных каналов-водоприемников. С целью повышения пропускной способности реки и увеличения кривизны депрессионной воронки в ее долине проводится спрямление излучин, что вызывает врезание русел и приводит к снижению уровня грунтовых вод и к уменьшению уклона [205, 344]. Вследствие этого, после прохождения волны эрозии в канализованном русле остается значительная часть продуктов размыва дна и берегов. Кроме того, врезание русла означает снижение базиса эрозии для притоков и проводящей сети, что обуславливает увеличение выноса наносов в малую реку. Наконец, по регулирующей и проводящей сети в русло поступает материал с осушенных полей, ранее оставшийся на водосборах. Все это приводит к заилению русел малых рек, их евтрофикации, ухудшению мелиоративных качеств и снижению эффективности осушительных систем.

Регулирование малых рек каскадами прудов с целью орошения, малой гидрэнергетики, строительства мельниц может как снижать, так и увеличивать экологическую напряженность в их бассейнах. Мельничные плотины обеспечивали пропуск воды во время половодья, в летнюю межень - подтопление поймы выше по течению, а осенью - сброс воды в нижний бьеф, за счет чего русло промывалось от поступивших в него продуктов эрозии почв и другого загрязнения [163]. Аналогичную роль играли плотины малых ГЭС, осуществ-

лявшие экологически допустимые расходы воды в нижних бьефах в меженный период. Последнее особенно важно в засушливых степных условиях юга России, где в межень многие малые реки пересыхали даже в естественных условиях [160]. Регулирование рек мельницами являлось положительным фактором для русловых процессов в лесной зоне.

Плотины мельниц и малых ГЭС встречаются сейчас очень редко, зато массовое распространение получили как в балках, так и на малых реках пруды с глухими земляными плотинами, полностью прекращающими сток. Во время половодий многие из таких плотин прорываются, продукты их размыва перекладываются в руслах ниже по течению, увеличивая их заиление. В межень в таких местах сток может полностью отсутствовать, пока не происходит его частичное восстановление за счет грунтовых вод и притоков. Многие реки зарегулированы такими плотинами на всем протяжении. Так, на р. Ея в Краснодарском крае, длиной 315 км, построено 32 плотины; на соседней р. Челбас 270-километровое русло перегорожено 43 плотинами [160].

Промежуточное положение занимают на малых реках пруды-водоисточники промышленных предприятий, и пруды-охладители (через их плотины осуществляется пропуск воды в зависимости от ее поступления в водохранилища, но специального регулирования стока здесь нет). В некоторых случаях транзитный речной сток отводится от прудов по обводным каналам, также обустроены рыбоводческие пруды.

Промышленные районы и связанные с ними городские агломерации и транспортные узлы обуславливают массовое загрязнение русел и пойм малых рек строительным и бытовым мусором, механическое изменение формы русел путем возведения различных инженерных сооружений, искусственных спрямлений и перемещений, а зачастую, и полную ликвидацию русел при их заборе в трубы.

В районах открытых и шахтных горных разработок, добычи россыпных полезных ископаемых и нерудных строительных материалов русла малых рек также могут полностью уничтожаться. Речной сток в этом случае либо отводится в искусственные каналы, либо фильтруется в отвалах горных пород. Разработка россыпей производится на горных и полугорных реках, наиболее устойчивых к антропогенному воздействию. Однако техногенный пресс, связанный с работой драг, намного превышает способность русел рек к сопротивлению и релаксации.

Пространственное распространение антропогенных изменений русел малых рек определяется географией отраслей хозяйства. Часть из них - сельскохозяйственные, лесопромышленные, мелиоративные следуют законам географической зональности, другие - исторически сложившимся особенностям территорий, на которых они возникли. Составлено районирование территории России по результатам антропогенного воздействия на малые реки. По степени и характеру заиления малых рек выделено 6 районов: 1) с преобладанием малых равнинных рек, сохраняющихся в естественном состоянии, имеющих сухие четкие твердые пойменные берега, плесы и перекаты и испытывающих горизонтальные миграции русел; 2) преобладанием плавневых рек; 3) чередованием заиленных (полностью или частично) и незаиленных рек; 4) преимущественным заилением верховий рек (ручьев) при сохранении рек II и более высоких порядков в естественном состоянии; 5) полным заилением всех малых и

частично средних рек; б) распространением горных и предгорных рек, не подверженных заилению.

Расположение первых пяти районов носит четко зональный характер, так как само заиление связано, в основном, с эрозией почв на сельскохозяйственных землях. Первый район приурочен к тундровым и таежным ландшафтам с их высоким коэффициентом стока и малой сельскохозяйственной освоенностью. Районы с чередованием заиленных и незаиленных рек наиболее типичны для зоны широколиственных лесов; здесь процессы заиления распространены наиболее неравномерно и зависят от местных факторов: реки, протекающие вдоль крупных распаханых полей и сельскохозяйственных комплексов, как правило, заиляются в то время как соседние, такие же по водности ручьи и реки, но расположенные в лугах и лесах, сохраняются в естественном (или близком к нему) состоянии. Заиление только верховьев рек и ручьев приурочено к зоне лесостепи. Полное заиление претерпевают реки степной зоны, где на фоне сплошной распашки водосборов велика доля водозабора из рек на орошение [155, 277].

Вместе с тем контуры районов не всегда совпадают с границами ландшафтных зон. Причинами этого могут быть:

1) несовпадение вида хозяйственной деятельности и физико-географической зоны (например, проникновение земледелия в таежную зону привело к заилению малых рек в лесных районах Северо-Запада, Ярославском Поволжье, на юго-западе Вологодской области, в бассейне Вятки и левобережья Чепцы);

2) влияние азональных природных факторов, чаще всего геолого-геоморфологического, который определяет форму продольного профиля и, соответственно, эрозионно-транспортную способность реки.

В частности, выпуклая или ступенчатая форма профиля, свойственная рекам, текущим по моренным и структурным возвышенностям с выходами в руслах скоплений валунов и скальных пород, обеспечивает рост средней скорости потока. Этим объясняется, в частности, отсутствие заиления на реках Валдайской возвышенности при достаточно высокой распашке, выборочное заиление рек Среднерусской, Донецкой, Северо-Приволжской, Бийско-Чумышской возвышенностей. Наоборот, в депрессиях рельефа эрозионно-транспортная способность ослаблена и там формируются плавневые русла, имеющие азональное распространение.

На фоне зональности заиления малых рек выделяются регионы с разными видами антропогенного изменения их русел. На европейском севере России ареалы малых рек привязаны к местам массовых вырубок лесов, измененных лесосплавом и другими сопутствующими лесозаготовке явлениями. Ареалы механического изменения и загрязнения русел и пойм малых рек совпадают с промышленными центрами и городскими агломерациями. Наиболее сильно пострадали реки Санкт-Петербургского и Московского регионов, Курской магнитной аномалии и Новомосковского угольного бассейна, российской части Донбасса, среднего и южного Урала, Кузбасса.

Районы массовых спрямлений русел малых рек в связи с осушительными мелиорациями распространены в зоне повышенного увлажнения - на западе и северо-западе России, в бассейне Десны, на низменных левобережьях Сейма и Псла. Существенно видоизменены малые реки осушительными системами в

Подмосковье (Яхромская система и др.), в Ярославском Поволжье, в Мещерской и на севере Окско-Донской низменности. На востоке страны спрямлены многие малые реки земледельческих территорий в бассейне среднего Амура, нижней Зеи и Приморья. Несмотря на природную основу осушения, районы разбросаны по территории, тяготея к северной границе земледелия, в зависимости от местных геоморфологических условий.

Регулирование русел малых рек для орошения и водообеспечения распространено в России значительно шире. Оно типично для всего степного юга Европейской России, рек Среднерусской возвышенности, всего Предуралья, среднего и южного Урала. В азиатской части России регулирование русел распространено в южном Зауралье, Прииртышье, Кулундинской степи. Ареалы изменений русел под влиянием оросительных мелиораций во многом совпадают с районами полного или частичного (в верховьях) их заиления, так как интенсивный водозабор в степной зоне является одной из причин заиления русел малых рек.

Одним из видов интенсивного воздействия является расчистка русел рек с использованием земснарядов, при котором на их месте прокладываются "мертвые" каналы шириной до 40 м. Исследования показали, что расчищенные русла полностью заиливаются через 7 - 10 лет [161]. Ареалы полностью уничтоженных русел малых рек, в том числе при золотодобыче, приурочены к горнодобывающим районам Урала, Сибири и Дальнего Востока [277].

Представленное районирование позволяет дать экспертную оценку экологического состояния русел малых рек в разных регионах России, выделить те из них, где требуется проведение мероприятий по их восстановлению и рекультивации, снижению степени антропогенной нагрузки и т. д. Региональная специфика русел на примере малых рек Западной Сибири описана в [176].

Принципы проектирования переходов кабельных линий связи через малые реки (русловые аспекты) [154]. Главная задача проектирования кабельных переходов связи через реки - обеспечение их максимальной надежности и сохранности. При этом основными факторами, определяющими сохранность кабельных переходов, являются русловые процессы, а именно - вертикальные и горизонтальные деформации русел. По данным основного владельца магистральных кабельных линий России - ОАО "Ростелеком", самыми аварийными участками кабельных магистралей являются речные переходы, особенно через малые реки. Доля поврежденных кабелей из всех поврежденных на малых реках составляет около 80%. Это обусловлено в первую очередь проектированием переходов с использованием традиционных методов, т. е. с помощью кабелеукладчиков, что влечет за собой недостаточную глубину заложения кабелей под руслом рек, нарушение берегов вследствие срезки, приводит к их деформации. При проектировании переходов через малые реки очень редко учитываются горизонтальные русловые деформации. Вне сферы внимания остается практически вся поверхность водосборов малых рек; в условиях сплошной распашки развиваются овраги, промоины, происходит врезание русел самих малых рек. Нередко процессы эрозии активизируются вследствие подмыва берегов крупных рек.

С 1995 г. в России при прокладке кабельных линий для уменьшения влияния на речные экосистемы начал внедряться метод горизонтально направленного бурения (ГНБ). С его помощью введено в строй более 1000 переходов,

большая часть из которых - через малые реки. Для малых рек эта технология оказалась наиболее выигрышной в экологическом плане, поскольку влияние на речную экосистему минимально. Для того, чтобы экологически безопасный метод ГНБ применялся повсеместно, необходимо создание нормативной базы по изысканиям (топографическим, гидрологическим, инженерно-геологическим) и проектированию кабельных переходов, в том числе с учетом русловых процессов. Последние складываются из следующих задач.

1. Определение максимально возможной глубины размыва в связи с развитием форм русла в районе перехода и смещением крупных грядовых образований. Решение этих задач преследует две цели: обеспечение безопасности перехода и предотвращение его избыточного заглубления для уменьшения затрат.

2. Определение ширины пояса горизонтальных смещений русла за расчетный период эксплуатации кабеля в зависимости от морфодинамического типа русла, порядка реки и т. д. Этим определяется длина перехода и расположение точек входа и выхода буровой головки.

3. Выявление антропогенно обусловленных деформаций русел (под влиянием карьерных разработок, сливов коллекторных и сточных вод, воздействия гидротехнических сооружений, регулирования стока воды и наносов на водосборе), накладывающихся на естественные процессы и увеличивающих их интенсивность.

4. Оценка возможных катастрофических явлений на берегах, вызванных работой водного потока, что особенно важно в регионах с пересеченной местностью и в предгорьях.

5. Выявление и прогноз развития малых эрозионных форм на склонах речных долин (оврагов, промоин), которые могут привести к новым аварийным ситуациям.

Кроме кабельных линий связи русла и долины малых рек пересекаются множеством других элементов транспортной, энергетической и промышленной инфраструктуры. Их влияние требует обстоятельного анализа.

Специально изучались структурно-морфологические особенности антропогенных потоков рассеяния химических элементов в донных отложениях малых рек [280, 379, 381]. Важнейшим следствием техногенного преобразования речных вод во всех освоенных районах является техногенная метаморфизация исходного (зонального) химического типа, группы и даже класса речных вод. Наиболее широко распространенные гидрокарбонатные кальциевые речные воды трансформируются в гидрокарбонатно-натриевые и магниевые, сульфатно-кальциевые, хлоридно-кальциевые и натриевые и даже в практически не существующие в природе азотные (нитратные) воды. С загрязненной водой связано и другое геохимическое следствие - изменение специфики, интенсивности и направленности процессов осадкообразования и осадконакопления, в котором участвуют огромные объемы материала техногенного происхождения, так что в областях транзита и аккумуляции прежде всего малых водотоков формируются геологические образования нового типа [380].

Глава 2. СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ

2.1. Условия формирования речного стока малых водосборов

Рациональное использование водных ресурсов малых рек и их водосборов возможно лишь при наличии государственного учета вод. Но гидрологический режим малых рек изучен намного хуже, чем средних и крупных водотоков. В РФ из 8000 действующих водомерных постов Гидрометслужбы на долю малых рек в 1980 г. приходилось лишь 2336, или 28% общего количества [254]. Сейчас этот показатель намного ниже.

Гидрологическая изученность малых рек Сибири и Дальнего Востока совершенно недостаточна. Гидрометеосеть сосредоточена в южных районах, вдоль Транссибирской магистрали. В северной части она крайне малочисленна (за исключением района Норильска).

Одна из основных особенностей малой реки - тесная связь с окружающим ландшафтом. Процессы, происходящие на малом водосборе, быстро отражаются на состоянии реки, ее стоке, русловых процессах, в то время как факторы, определяющие формирование стока большой реки, в силу разновременности воздействия на растянутой в пространстве территории носят взаимно сглаживающий и более длительный характер. Поэтому помимо развития на малых реках гидрометеорологической сети необходимо создание в их бассейнах водно-балансовых станций. Анализ результатов их исследований на малых водосборах позволяет выявить не только качественные, но и количественные взаимосвязи составляющих параметров водно-теплового баланса, что в свою очередь дает возможность прогнозировать изменения этих величин под влиянием хозяйственной деятельности. Необходимо также учитывать, что гидрологический режим малых рек, как и всех других, формируется под воздействием общих процессов вековых и сверхвековых колебаний увлажненности территории и эволюции речного стока, а также местных природных особенностей.

Влияние физико-географических факторов на показатели гидрологического режима [106]. В.Г. Глушковым в 1930-х гг. предложен комплексный географо-гидрологический метод, основной идеей которого является необходимость изучения вод в определенной физико-географической среде путем выявления генетических связей характеристик гидрологического режима с комплексом формирующих его факторов.

Все реки являются элементом физико-географической среды, для которой характерны зональный и внутризональный (включающий и азональный) типы пространственной изменчивости, соответствующим образом отраженные в характеристиках гидрологического режима. Поэтому факторы стока традиционно делятся на зональные и внутризональные, или местные.

Зональные - это климатические факторы и сочетания факторов подстилающей поверхности, обуславливающие плавное и непрерывное изменение характеристик стока от зоны к зоне и внутри зон и формирующие зональный сток. Местные факторы представляют собой отклонение от типичных (или осредненных по площади) зональных условий. Они вызывают флуктуации стока относительно зональных величин и могут образовывать локально-однородные поля или дискретные "вырезки" из зональных, закономерно изменяющихся полей. Влияние местных факторов учитывается путем введения районных поправок к зональным значениям стока. Однако местные факторы проявляются в конкретных зональных условиях, диапазон их колебаний и влияние на формирование стока зависят от географического положения речных бассейнов, т. е. они тоже подчиняются закону географической зональности. Называть местные факторы азональными не правомерно. А.Н. Бефани и О.Н. Мельничук [35] под азональными факторами понимают морфометрические характеристики рек и их водосборов (например, длина реки, площадь водосбора), не зависящие от географического положения речных бассейнов. Влияние таких факторов при пространственном обобщении стока должно исключаться.

Зональные закономерности речного стока раскрываются методом географической интерполяции, одной из модификаций которого является метод изолиний, основанный на гипотезе о плавном и непрерывном изменении картографируемых характеристик по территории и независимости их от площади водосбора. Эта гипотеза справедлива, только для средних рек, в бассейнах которых местные особенности формирования стока интегрируются по площади и осредняются до такой степени, что их влиянием можно пренебречь. Эти реки почти полностью дренируют развитые в их бассейнах водоносные горизонты. Сток средних рек отражает главным образом зональные закономерности его формирования. Для малых рек характерно существенное влияние местных факторов на сток. Нижний предел площади бассейна средней реки зависит, во-первых, от рассматриваемой характеристики гидрологического режима (например, для минимального стока он всегда больше, чем для среднего годового) и, во-вторых, от географического положения бассейна, точнее, от природной зоны, в которой он находится. Максимальная площадь бассейна средней реки в равнинных условиях составляет 50 - 75 тыс. км². При большей площади бассейн охватывает заметно различающиеся по условиям формирования стока территории и теряет свою репрезентативность для построения карт изолиний, так как имеет полизональный тип гидрологического режима.

Многие характеристики стока зависят от площади водосбора (*A*). Их картографируют по грациям площади водосбора, в пределах которых такая зависимость не прослеживается, либо значения характеристик приводят к единой площади бассейна.

Теоретически обоснованным и полезным для решения вопроса о роли местных факторов в формировании стока является сравнение фактических значений стоковых характеристик с зональными, определенными методом географической интерполяции. Этим обеспечивается необходимое согласование зональных и местных особенностей гидрологического режима [292]. В результате сравнения устанавливаются связи между отклонениями значений исследуемых величин от зональных и количественными показателями местных условий. Введение поправок к зональным значениям стока целесообразно для районов,

где особенно заметно влияние местных факторов, для малых рек и тех характеристик стока, применительно к которым пренебрежение этим влиянием приводит к большим погрешностям расчета.

О механизме пересыхания малых рек (на примере Среднего Поволжья) [80]. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что в последние столетия сотни малых рек (I и II порядков) прекратили свое существование в качестве постоянных водотоков. Сокращение лесов и распашка земель вызывали увеличение поверхностного стока воды и уменьшение подземного. Это перераспределение стока имеет два следствия, которые и привели к деградации сети малых рек.

Увеличение поверхностного стока вызвало резкое усиление процессов почвенной и овражной эрозии и поступление массы продуктов эрозии в речную сеть. Например, в Среднем Поволжье сток взвешенных наносов крупных рек (площадь бассейнов - более 5000 км²) увеличился почти в 3 раза, малых - в 6 раз. Еще большая масса продуктов эрозии осела в руслах и на поймах рек, вызвав их сильное заиливание.

Уменьшение фильтрации талых и дождевых вод на пахотных землях привело к понижению уровня и дренажу верхних водоносных горизонтов, высыханию источников, сокращению меженного стока малых рек вплоть до полного прекращения. Тесная пространственная и временная зависимость модулей меженного стока и уровня грунтовых вод от лесистости свидетельствует о том, что уменьшение фильтрации и подземного питания рек является главной причиной их деградации. Реки пересыхают даже там, где поступление продуктов бассейновой эрозии в их русла не происходит или очень ограничено. В различных геологических и гидрогеологических условиях эта деградация протекает неодинаково. Она более отчетлива в речных бассейнах, сложенных хорошо водопроницаемыми породами (например, верхний мел и палеоген Приволжской возвышенности).

Природа сама подсказывает главный путь частичного восстановления малых рек: перевод с помощью различных приемов агро- и лесомелиорации возможно большей части поверхностного стока в подземный.

2.2. Роль болот

Большое влияние на водный режим территории и, следовательно, на сток и режим рек, особенно малых, оказывают болота. Несмотря на то, что вопрос о влиянии болот на гидрологический режим рек обсуждается уже свыше 80 лет, полной ясности нет [42, 121, 359 - 361]. При исследовании влияния осушительных мелиораций на составляющие элементы водного баланса водотоков, особенно малых, мнения еще более разноречивы.

Еще в начале XX в. А.Д. Дубах и И.И. Жилинский отмечали исключительную сложность рассматриваемого вопроса и подчеркивали, что для его всестороннего изучения требуются систематические наблюдения на водотоках [87, 88, 104].

Работа, проведенная в 1971 - 1975 гг. научными учреждениями Академии наук СССР, Гидрометслужбы СССР и отраслевых институтов Минводхоза

СССР, а также материалы Международного симпозиума по гидрологии заболоченных территорий позволили: 1) разработать единую методику по определению влияния осушения на водные ресурсы; 2) получить первую общую оценку гидрологических последствий осушения болот [146], которая сводится к следующему.

Для условий континентального климата степной и лесостепной зон страны со стоком рек, формирующимся в основном в период весеннего половодья, количественные изменения среднего годового, максимального и меженного стоков под влиянием сельскохозяйственных мелиораций имеют разную направленность и величину. После мелиорации болот с наличием 20 - 25% осушенных земель на водосборе до их сельскохозяйственного использования годовой и меженный стоки увеличиваются соответственно на 20 - 30 и 50 - 70%. В речном стоке повышается доля подземного питания, что улучшает его структуру. В дальнейшем в результате сельскохозяйственного использования мелиорируемых земель увеличивается суммарное испарение и годовой сток снижается до первоначальной величины и ниже [181].

Исследования Западно-Сибирского филиала ВНИИГиМ, проведенные на осушаемых торфяниках сельскохозяйственной зоны Тюменской области, показали, что в целом за период вегетации (май - сентябрь) испарение на осушаемых торфяниках, занятых травами, превышало испарение с болот в среднем за три года (1972 - 1974) на 38%. При этом наибольшее превышение - 75% - наблюдалось в засушливый год (75% обеспеченности по осадкам), во влажный год с обеспеченностью по осадкам 24% превышение составило 16% [46].

Расчеты, выполненные ГГИ и БелНИИМиВХ для трех типичных севооборотов с учетом доли различных культур, показали, что испарение с осушенных болот составляет 98 - 99% испарения с неосушенного болота в условиях естественного увлажнения атмосферными осадками и 110 - 113% при оптимальном увлажнении в течение всего вегетационного периода [146].

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что влияние сельскохозяйственных осушительных мелиораций заболоченных и переувлажненных земель на основные составляющие элементы водного баланса неоднозначно, и вопрос этот требует своего дальнейшего исследования с учетом региональных и зональных особенностей.

Гидрологические аспекты устойчивости болот [157]. Относительно строгие расчеты и определения, связанные с проблемой устойчивости, имеются в науках биологического профиля, а также в отраслевых географических дисциплинах. Успехами в решении этой проблемы характеризуется гидрология болот благодаря работам К.Е. Иванова, который разработал критерии устойчивости болот [111]. В.В. Куликов считает "устойчивость" по К.Е. Иванову идентичным понятию "надежность" - свойством геосистемы активно поддерживать значение своих параметров в пределах, не превышающих неких критических величин, и сохранять определенный характер функционирования при воздействии на нее возмущающих факторов. Им же подчеркнута, что из-за неразработанности математического аппарата исследование устойчивости может проводиться только на качественном уровне [152].

Для построения качественной схемы анализа устойчивости геосистем необходимо, как отмечает А.М. Молчанов, разделять возможные воздействия, которые могут быть разовыми или импульсными, длительными, приложимыми

к регуляторным функциям системы или к самой системе [204]. Чтобы отметить трудности анализа устойчивости систем, уместно напомнить определение А.П. Левича, который считает, что устойчивость системы к воздействию есть соотношение между мерой изменения требуемых свойств системы и мерой соответствующего воздействия. При этом, "требуемые свойства" - это те свойства системы, которые могут изменяться: 1 - структурные изменения - выпадение или внедрение отдельных элементов; 2 - организационные изменения - изменения интенсивности различных типов связей в результате изменения соотношений между различными видами (животных или растений) в системе; 3 - эволюционные изменения. "Воздействие" - это изменение состояния среды или выходов и входов системы [168]. Более общим, по-видимому, будет понимание воздействия как привнесение или изъятие вещества и (или) энергии по отношению к сложившемуся обмену в системе [267].

Для анализа биологических систем А.П. Левич вводит понятие относительной устойчивости, под которой понимается вероятность системы быть устойчивой при данном состоянии среды. Представляется, что такое определение может быть перспективным и при анализе устойчивости природных систем, в том числе малых бассейнов. Пользуясь этой мерой, можно сравнивать состояния различных систем по степени их отдаленности от черты, разделяющей устойчивые и неустойчивые состояния систем. Так, верховые болота южной тайги Западно-Сибирской равнины менее устойчивы, чем такие же болота средней и северной тайги. В этом утверждении неявно предполагается, что существуют критерии отнесения состояний верховых болот к устойчивым и неустойчивым.

К.Е. Иванов показал, что анализ соотношений между показателями климата и гидроморфологическими характеристиками приводит к выводу о недетерминированности преобразования болота при изменении условий внешней среды. Поэтому необходимо привлечение других критериев, позволяющих определять вероятность возможных исходов. Для оценки устойчивости озерно-болотных систем Западной Сибири (а с ними прямо связан сток большинства малых рек) К.Е. Иванов применял водно-балансовые критерии [111].

Необходимо отметить, что для этой оценки используются средние многолетние условия, и в качестве приходной части баланса воды берутся годовые осадки, что может привести к завышению порога устойчивости болотных систем. Известно, что зимние осадки после их таяния сравнительно быстро стекают за пределы болота, хотя в период функционирования болотной растительности уровень болотных вод отражает соотношение между интенсивностью осадков, испарения и стока именно за этот период, если инерция процесса стекания стаявшего снега не проявляется в значительной степени.

Таким образом, прежде чем использовать для оценки устойчивости уравнение водного баланса, необходимо согласование временных масштабов, что вызвано возможностью проявления предшествующего увлажнения относительно рассматриваемого промежутка времени. Другими словами, важно количественно определить "память" системы или тот промежуток времени, в течение которого предшествующие осадки оказывают влияние на последующие состояния системы. Можно сказать, что анализ устойчивости, проведенный К.Е. Ивановым, характеризует потенциальную или фоновую устойчивость, когда природная система, в частности озерно-болотная, интегрирует условия увлажнения за промежуток времени, охватывающий, по меньшей мере, вегета-

ционный период. Такие условия создаются в системах, обладающих достаточной емкостью, чтобы консервировать на длительное время воду, поступающую в их пределы. Все это имеет значение для малых рек.

Интересно оценить влияние некоторых характеристик погодных условий вегетационного периода на размеры болотного массива, находящегося на грани между устойчивым и неустойчивым состоянием. Такое состояние характеризуется динамическим равновесием между лесными и болотными массивами, когда на границах между ними происходит замена болотной растительности на лесную или, наоборот, лесной на болотную, из-за колебаний условий увлажненности и теплообеспеченности. В качестве размера болотного массива принята площадь его поверхности, хотя О.Л. Лисс и Н.А. Березина [169] считают, что устойчивость болот обусловлена их массой, включая в нее живую и мертвую массу залежи. Несомненно, торфяная масса оказывает определенное влияние на устойчивость, но оно ограничено, по нашему мнению, только мощностью залежи, при которой возможен водообмен с минеральным основанием. Можно допустить, что при одинаковых условиях водообмена, который осуществляется в деятельном слое, количественные характеристики устойчивости будут идентичными независимо от мощности торфяной залежи после достижения ею некоторого порогового значения.

Принимая во внимание, что болотная растительность приспособлена к определенному диапазону колебаний уровней болотных вод, называемому экологической амплитудой, в соответствии с высказыванием А.М. Молчанова [204] об ограниченности числа факторов, определяющих функционирование системы на границе устойчивого существования, разработана зависимость отмеченных выше размеров верховых болот от характеристик интенсивности стекания. Болотный массив представлен в виде динамической системы, в которой регулирующая функция осуществляется стоком с болот, связанным, как известно, со структурой болотной растительности и особенностями деятельного слоя, и определяющим питание малых рек [111, 272, 290].

Все реки, большие и малые, подпитываемые болотными водами, имеют значительные количества гумусовых кислот, простые и сложные фенольные соединения, которые генерированы остатками болотной растительности в процессе деструкции. Показателем этого является, в частности, цветность воды с окрашенными темно-коричневыми высокомолекулярными фенолами. Качественный состав биогенных фенольных веществ в малых реках различается по природным зонам и зависит от состава растительности [96].

2.3. Роль леса

Ведущим приемом определения гидрологической роли леса было и остается сравнение элементов водного баланса речных бассейнов с разной лесистостью, или лесных и безлесных геосистем, имеющих сходство в других природных компонентах. Важен выбор метода оценки водно-балансовых составляющих, в том числе приборов или других способов экспериментального измерения гидрологических характеристик, что особенно существенно ввиду незначительных отличий значений осадков и испарения в лесу и поле, составляющих, как пра-

вило, не более 10 - 15%, в то время как ошибка определения элементов может быть значительно больше.

Исторические и методические аспекты исследований [5]. Оценка гидрологической роли леса включает анализ его водоохранной, водорегулирующей и почвозащитной функций.

Гидрологические свойства леса издавна интересовали гидрологов, лесоводов, климатологов, а в последнее время и экологов. Постоянный интерес к ним установился в XIX в. в связи с падением уровня воды в реках Европы. В дореволюционной России уделялось большое внимание водорегулирующей роли леса. По материалам первых гидрологических наблюдений на Волге у Астрахани А.И. Воейков в 1894 г. пришел к выводу, что в результате массовых вырубок лесов и распахек земель в бассейне усилилась неравномерность стока. Вопросу о влиянии леса на водный режим территорий были посвящены работы В.В. Докучаева, Е.В. Опокова. Позднее этим вопросом занимались Г.Н. Высоцкий и А.Д. Дубах [60, 89]. Представление о состоянии исследований по этой проблеме можно получить из обзорных работ [182, 260, 331, 366].

С изучением гидрологической роли леса тесно связаны исследования в области почвенной гидрологии [58, 269], а также работы по его почвозащитной, водорегулирующей и средообразующей роли [118, 240, 251]. Леса, обеспечивая перевод поверхностных вод в подземные, способствуют резкому уменьшению или полной ликвидации опасности возникновения эрозии почв. Влияние леса проявляется в ослаблении внутригодовых колебаний стока. Очень существенна в этом отношении водорегулирующая и почвозащитная роль горных лесов [258, 259].

Важные водорегулирующие, почвозащитные и санитарно-гигиенические функции выполняют леса и лесные полосы, расположенные по берегам рек, озер, водохранилищ (110, 212, 216). Их значимость особенно возрастает в связи с освоением пойменных земель, широким применением в сельском хозяйстве удобрений и гербицидов.

Под влиянием различных лесохозяйственных мероприятий, и в первую очередь сплошных рубок, все перечисленные выше функции леса резко изменяются. Эти изменения затрагивают часто значительные территории и иногда приводят к таким отрицательным последствиям, как формирование селей и снежных лавин, эрозия почв, заболачивание, снижение продуктивности древостоев и др.

Анализ данных водно-балансовых станций показывает, что сток с малых лесных водосборов значительно ниже, чем с безлесных (без учета подземного). Аналогичный вывод получен по результатам наблюдений на малых экспериментальных водосборах за рубежом. На этом основании некоторые исследователи делали неправильный вывод об отрицательном влиянии леса на сток, распространяя его и на большие водосборы, что явилось причиной дальнейшей дискуссии о роли леса. На самом же деле известно, что малые водосборы являются чаще всего незамкнутыми. При небольшой глубине эрозионного вреза значительная часть подземного стока уходит за пределы водосбора, минуя гидрометрический створ. Между тем малые водосборы можно использовать для изучения влияния леса на сток и процесс водорегулирования. Корректное решение этого вопроса может быть достигнуто на основе уравнения водного баланса.

Для исследования влияния леса на сток в последнее время активно применяются корреляционный [16, 198, 260, 383] и системный анализы с привлечением материалов лесоустройства [10]. Все шире используется ландшафтно-гидрологический метод, основные положения которого были сформулированы В.Г. Глушковым [6, 69, 308]. В отличие от других методов он базируется на выявлении причинных связей водных ресурсов с характеристиками ландшафтов и может быть применен к объектам разного пространственного уровня, включая малые и большие водосборы.

Л.П. Кузнецова анализировала данные об осадках на равнинной территории ЕТС и в Кулундинской степи в Западной Сибири. Влияние лесистости на годовую сумму осадков оценивалось в радиусе 30 км от метеорологической станции. По ее данным, в отдельных районах при увеличении лесистости от 18 до 100% количество осадков возрастает до 60 мм в год [151]. Подобные исследования были выполнены также А.В. Лебедевым в бассейнах рек Оби, Иртыша и Енисея. Установлено, что в среднем при возрастании лесистости на каждые 10% увеличение годовой суммы осадков составляет 12 - 13 мм [165]. Еще более сильное воздействие леса на формирование осадков было выявлено Р.В. Опритовой для Приморского края [223]. Аналогичные результаты получены В.В. Осиповым для Ярославской области [226].

Специальные экспериментальные работы проводились в Новгородской области. Оказалось, что независимо от состава насаждений (еловые, сосновые, лиственные, смешанные) имеет место положительное влияние леса на осадки: увеличение жидких осадков составляет 10 - 14% [330]. Это объясняется тем, что основной фактор, определяющий влияние леса на осадки, - динамическая шероховатость - для разного состава насаждений в среднем одного порядка. Такие же данные приведены в ряде других работ [131, 183, 257]. В зимний период влияние леса на осадки незначительное.

Из табл. 2.1 следует, что положительная разница сумм осадков над лесом и безлесной территорией за теплый сезон для отдельных районов ЕТС колеблется от 7 до 18%. Увеличение количества жидких осадков над лесом обусловлено внутримассовыми осадками, а не фронтальными. Кроме этого, лесная растительность способствует также накоплению конденсационных осадков. Конденсация имеет особенно большое значение в предгорных и горных районах и является важным дополнительным источником увлажнения.

К основным таксационным характеристикам, оказывающим влияние на суммарное испарение, относятся состав насаждений и возраст. Лиственные насаждения (с преобладанием березы) за теплый сезон испаряют столько же, сколько и еловые. Однако в первую половину вегетации они расходуют влаги на испарение несколько больше, а во вторую - несколько меньше, чем еловый. Показатели суммарного испарения елового и смешанного леса различаются несущественно - в пределах 5%. В еловых и березовых типах леса расход влаги на суммарное испарение заметно выше, чем в сосновых [203]. По данным Валдайского филиала ГГИ суммарное испарение с водосбора, занятого преимущественно сосновым лесом, на 8 - 11% меньше, чем с водосборов, покрытых еловым и смешанным лесом [330].

Расход влаги на суммарное испарение как с лесных, так и безлесных территорий происходит в основном в период интенсивной вегетации и в мае - сентябре составляет, например, в южной части таежной зоны соответственно 81 и 82%

Таблица 2.1

Зависимость среднегоголетней суммы осадков (за май - октябрь)
от вида подстилающей поверхности [224]

Река, в бассейне которой расположены парные водосборы	Период наблюдений, годы	Водосбор	Площадь водосбора, км ²	Вид поверхности	Лесистость, %	Осадки, мм*	Разница в сумме осадков, %
Вологда (Вологодская обл.)	1974 - 1983	Р. Ершовка	5,84	Еловый лес	94	437/437	11
		Р. Лопач	3,60	Пашня	10	370/389	
Ветлуга (Горьковская обл.)	1969 - 1983	Р. Красницы	3,25	Сосновый лес	86	383/383	
		Р. Мокруша	4,52	Пашня	2	337/357	
Клязьма (Ивановская обл.)	1973 - 1983	Р. Саворня	3,73	Смешанный лес	82	398/398	7
		Р. Лух	2,73	Пашня, луг	14	353/37	
Вятка (Кировская обл.)	1971 - 1983	Руч. Межник	2,48	Хвойный лес (ель, сосна, пихта)	79	466/466	10
		Руч. Ключи	1,99	Пашня	10	401/422	
Ток (Оренбургская обл.)	1971 - 1983	Р. Ток, п. Боровое	27,0	Сосновый лес	100	294/332	13
		Р. Ток, ст. Бузулук	–	Постройки	0	252/290	18
		Р. Ток, агрометеостанция Бузулук	–	Пашня	0	238/272	

* В числителе - с поправкой на смачивание; в знаменателе с поправкой на смачивание и ветровой недоучет.

годовой суммы. По экспериментальным данным [203, 322, 330], максимальное испарение наблюдается с леса в возрасте 35 - 45 лет. Между тем в условиях малого полевого водосбора испарение из года в год остается стабильным, определяется в основном климатическими факторами и частично видовым составом культурных растений. Отсюда следует, что соотношения показателей испарения с леса и поля постоянно изменяются в зависимости от возраста насаждения.

Влияние размера лесного массива на испарение осуществляется через краевой эффект. Роль этого фактора в лесной зоне практически не проявляется или мало заметна. Она возрастает при переходе от лесной зоны к лесостепной и

степной, для которых характерны лесные участки небольших размеров. Так, по Ю.Л. Раунеру, при площади лесного массива 10, 100, 1000 км² увеличение суммарного испарения с леса составляет соответственно 16, 7 и 3% [257]. Следовательно, в этих зонах испарение с небольших лесных массивов может быть больше, чем с безлесных территорий. Однако меньший расход влаги на испарение сосновыми лесами по сравнению с лиственными насаждениями и безлесными участками является характерным и для этих районов.

В лесной зоне влияние краевого эффекта на соотношение показателей суммарного испарения с леса и поля выражено слабо, а значение возраста насаждения проявляется лишь на малых водосборах. В итоге для этой зоны соотношение суммарного испарения и стока с лесного и полевого водосборов определяется в основном климатическими факторами. Поэтому здесь чаще всего имеет место однозначное увеличение среднесуточного годового стока при росте лесистости водосбора, что следует из материалов наблюдений на равнинной территории.

В.В. Рахманов [258, 260], используя метод сопоставления годового стока рек с разной лесистостью водосборов, пришел к выводу, что увеличение стока под влиянием леса происходит по линейному закону и обусловлено главным образом повышением количества осадков над лесом. Связь годового стока с лесистостью, например, для 12 рек в бассейне Вятки (в Кировской области) характеризуется коэффициентом корреляции 0,88. Аналогичные результаты были получены для водосборов, расположенных в бассейне верхнего Днепра, в Среднем Поволжье и на Украине. Согласно С.Х. Будыко [41], в Белоруссии увеличению лесистости водосборов на каждый процент соответствует приращение годового стока в 1,4 мм, т. е. примерно такое же, как и в бассейнах верхнего Днепра и Вятки. Причем повышенный сток наблюдается в весенний период и летнюю межень. Этот же метод применяли Д.Л. Соколовский [297], А.П. Бочков [40].

А.В. Лебедев при изучении влияния леса на сток рассматривал водный и тепловой балансы природных комплексов речных бассейнов в равнинных лесостепных и степных районах Средней и Западной Сибири [166]. Он показал, что в лесных ландшафтах все элементы водного баланса имеют большие значения по сравнению с лугово-степными комплексами. Так, при лесистости водосбора 20 - 40% разница в стоке в лесу и степи составляет 60 - 80 мм. Лесные ландшафты возвышенных частей водосборов формируют на 130 - 200 мм стока больше лугово-степных. Здесь следует отметить существенное влияние рельефа, опосредованное через растительность.

С.Ф. Федоровым [330], изучавшим влияние леса на элементы водного баланса малых водосборов в условиях северо-запада ЕТС, также подчеркивается большое водоохранное и водорегулирующее значение лесов. Им показано, что по мере увеличения лесистости увеличивается среднесуточный сток за весеннее половодье. Для условий Новгородской области разница в значениях годового стока с лесного и полевого водосборов составляет 10 - 14%. Положительное влияние леса на сток обнаруживается и в различные по водности годы. Увеличение летнего меженного стока отмечается для водосборов площадью более 6000 км², что хорошо прослеживается по повышению значений подземного стока по мере роста лесистости водосборов (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Зависимость подземного стока от лесистости водосборов [54]

Река - пункт	Площадь водосбора, км ²	Лесистость, %	Осадки за год, мм	Суммарный сток за год, мм	Доля подземного стока в суммарном, %
Луга - Кенгисепп	12200	62	751	256	30
Луга - Толмачено	5990	59	740	245	34
Великая - Гуйтово	13400	40	730	234	26
Ловать - Сельцо	8230	40	742	220	26
Шелонь - Заполье	6820	26	754	214	15

По данным В.Е. Водогрещкого [57], в лесной зоне леса повсеместно способствуют увеличению стока. В лесостепной зоне сток с лесных водосборов больше, чем с полевых, при условии, когда грунтовые воды залегают на глубине меньше 10 м. При их залегании на глубине более 10 м имеет место обратное соотношение.

Для точного и однозначного решения вопросов о роли леса в формировании гидрологических особенностей малых рек необходим учет всего набора природных факторов, а не только растительности. Следует иметь в виду, что воздействие леса может осуществляться косвенно, через другие природные компоненты, например почвы или микроклимат. Большую роль играет и размерность исследуемого объекта, когда каждому пространственному уровню явления соответствует свой набор влияющих факторов. Известно, что гидрологические процессы в малых речных бассейнах более зависимы от характеристик лесного массива, чем у средних и больших рек. В последнем случае типологические, таксационные или биометрические характеристики могут быть интегрированы в такой показатель, как лесистость или площадь древостоев и их расположение на малом водосборе. Только учет всего набора природных факторов в совокупности, системный анализ объектов изучения может привести к обоснованным и достоверным выводам о гидрологической роли леса.

В заключение этого раздела о значении лесомелиорации для малых водосборов и стока. Система защитных насаждений обеспечивает равномерное распределение снега, переводит поверхностный склоновый сток во внутрипочвенный, защищает почву от эрозии, кольматирует твердые наносы, препятствуя заилению малых рек, предотвращает ионный сток, защищает берега рек от боковых размывов, а поймы - от заноса песком и овражно-балочным аллювием. Лесные полосы делятся на стокорегулирующие, закладываемые на пахотных землях поперек склона, прибалочные, приовражные и приречные, создаваемые вдоль берегов, береговые, балочные и овражные насаждения. Существует группа древесных насаждений-илофильтров из кустарниковых видов, размещаемых в днищах балок, донных частях оврагов, насаждения на конусах выноса и в приустьевых частях. Каждая категория защитных насаждений в малом бассейне выполняет свои функции [212, 252]. Количественная оценка водоохранной роли леса с оценкой влияния его на речной сток и водоочистительной роли на примере Волжского бассейна приведена в работе [275].

2.4. Ландшафтно-гидрологические исследования на малых водосборах

Географо-гидрологические исследования уже много лет осуществляются как в рамках гидрологии, так и в рамках комплексной географии и ландшафтоведения. Накоплен значительный фактический материал, имеются теоретические обобщения, но разделение научных дисциплин мешает развитию исследований в этой области. К.Н. Дьяконов, опираясь на основное методологическое противоречие объекта ландшафтоведения - противоречие между косной и живой средой, считает необходимым в рамках космических циклов четко обозначить интегральные индицирующие показатели: 1) сток; 2) вынос вещества; 3) структура природно-территориального комплекса (ПТК), которые реально отражают динамику процессов, состояние и функционирование ПТК, в том числе бассейнов малых рек [93, 113].

Системный подход в ландшафтной гидрологии [157, 317]. Последние десятилетия ландшафтную гидрологию, как пограничную дисциплину между гидрологией и ландшафтоведением, пронизали системные идеи, требующие обсуждения. При этом сохраняется неупорядоченность и противоречивость взглядов научных школ, отсутствие в работах четких количественных (или однозначных качественных) показателей ландшафта, характеризующих сток. Это может быть связано со становлением новой научной дисциплины - ландшафтной гидрологии.

Географо-гидрологический метод [270] имеет глубокие исторические корни и широко представлен работами гидрологов Европейской России и сибирской школы профессора В.С. Мезенцева. Ландшафтно-гидрологическое направление, интенсивно развиваемое в Институте географии СО РАН, можно считать ведущим в России. Об этом свидетельствуют публикации [5, 142, 307].

Одним из основополагающих понятий ландшафтной гидрологии является ландшафтно-гидрологическая система (ЛГС) или ландшафтно-гидрологический комплекс (ЛГК), под которым по А.Н. Антипову: "...следует понимать часть земной поверхности, где взаимодействие гидрологических процессов и природных структур обладает локализованно специфическими, предопределенными одним или рядом географических факторов закономерностями" [5, с. 11]. Однако один и тот же ПТК может играть различную стокообразующую роль и не только от года к году, но и ежедневно, т. е. быть переменным. Примером таких ПТК с переменной ролью могут служить микроразпадины на водосборе малых рек юга Западной Сибири. Анализ крупномасштабного картографического материала, экспедиционные исследования позволяют сформулировать понятие ЛГК применительно к ландшафтной гидрологии - это близкий по условиям формирования стока набор природно-территориальных комплексов, меняющийся от года к году или от дня ко дню, т. е. ЛГК не есть что-то застывшее - его площадь непрерывно меняется. ЛГК - набор ПТК, имеющих в конкретный период времени близкое состояние по отношению к стоку (например, близкие емкостные особенности за период половодья). ПТК лишь косвенно характеризует площади на водосборе с близкими емкостными особенностями, поэтому для точной оценки площади ЛГК необходимы экспериментальные наблюдения в каждом малом бассейне. Однако в большинстве случаев ЛГК формируются из набора ПТК.

Другим, не менее важным, в ландшафтной гидрологии является понятие "ландшафтный подход в гидрологии", которое, характеризует применение ландшафтной информации в гидрологии [246].

Третьим основополагающим понятием ландшафтной гидрологии является "ландшафтно-гидрологический анализ". А.Н. Антипов [5] считает, что ландшафтно-гидрологический анализ направлен на изучение закономерностей взаимодействия гидрологических процессов и природных структур в двух аспектах: формирование процессов в различных природных комплексах и структурообразующие функции водных объектов. Действительно термин "ландшафтно-гидрологический анализ" имеет два аспекта: ландшафтный и водный. В течение ряда десятилетий гидрологи в той или иной мере анализируют ландшафтные особенности [187, 305, 308, 309]. Естественно, что мера привлечения ландшафтной информации зависит от характера гидрологических исследований (целей и методов), поэтому она изменяется от вида работ. Можно считать, что использование ландшафтно-гидрологического анализа - это стратегия получения новых совместных знаний о ландшафтах и водах. В отличие от ландшафтного подхода привлекаются как ландшафтные, так и гидрологические сведения.

Синтез ландшафтных и гидрологических показателей осуществляется на бассейновом уровне, когда необходимо использовать первые для уточнения расчета последних или оценить распределение ЛГК в бассейне [45]. Ландшафтно-гидрологический синтез - это объединение ландшафтных и гидрологических показателей в некоторые целостные объекты - состояния (определенные пространственно-временные структуры, имеющие свои особенности функционирования). Смены состояний ПТК на локальном и региональном уровнях следует отличать от смены литогенной основы, биоты, почвы.

В физико-географических исследованиях показания массоэнергообмена используются, главным образом, при описании функционирования ландшафтных систем [32 - 34]. Связям между геометрией и режимными характеристиками систем уделяется сравнительно мало внимания. Лучшим количественным критерием устойчивости ландшафтов является время возврата системы в исходное состояние.

Оценка ландшафтных систем возможна в разных условиях, но в балансовых исследованиях, особенно при расчете и прогнозе стока, она приемлема на начальном и заключительном этапах работ по использованию ландшафтной информации [267, 368]. Это позволяет наметить направление и исключить неоправданные (но иногда подтверждаемые расчетом) заключения. В гидрологических водно-балансовых исследованиях наиболее характерным критерием определения равновесия служит коэффициент стока. В бессточных районах его величина незначительна, поэтому ПТК, слагающие такие водосборы, очень ранимы. Количественные значения коэффициента стока косвенно определяют степень их равновесия и устойчивости.

Решение ландшафтно-гидрологических проблем сталкивается с недостаточной теоретической разработкой многих понятий: анализ, синтез, устойчивость, равновесие, состояние, граница, активность и др. Ландшафтно-гидрологический анализ и синтез на локальном уровне позволяют выделять типы ПТК, имеющие различную активность по отношению к стоку. Это дает возможность с определенной степенью точности определять действующую

площадь на водосборах, где топографическая площадь - переменная во времени величина (бессточные площади бассейна р. Обь). Определение меры активности в ландшафтоведении позволяет перейти к ее практическому применению в гидрологии, прежде всего, для унифицирования использования ландшафтной информации и ряда практических целей (расчета и прогноза стока, ландшафтно-гидрологического районирования и картографирования, экологического мониторинга вод, оптимизации природопользования на водосборах и т. п.) [317].

В.С. Преображенский [246, с. 76] высказал положения, важные для понимания рассматриваемой проблемы: "История становления ландшафтоведения как науки свидетельствует о том, что применение даже самых общих, чрезвычайно размытых, далеко не оформленных представлений о ландшафтах в ряде отраслей науки зафиксировано почти одновременно, если не ранее, чем признание ландшафта предметом географического исследования". По мнению В.Н. Солнцева: "...любое подлинное комплексное исследование взаимодействия природы и общества, вне зависимости от профессиональной принадлежности его исполнителей, было, есть и будет ландшафтным исследованием" [298, с. 40].

Следуя представлениям В.С. Преображенского, ландшафтным подходом в гидрологии является применение ландшафтной информации в гидрологическом анализе. Предложенная трактовка понятия и сути ландшафтного подхода, а также отсутствие работ с применением этого понятия в гидрологии, позволяют, опираясь на исследования, сформулировать, что ландшафтный подход в гидрологии включает в себя: во-первых, частные методы анализа и обобщения географических данных, во-вторых, дополнительное использование ландшафтной информации для решения следующих взаимосвязанных задач:

1) определение ландшафтной структуры водосборов как основы для индикации процессов, формирующих сток или величин стока (в данной работе - это оценка действующих площадей по ландшафтной структуре водосборов);

2) проведение гидрологически значимых границ ландшафтов. Включает в себя, помимо методики ландшафтного картографирования и оценки динамики границ, анализ принципов определения гидрологической значимости;

3) разработка и применение конкретных моделей расчета и прогноза стока.

Среди множества взаимосвязанных процессов, происходящих в ландшафте, гидрология высвечивает только определенную их часть, связанную с формированием стока. Объекты такого исследования названы Ю.Б. Виноградовым стокоформирующими комплексами (СФК). СФК - отдельные участки земной поверхности, в пределах которых процесс формирования стока представляется качественно единообразным, а их количественные характеристики могут быть осреднены. По нашему мнению, понятие СФК близко к понятию ЛГК, применяемому в Институте географии СО РАН. ЛГК - близкий по условиям формирования стока набор ПТК, меняющийся от года к году [141].

Под ПТК, согласно общепринятым нормам, понимается пространственно ограниченный набор компонентов, объединенный относительно тесным взаимодействием [227]. ПТК - элементарный ландшафт, соответствующий понятию фации или урочища в ландшафтоведении (например, неглубокие заболоченные западины междуречий с дернисто-осоковыми березняками и ивой на лугово-болотных почвах). В понимании гидрологов такому ПТК соответствует понятие "колок", т. е. любой заболоченный колок на междуречье. Таким образом, любые ПТК в понимании ландшафтоведов можно легко интерпретировать в

категориях гидрологии (например, балка, кювет, лесополоса и т. п.). При этом понятие "ПТК" соответствует термину "элемент ландшафта", традиционно используемому в гидрологии.

Ландшафтно-гидрологическое районирование. В.Б. Сочава, А.А. Крауклис, В.А. Снытко [301] определили районирование как пространственную классификацию природных условий. Любое районирование характеризуется целью, объектом, методом и масштабом исследований. Районирование - это важная в научном и прикладном отношении проблема. Физико-географическому районированию в стране за 80 лет посвящено свыше 1200 опубликованных работ. Существуют и опыты районирования, основанные на различных (нередко противоречивых) принципах и положениях.

Среди гидрологов распространено представление о том, что районирование является первой стадией географического обобщения при недостаточной гидрологической изученности той или иной территории. И, наоборот, районирование иногда рассматривается как более совершенный (по сравнению, например, с интерполяцией) способ обобщения гидрологических данных, которому должно быть отдано предпочтение на стадии более детального исследования при высокой степени гидрологической изученности [149].

Гидрологическое районирование является частным природным районированием. Наиболее известные работы по гидрологическому районированию в соответствии с основными классификационными признаками можно разделить на три группы:

- 1) с преимущественным использованием физико-географических признаков - климата, рельефа, почв, растительности [278, 285];
- 2) с преимущественным использованием гидрологических показателей [297, 320];
- 3) с совместным использованием физико-географических признаков и гидрологических показателей [148, 292].

В итоге исследователями определен наиболее показательный, комплексный гидрологический признак для целей картографирования и районирования - сток. Это - среднегодовые характеристики стока, связанные с основными факторами его формирования: атмосферными осадками, испарением, подземным питанием. Первая из вышеперечисленных категорий работ - общегеографическая. Здесь гидрологическими являются только цели районирования. Объективно - это физико-географическое районирование. Работы второй категории по объекту и целям районирования - гидрологические. Их можно назвать работами по гидрологическому районированию. Далее рассмотрим работы третьей группы.

Кроме объекта и целей при анализе районирования следует учитывать ряд других требований, прежде всего - выбор методов районирования. Наиболее важные из них:

- 1) метод сопряженного анализа компонентов;
- 2) метод ведущего фактора;
- 3) районирование на ландшафтно-типологической основе (под типологией понимается соединение в один ряд однородных территорий, иногда удаленных друг от друга, но в пределах картографируемого участка). От типологического следует отличать индивидуальное районирование, когда в один тип объединяются только смежные территории.

Метод сопряженного анализа компонентов убедительно реализован в комплексном подходе к гидрологическому районированию, разработанном П.С. Кузиным [148]. Суть районирования заключается в совместном (сопряженном) учете характеристик гидрологического режима и физико-географических особенностей. В практике такое районирование нашло широкое применение, особенно в мелком масштабе [6, 7, 149, 213]. Однако сочетание часто совершенно разнородных признаков в гидрологическом районировании (элементы водного баланса, водный и ледовый режим рек, компоненты природной среды) приводит на деле к проведению границ на основании учета одного или двух-трех основных показателей. В итоге работы получаем сетку контуров, проведенных в разных частях карты по различным признакам. Это не позволяет оценить точность границ, а самое главное - использовать схему районирования в практических целях, особенно - в крупном масштабе. Наиболее удачным среди такой категории работ может быть признано районирование, где районы выделяются по характеру зависимости стока от определяющих его факторов. В качестве примера можно использовать районирование Горного Алтая А.М. Комлевым, где гидрологические районы выделяются по виду зависимости стока от высоты местности. Такое районирование выигрывает в однозначности, но резко проигрывает в комплексности [129].

Метод ведущего фактора в гидрологическом районировании реализован благодаря бассейновому принципу, имеющему глубокие исторические корни. Отдавая должное бассейновому принципу районирования, необходимо отметить, что для бессточных площадей этот принцип в качестве единственного не подходит. На бессточных площадях величина малого бассейна есть переменная во времени величина.

Районирование с учетом ландшафтной типологии применяется, главным образом, для прикладных целей, на что указывает Д.Л. Арманд [14, 15]. Для гидрологии подобный подход обосновал А.А. Соколов, отмечая, что районирование состоит из нескольких ступеней. Вначале территория разделяется на крупные районы, однородные по какому-либо одному, самому общему признаку. Затем они делятся на меньшие таксономические единицы по другим, более частным признакам [293]. По мере детализации районирования гидрологическая однородность выделяемых единиц повышается, а пределы колебаний характеристик гидрологического режима сужаются. Очевидно, что в конечном звене районирования зональные различия в пределах выделенных единиц должны быть уже несущественными. Точность расчета (при прочих равных условиях) увеличивается за счет количества выделенных таксономических единиц. По нашему мнению, типологический подход наиболее целесообразен при крупномасштабных работах.

С точки зрения дальнейшей разработки идей А.А. Соколова привлекают внимание работы А.И. Субботина, который продвинулся не просто в области внедрения ландшафтных поправок к величинам стока, но и в область использования ландшафтной информации в подготовке исходных данных для территориально общих моделей стока [307 - 309]. Однако вопросы, связанные с поэтапным (типологическим) районированием, остались незатронутыми. А.И. Субботин и коллектив авторов, работавших вместе с ним, не смогли оторваться от привычных многословных трактовок ландшафта, от использования в качестве поправки долей площади ландшафтов в бассейне [309, 310]. Следует

отметить работу Н.К. Минина, В.И. Булатова, Д.А. Буракова, в которой, как и у А.И. Субботина, сток оценивается по ландшафтной структуре малых речных бассейнов [193].

В настоящее время считается бесспорным, что даже один элементарный ландшафт (ПТК) может играть разную гидрологическую роль, т. е. находиться в различных состояниях. Поэтому только в связи с развитием близких друг с другом понятий - ландшафтно-гидрологический комплекс и стокоформирующий комплекс - стало возможным оперировать площадями ПТК, объединенными по отношению к стоку. Имея такой поэтапно накопленный арсенал сведений, в бессточных районах юга Западной Сибири нам удалось связать площади ЛГК с величиной действующей площади водосбора. Решение этого вопроса максимально упрощается, когда удастся разработать методику ландшафтно-гидрологического районирования, позволяющую на практике выделять ЛГК. Конечным продуктом прикладных исследований является карта районирования, отражающая именно те особенности территории, которые необходимо учитывать при ландшафтно-гидрологическом анализе [315, 317].

Ландшафтно-гидрологическое картографирование. В общем смысле под картографированием (термин, заменивший с 1966 г. "картирование" [314]) понимается процесс составления карт. Для этого в картографии существует целый ряд способов картографического изображения: способ изолинии, способы качественного и количественного фона, картограмм, картодиаграмм, локализованных диаграмм и др. Характеристика применения перечисленных способов в гидрологии приводиться в табл. 2.3

Таблица 2.3

Способы картографического изображения в гидрологии

Способ изображения	Характер изображаемого явления	Применение в гидрологии
Изолинии	Плавно меняющиеся характеристики величин	Картографирование величин слоя стока, испарения и т. п.
Качественный фон	Однородные в качественном отношении участки	Картографирование типов водного режима
Количественный фон	Однородные в количественном отношении участки	Картографирование модуля стока и др.
Картограммы	Явление в пределах территориальных единиц	Картографирование слоя стока, расхода воды по водосбору и др.
Картодиаграммы	Диаграммы	Построение диаграмм типов рек по внутригодовому распределению стока
Локализованные диаграммы	Диаграммы, отнесенные к пунктам, линиям	Построение диаграмм стока и других характеристик по гидростанциям, гидросети и т. п.
Линейные знаки	Различные линейные объекты	Картографирование гидрографической сети
Впечатанные в карту фотоизображения	Водные объекты	Определение гидрографических характеристик

Таким образом, непрерывные (плавно меняющиеся) характеристики величин картографируют с помощью изолиний, а дискретные - с помощью качественного и количественного фона, картограмм. При этом надо учитывать, что при картографировании в мелком масштабе даже заведомо дискретные характеристики можно показать плавно меняющимися по территории. Особой проблемой является отражение на ландшафтных картах долинно-речных ПТК. Тема требует специального анализа многочисленных экологических и других тематических карт разного масштаба [8].

Применение ландшафтно-гидрологического районирования в расчетах и прогнозах местного стока. Ландшафтно-гидрологическое районирование возможно и целесообразно в следующих случаях:

1) на предварительном этапе исследования до получения расчетных зависимостей стока основывается лишь на ландшафтной информации;

2) при малом объеме гидрометрических данных, когда можно показать, что зависимости неслучайны и обоснованы с ландшафтной точки зрения;

3) когда применение метода изолиний ограничено (при исследованиях в крупном масштабе, при дискретном распределении стока по территории и т. п.).

Конечной целью расчетов в большинстве случаев является определение значений характерных расходов воды заданной вероятности превышения (обеспеченности). Для неизученных рек эта задача может быть решена только методом географо-гидрологического обобщения. Он реализуется в виде карт (карт-схем) параметров функций распределения или зависимостей их от физико-географических факторов.

Основные перспективы изучения формирования стока в природе обычно связывают с наблюдениями на элементарных водосборах. Элементарный водосбор - естественное образование, самой природой "приспособленное" для изучения стоковых процессов. Возможность составления карт основных типов малых водосборов в составе более крупного бассейна реки для уточнения расчетов и прогнозов появилась лишь с разработкой и распространением ландшафтных карт. Ими гидрологи до сих пор пользуются редко [7, 158, 299, 300]. И в то же время, как указывал А.И. Субботин, недоучет различий в структуре ландшафта "элементарных" и более крупных речных бассейнов часто приводит к неудачам в практическом использовании и даже к дискредитации наблюдений на малых водосборах [308]. При переносе результатов наблюдений на малых водосборах на какую-либо большую территорию необходимы:

1) тщательный анализ структуры ландшафтов, позволяющий определить степень репрезентативности малых водосборов;

2) анализ генетической структуры стока, имея в виду различия в условиях формирования стока талых, дождевых и особенно подземных вод на малых и более крупных водосборах.

Результаты гидрометеорологических наблюдений на элементарных водосборах могут быть использованы для целей научного ландшафтно-гидрологического анализа с наибольшей эффективностью. Такой водосбор максимально однороден по стокообразующим свойствам. Все реальные речные бассейны большого размера состоят из множества элементарных бассейнов, поэтому к выбору типичных водосборов необходимо подходить с особой тщательностью. Ю.Б. Виноградовым [49] специально отмечена возможность и полезность кратковременных наблюдений на элементарных водосборах, которые,

несмотря на свою отрывочность, позволяют произвести приближенную оценку расчетных параметров и выявить основные гидрологические особенности данного СФК. Исследования формирования стока на водосборах, разнообразных по своему характеру и расположенных в различных географических районах, позволят в значительной мере обеспечить математическое моделирование процессов формирования стока необходимой информацией.

Другим подходом, в противоположность детализации ландшафтной структуры бассейнов, является обобщение закономерностей формирования стока, единых для большого количества малых бассейнов в пределах относительно однородной по физико-географическим условиям территории. Оно осуществляется путем выявления так называемых территориально общих закономерностей и использования их в форме локальных зависимостей стока от определяющих его факторов.

В процессе подготовки данных для территориально общей зависимости (или модели) встает вопрос о репрезентативности малых бассейнов, информация с которых интерпретируется в расчетах и прогнозах. Активная деятельность в этом направлении в некоторой степени была связана с реализацией программы международного гидрологического десятилетия по исследованиям на репрезентативных и экспериментальных бассейнах [264]. Предполагается, что для решения вопроса о репрезентативности бассейна следует сравнивать показатели климатических, геоморфологических, почвенно-растительных характеристик бассейна с такими же показателями районов.

Ландшафтно-гидрологические исследования малых рек на водно-балансовых станциях [92]. Экспериментальные гидрологические исследования на водно-балансовых станциях имеют большое значение для многих вопросов научной и практической гидрологии. Полнота программы работ и длительные ряды непрерывных наблюдений позволяют исследовать многие гидрологические процессы и явления, которые невозможно выявить по наблюдениям на средних и больших реках. Значимость таких исследований возрастает и еще и потому, что на большинстве малых рек, занимающих до 90% всей гидрографической сети, не производятся гидрометеорологические наблюдения. На многих малых реках в результате хозяйственной деятельности существенно искажен естественный режим стока, а оценка этого искажения невозможна без эталонных наблюдений на малых реках с естественным режимом.

Осветим результаты научной деятельности Подмосковной водно-балансовой станции и их практическое значение и применение. Станция более 50 лет проводит комплекс наблюдений на водосборах рек, ручьев, логов и водно-балансовых площадок, как дополненных большим объемом полевых экспериментальных исследований, которые позволяют уточнить представления об основных гидрологических процессах и явлениях и получить количественные параметры для расчетов и прогнозов стока.

Проведенные работы позволили А.И. Субботину разработать и обосновать ландшафтно-гидрологический метод исследований, а также доказать возможность его применения и распространения на реки более крупных и относительно однородных ландшафтно-гидрологических районов. Сущность ландшафтно-гидрологического метода исследования состоит в том, что, во-первых, речной сток рассматривается как сумма водных масс, поступающих с различных участков водосбора. Различные условия формирования стока на этих участках

определяют различия в количестве и качестве вод, стекающих с них в речную сеть. Во-вторых, речной сток расчленяется по генетическим признакам на сток талых, дождевых и подземных вод, количество, качество и временной режим поступления которых в реку существенно различаются.

При разработке метода особое внимание уделялось исследованию наиболее актуальных и наименее изученных вопросов современной гидрологии: 1) характеру и причинам территориальной неравномерности стока и способам его учета при гидрологических расчетах и прогнозах и 2) структуре стока по характеру поступления воды в речную сеть (это воды снеговые и дождевые). Очевидно, что исследование обоих вопросов возможно и больше обеспечено только по наблюдениям на малых водосборах.

Наиболее полное представление о стоке реки и его изменениях можно получить при условии, что удастся охарактеризовать сток на основных и наиболее значительных по площади участках речного бассейна. В условиях равнинной территории европейской части Российской Федерации неоднородность стока за весеннее половодье на малых реках определяется в основном влиянием почвенного и растительного покрова, так как погодные условия на этих небольших территориях остаются однородными. Эта неравномерность стока по площади подтверждается существенными различиями величины и режима стока на лесных и безлесных участках речного бассейна. Оказывают влияние на изменение стока и другие элементы ландшафта и прежде всего гидрографическая сеть. На водно-балансовых станциях наряду с наблюдениями на небольших, но достаточно сложных по характеру поверхности бассейнах проводятся также наблюдения на элементарных водосборах с однородной поверхностью, характерной для какого-либо вида ландшафта (в лесной зоне это лесной и безлесный водосбор).

Однако природные условия даже небольших речных бассейнов отличаются большим разнообразием и поэтому в условиях водно-балансовых станций невозможно охватить наблюдениями за стоком все элементы ландшафта. В связи с этим приходится схематизировать территорию речного бассейна по нескольким наиболее характерным участкам, которые оказывают наибольшее влияние на сток реки. На Подмосковной водно-балансовой станции выделено пять типов или элементов ландшафта, различающихся характером почв и растительности, а следовательно и условиями стока талых и дождевых вод: 1 - смешанный лес на суглинках, 2 - смешанный лес на супеси, 3 - безлесные участки с суглинистыми почвами, 4 - безлесные участки с супесчаными почвами и 5 - русловая сеть с прилегающими к ней увлажненными участками водосборов (поймы, крутые склоны). Все типы ландшафта обеспечены прямыми измерениями, включающими и сток. Исключением является тип 5, в котором сток за половодье определяется путем расчета по снегозапасам перед началом снеготаяния, осадкам до конца половодья и постоянному коэффициенту стока, равному 0,9.

Таким образом, на примере бассейна Москвы с его большой антропогенной нагрузкой показана острая необходимость, во-первых, в организации гидрологических заказников в наиболее характерных частях бассейна; во-вторых, в сохранении сети гидрологических станций с длительными рядами непрерывных наблюдений; и, в-третьих, в сохранении непрерывности и объема работ Подмосковной водно-балансовой станции.

Кроме малых водосборов, отдельных топологических подразделений ландшафта все больше внимания акцентируется на необходимости ландшафтно-гидрологического и эколого-гидрологического изучения долинных ландшафтов в целом, экосистем малых рек, функционально увязываемых гидрографической сетью в одно целое [30, 76, 124, 371]. Следующим шагом является включение малых рек в общую систему ландшафтов и охраняемых территорий региона [91]. Географический системный анализ проблем изучения и использования водных ресурсов позволяет разработать единый методологический подход к решению этих проблем [143].

2.5. Хозяйственная деятельность на малых водосборах

Гидроэкология малых рек [2]. Гидроэкология, по Н.И. Алексеевскому, - новое научное направление, изучающее закономерности оптимального сосуществования населения, хозяйства, водных объектов, экосистем при котором развитие производительных сил территории сочетается с надежностью гидроэкологической безопасности, минимизацией экологических ущербов от негативных гидрологических процессов. Она показывает реальный путь управления процессами природопользования в речных бассейнах, поиска разумных компромиссов между задачами повышения экономического уровня и сохранения благоприятных условий жизни, существования водных и наземных экосистем. Особенно актуален учет этих закономерностей в бассейнах малых рек.

Состояние небольших водотоков в максимальной степени зависит от антропогенных нагрузок на водосбор и долинно-русловой комплекс. Их влияние прослеживается в форме физического, химического, бактериального загрязнения водных объектов. Эквивалентом этих видов загрязнения является изменение фоновых значений геостока. Геосток (в понимании С.Д. Муравейского - суммарный речной сток) - совокупность стока воды, наносов, химических веществ, биологических субстратов, тепла, отражающая условия его формирования на поверхности бассейна и перемещения по русловой сети. Геосток включает природную и антропогенную составляющие. Изменчивость их соотношения характеризует меру трансформации природных механизмов стока и, следовательно, вариации водоносности рек, качества воды, абиотических условий существования водных экосистем. Связь между изменением геостока, потребительскими свойствами водных ресурсов, разнообразием и продуктивностью речных биоценозов многофакторна. Определение ее вида требует учета разнообразных принципов и критериев подобия малых рек.

Главным признаком подобия малых рек является идентичность условий формирования геостока. Она определена сочетанием факторов формирования стока, совокупность влияния которых прослеживается в закономерном (зональном) изменении составляющих уравнения водного баланса бассейнов за многолетний период времени:

$$Y = X - Z,$$

где Y , X , Z - соответственно, слой стока, осадков и испарения.

К важным признакам подобия малых водотоков относятся тип рек (горные или равнинные), их размер (длина, площадь бассейна, порядок), тип русловых отложений (валуноно-галечные, илистые, песчаные и др.), морфодинамический тип русла (относительно прямолинейное, меандрирующее, разветвленное на рукава), состояние потока (изменчивость числа Фруда), его режим (изменчивость числа Рейнольдса).

Водотоки могут иметь одинаковый или несовпадающий тип внутригодового распределения стока, отличаться по совокупности азональных условий, характерных для их водосборов. Если все эти признаки и критерии подобия совпадают, то логично ожидать подобия рек по гидроэкологической безопасности территорий, по состоянию водных экосистем. В этих условиях отличия между ними связаны в основном с изменчивостью антропогенных нагрузок. В зависимости от их набора, меры воздействия на изменчивость антропогенных составляющих геостока находится трофический статус водного объекта и, следовательно, экологическое состояние малых рек.

Оценка состояния среды водосборов малых рек [77]. Малые реки в значительной степени определяют гидрологический режим и качество вод крупных и средних рек, так как они составляют гидрологическую основу территории, регулируя водный режим природного ландшафта, перераспределяя или поддерживая влагу. Экосистемы малых рек являются весьма "ранимыми"; их состояние определяется состоянием водосборной площади.

Оценка экологического состояния водосборов малых рек проводится по степени освоения территории и нарушенности природных комплексов. Последняя определяется по состоянию почвенного покрова, растительных ассоциаций, изменениям химического состава почв, растительности, донных отложений, поверхностных и подземных вод.

При исследованиях современного геоэкологического состояния водосборов малых притоков применяется метод ландшафтного профилирования. На ключевых участках закладываются поперечные профили, пересекающие долину реки с правого борта на левый. Профиль размечается с таким расчетом, чтобы охарактеризовать наибольшее количество ПТК и отразить антропогенную ситуацию. Ключевые (рабочие) участки выбираются с учетом типов природопользования: сельскохозяйственные территории (пашня, сенокос, выпас), селитебные территории (сельские), автомобильные и железные дороги (зона влияния), а также природный фон (луга, болота, лес) (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Геоэкологическое состояние среды водосборов малых рек
(оценивается по 4 градациям)

Степень антропогенной нарушенности, %	Нарушенность	Оценка состояния среды
0 - 10	Практически ненарушенное	Естественное
11 - 25	Слабая	Хорошее
26 - 60	Средняя	Удовлетворительное
Более 60	Сильная	Неудовлетворительное

Как показали исследования, степень и характер антропогенного использования водосборов малых рек во многих регионах достигли критического уровня и требуют корректировки (хотя бы по позициям, не требующим больших материальных затрат), а именно:

- 1) запрещение распашки территории до уреза воды и создание небольших лесополос в прирусловой части рек;
- 2) расчистка и углубление русел рек, засорившихся ключей и родников;
- 3) удаление и утилизация мусора;
- 4) обваловка берегов на опасных участках, создание сборников стоков, лесомелиорация и т. д.

Проведение оценок экологического состояния малых рек и их водосборов требует дальнейшей разработки и уточнения. Но даже предварительные результаты позволяют сделать вывод о необходимости снижения уровня антропогенных нагрузок и о необходимости узаконить статус санитарных зон для малых рек. Улучшение качества вод малых водотоков требует также повышения экологической грамотности населения, проживающего на территории водосбора, и соблюдения научно обоснованных норм антропогенных нагрузок по различным видам природопользования.

Методические подходы к оценке нагрузки загрязнения на экосистемы малых рек [159]. Оценка качества воды и определение нагрузки загрязнения на малые реки необходимы для выявления масштабов загрязнения (изменения) водной среды; суммарного антропогенного воздействия, возможных путей снижения антропогенных нагрузок, что позволит в дальнейшем разработать программы действий, конкретных мероприятий, управленческих решений, с целью их уменьшения.

Пресс загрязнения складывается из нагрузок, поступающих с водосборной площади и формирующихся в самом водном объекте. Однако за исключением случаев, когда на водном объекте ведется интенсивная хозяйственная деятельность (добыча полезных ископаемых, удаление донных отложений и т. д.), состояние экосистемы малой реки и формирование качества воды в значительной степени зависят от состояния водосборной площади.

В настоящее время в практической деятельности оценка нагрузки загрязнения на водный объект в большинстве случаев определяется как суммарная (результатирующая) нагрузка в самом водном объекте. Это не дает возможности определить источники воздействия, дифференцировать нагрузки по качеству, характеру и степени воздействия и, как следствие, выработать рекомендации для устранения или снижения негативных воздействий на экосистему малой реки и улучшения качества воды.

Оценка нагрузки загрязнения определяется по двум основным типам источников загрязнения:

- 1) точечным (фиксированным);
- 2) рассредоточенным (диффузным, площадным) [333].

Точечные источники загрязнения, являясь контролируруемыми, оказывают локальное загрязняющее воздействие. Объемы и интенсивность поступления стоков, как правило, не зависят от сезонов года. С позиции управления водными ресурсами, наибольший интерес представляют рассредоточенные источники загрязнения, не поддающиеся точному учету и контролю, и, следовательно, прогнозировать их воздействие на водные объекты довольно сложно.

При оценке влияния хозяйственного использования на качество вод следует выявить наиболее характерные загрязняющие вещества (ЗВ) по видам преимущественного природопользования. Если ЗВ поступают от нескольких видов хозяйственного использования, то суммарная концентрация конкретных ЗВ не должна превышать ПДК для данного типа водного объекта:

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_n < \text{ПДК} / V,$$

где Q - концентрация в водном объекте данного ЗВ; q_1, q_2, q_n - поступление данного ЗВ от всех видов хозяйственного использования, развитых на данном объекте; V - объем воды, участвующий в разбавлении ЗВ; ПДК - предельно допустимая концентрация данного ЗВ для этого типа водного объекта.

Для правильной оценки нагрузки загрязнения следует учитывать особенности миграции приоритетных ЗВ в системе "водоем-водосбор", соотнести фактический баланс ЗВ с расчетными данными, провести районирование водосборов малых рек по степени антропогенной нагруженности и типизацию самих рек по степени загрязнения, в том числе диффузным стоком [295, 333]. Анализ полученных данных позволит выработать рекомендации по снижению негативного воздействия на малые реки и их водосборную площадь.

Влияние антропогенных факторов внешней среды на структурно-функциональную организацию речных экосистем [73]. К основным следствиям влияния антропогенных факторов внешней среды на экологические системы относятся изменения структуры сообществ, круговорота веществ, функциональных характеристик и основных направлений развития экосистем [221, 247]. К основным видам антропогенного воздействия на водные экосистемы можно отнести органическое загрязнение, ацидофикацию и токсикацию. Анализ влияния этих видов антропогенного стресса на экологические системы малых рек показывает, что вызываемые ими изменения структурно-функциональной организации экосистем водотоков наряду с некоторыми общими тенденциями могут существенно различаться.

Исследования малых рек Ленинградской и Калининградской областей показали, что органическое загрязнение вызывает значительное изменение пространственной и функциональной структуры речной экосистемы. Сильное органическое загрязнение приводит к разрушению пространственной структуры речного континуума. На всех участках реки повышается роль мелкодисперсных фракций органического вещества и увеличивается дистанция их сноса, что уменьшает роль первичных консументов и увеличивает роль бактерий в их переработке. Видовое разнообразие гидробионтов уменьшается. Роль продуцентов органического вещества в экосистеме резко сокращается и значительно возрастает роль и биомасса консументов 1-го порядка, среди которых преобладают глотатели и собиратели детрита. Роль консументов 2-го порядка также снижается. В сообществах гидробионтов начинают преобладать стенобионтные короткоживущие полициклические виды гидробионтов, многие из которых имеют поливольтинный жизненный цикл и относятся к г-стратегам. В целом органическое загрязнение приводит к преобладанию детритных пищевых цепей, резкому увеличению скорости деструкции органического вещества в экосистеме, снижению отношения продукции экосистемы к его деструкции (P/R) и,

следовательно, значительному отклонению его от равновесного (климаксного) состояния, при котором P/R близко к единице. K_2 экосистемы при этом снижается.

В случае acidификации водотока изменения, происходящие в его экосистеме, во многом имеют другую направленность. Несмотря на то, что биологическое разнообразие экосистемы уменьшается, общая структура речного континуума сохраняется. При этом подавляются процессы деструкции органического вещества бактериями и значительно уменьшается биомасса первичных консументов, что часто приводит к увеличению биомассы и усложнению пространственной структуры перифитона. Резко увеличивается роль вторичных консументов, среди которых доминируют хищные личинки водных насекомых. Многие из них имеют многолетний жизненный цикл и могут быть отнесены к г-стратегам. В целом acidификация приводит к преобладанию пастбищных пищевых цепей, снижению скорости деструкции органического вещества и увеличению отношения P/R и K_2 экосистемы и, следовательно, вызывает сдвиг функционирования экологической системы водотока к равновесному состоянию.

Влияние токсикации на речные экосистемы зависит от вида токсикантов. Так, влияние пестицидов приводит к резкому обеднению фауны водных насекомых и доминированию некоторых представителей первичноводных животных. Напротив, при воздействии тяжелых металлов доминируют хищные водные насекомые. При токсикации происходит подавление первичной продукции экосистемы и может наблюдаться стимуляция деструкции органического вещества, что приводит к снижению отношения P/R и K_2 экосистемы [73].

Влияние хозяйственной деятельности на гидрологический цикл [116]. Влияние, которое оказывает деятельность человека на процессы гидрологического цикла, издавна привлекало ученых и практиков. Уже в 30-х гг. XVIII в. сильное обмеление многих европейских рек начали объяснять вырубкой лесов в их бассейнах. В 40-х гг. XIX в. в Петербургской академии наук была создана комиссия, в которую вошли академики К.Ф. Бэр, П.И. Кеппен и др., в задачу которой входило изучение последствий рубки лесов в бассейне Волги [55]. Особенно широкую дискуссию в научной печати европейских стран и России вызвало выступление австрийского инженера Г. Векса в 1873 г. "Об убыли воды в родниках, малых и больших реках культурных стран при одновременном усилении половодий" [259]. Наблюдавшееся в те годы снижение уровня воды в реках он объяснял истреблением лесов и осушением болот. Работа Г. Векса изучалась Венской, Копенгагенской и Петербургской академиями наук. Специальная комиссия Петербургской академии наук пришла к выводу, что обмеление рек происходит по причине уменьшения количества осадков, и по отношению к российским регионам оно фактически не доказано [184].

В дальнейшем становилось все очевидней, что рост хозяйственной деятельности на водосборах рек неизбежно приведет к существенному преобразованию гидрологических процессов. Начали появляться обширные и глубокие исследования по влиянию различных сторон антропогенной деятельности на водность рек. Сводку этих работ можно найти в монографиях [55, 184, 268].

Согласно [134] выделяется несколько этапов развития "гидрологии антропогенного направления": 1930-е гг. - преобразование сельского хозяйства, новые приемы земледелия; конец 1940-х - начало 1950-х гг. - развернувшееся гидротехническое строительство, в том числе на малых реках, значительные масштабы полезащитных лесонасаждений; начало 1960-х гг. - бурное развитие

по всем направлениям хозяйственной деятельности, сопровождавшееся пренебрежением к водоохранной и экологическим вопросам: середина 1980-х гг. - интенсификация водного хозяйства на фоне ярко выраженного интереса к экологическим вопросам с акцентом на ресурсосбережение.

Современному этапу исследований антропогенного воздействия на процессы гидрологического цикла присущи следующие черты, которые достаточно объективно можно охарактеризовать цитатой из монографии Н.И. Коронкевича [134]: "Здесь так же господствуют методы формальной статистики в ущерб генетическим, недостаточное внимание уделяется водосборам по сравнению с местами концентрации вод, лучше известны изменения стока, чем других элементов водного баланса, средние оценки превалируют над оценками лет определенной водности, изменения годового количества и режима вод более изучены, чем изменения качества вод". Тем не менее, за более чем столетний период развития гидрологии антропогенного направления были установлены определенные факты, разработаны методы оценок, предложены практические рекомендации.

Согласно исследованиям последних десятилетий, достоверно установлено, что лесные массивы увеличивают как жидкие, так и твердые осадки. Мы касались этого вопроса в разделе 2.3, там же приведены необходимые ссылки. Ученые указывают, что над лесом жидкие осадки за теплый период увеличиваются на 8 - 14% по сравнению с безлесными (полевыми) участками. Твердые осадки в лесной зоне европейской части России, которые могут быть оценены запасами воды в снеге на конец зимы, в лесу всегда выше на 6 - 36% в зависимости от породного состава и возраста леса. Исключения составляют еловые леса, где снеготазы примерно равны последним на полевых участках. В лесостепной и степной зонах в лесу снеготазы выше в 1,3 - 2,5 раза по сравнению с полем. Другой особенностью снегонакопления в лесу является запаздывание схода снежного покрова в весенний период по сравнению с открытыми участками. Согласно [55], это запаздывание может составлять от 5 до 25 дней в зависимости от породного состава и возраста леса.

Роль леса в расхождении влаги на испарение долгое время являлась предметом дискуссий. После публикаций Г.Н. Высоцкого в начале XX в. распространилось крылатое выражение "лес сушит равнины и увлажняет горы". Г.Н. Высоцкий ввел в оборот термин "мертвый горизонт", ниже которого влага не проникает (2 - 4 м от поверхности земли), что дало ему возможность упростить уравнение водного баланса и на основе расчетов прийти к выводу, что испарение с леса значительно больше испарения с поля.

Резкое снижение испарения происходит в результате рубок леса. Рубка леса ведет вообще к катастрофическим экологическим последствиям по многим аспектам. Резко изменяются водно-физические свойства почв. Так, в работе [55] отмечается, что в формировании водных свойств лесных почв особенно велика роль лесной подстилки. Полная влагоемкость подстилки по опытам А.П. Малянова составляет 500 - 700%, и в этом заключается ее основная гидрологическая роль. Кроме того, что она может поглощать много влаги, она поддерживает высокие инфильтрационные свойства нижележащей почвы. Рубка леса приводит к быстрому разрушению подстилки и ухудшению водно-физических свойств. Для восстановления инфильтрационных свойств почвы надо не менее 45 - 55 лет.

Посадка леса также меняет элементы водного баланса. По наблюдениям на Валдае в процессе роста леса увеличиваются осадки и испарение. Через 18 лет после посадки испарение с леса и поля соответственно составляло 449 и 355 мм. Уменьшилась плотность почвы с 1,45 г/см³ до 1,09 г/см³. Уровень грунтовых вод сначала поднялся на 50 см, затем стал падать, после чего стабилизировался и стал почти таким же, как и до посадки леса [329].

Наиболее ярко влияние леса на сток проявляется после рубок. Так, по данным [183, 332, 357], на второй год после вырубki леса годовой сток увеличивается на 40 - 60%, весенний на 30 - 40%, меженный на 80%. По мере восстановления и роста леса значения стока уменьшаются, и через 30 лет годовой сток по сравнению с исходными значениями (до вырубki леса) уменьшается на 40%, весенний на 20%, меженный на 40%. Далее величины стока опять начинают возрастать и примерно через 100 - 120 лет достигают своих (до рубки) первоначальных значений. Указанный ход изменения стока в зависимости от возраста леса, полученный экспериментально, подтверждается и данными математического моделирования [132, 259].

Столь мощное воздействие вырубok на сток объясняется, кроме уменьшения испарения, еще и возрастанием глубины промерзания. В лесах европейской части почвы промерзают на 15 - 35 см меньше, чем в поле, а иногда остаются тальными всю зиму. Лес влияет также на запасы влаги в почве и уровень грунтовых вод. Согласно данным [259], в лесу влагозапасы и уровень грунтовых вод ниже, чем в поле. Таким образом, лесотехнические мероприятия, и особенно рубки леса, оказывают существенное влияние на все элементы водного баланса и режима территории.

Рассмотрим влияние агротехнических и агролесомелиоративных мероприятий. Это комплекс, включающий вспашку (зяблевая, весенняя, противоэрозионная, дискование, рыхление и др.), создание полезащитных полос, снегозадержание, систему севооборотов, внесение удобрений и др. Воздействие его на процессы гидрологического цикла очень велико, хотя бы вследствие того, что такие мероприятия проводятся на огромных пространствах, часто занимающих подавляющие части водосборов малых рек.

Влияние агротехнических мероприятий на осадки в основном проявляется в воздействии на снежный покров. Если сравнивать снегозапасы на целинных участках степи и на других угодьях, то по данным, приведенным в работе [55], в степи (ЕТС) снегозапасы в конце зимы были: на целине - 43 мм, озимых - 41, стерне - 39, зяби - 34 мм; в Казахстане (степь) на целине - 52 мм, стерне - 68, зяби - 39 мм; в лесостепи ЕТС на целине - 152 мм, зяби - 117 мм. В этой работе приведены и другие данные по снегозапасам на различных угодьях. Можно заключить, что наличие растительности или сухостойной растительности на полях зимой способствует большему (в пределах 115 - 135%) накоплению снега по сравнению с зяблевой пахотой. Увеличение снегозапасов на полях создается и снегозадержанием. При этом в зависимости от природной зоны и условий зимы запасы воды в снеге на полях могут возрастать в 1,5 - 2 раза [367].

Существенное влияние на запасы воды в снеге оказывают лесополосы. Исследования этого вопроса проводятся давно и восходят еще к экспедиции В.В. Докучаева в Каменную степь (1883 - 1903). Сводку работ по этому вопросу можно найти в монографии [200]. Согласно приведенным здесь данным, снегозапасы на открытых участках в Каменной степи составляют 46 - 52 мм, на

участках между лесными полосами 64 - 80, в самих лесных полосах 197 - 303 мм. В некоторые годы запасы воды в снеге самих лесных полос могут достигать 800 - 1000 мм. Примерно такие же значения приводятся для стационаров Куйбышевской, Саратовской и Орловской областей.

При отсутствии лесных полос, колков и островов леса снег сдувается в гидрографическую сеть (балки, овраги, поймы рек). Соотношение между снегозапасами в открытом поле и в гидрографической сети равно 1,5 в лесных районах, в сильно расчлененных районах Черноземного центра и Поволжья - 3, на юге Западной Сибири и Северного Казахстана - 4 [55, 200].

Агротехнические мероприятия в значительной мере способствуют удержанию влаги на полях, особенно талого стока. Это и вспашка (рыхление почвы), снегозадержание, лесные полосы и др. Вследствие этого следует ожидать увеличения испарения. По данному вопросу существует две точки зрения. Считается, что повышение урожайности, связанное с развитыми современными приемами агротехники, вызывает увеличение испарения на 15 - 55% в течение вегетационного периода [364].

Наиболее полно в литературе рассматривается вопрос влияния агротехнических мероприятий на склоновый и речной сток. По вопросу влияния агротехнических мероприятий на сток больших рек существуют две точки зрения. Согласно первой распашка земель, интенсификация агротехнических мероприятий существенно снижают сток больших рек. В частности, для рек Дон, Волга, Днепр с 1950-х гг. до 1980 - 1985 гг. прогнозировалось уменьшение стока до 30 - 45% [363, 364]. По мнению других ученых, уменьшение стока может произойти, но незначительно, не более 10%. Если обратиться к мнению исследователей о влиянии агротехники на сток малых рек, то здесь можно отметить отсутствие разногласий. Спор идет только по частным вопросам: при каких условиях это влияние проявляется больше.

В.Е. Водогрещий [56] считает, что "для очень малых речных бассейнов в степной и лесостепной зонах, не дренирующих подземные воды, поверхностный сток при проведении агроомелиоративных мероприятий резко уменьшается, что приводит практически к такому же уменьшению полного стока - до 20 - 40%". Н.И. Коронкевич на основании своих исследований приходит к выводу, что снижение стока с пашни оценивается в среднем в 40%. Причем в зоне дерново-подзолистых почв уменьшение стока составляет 10 - 20%, в зоне серых лесных почв, оподзоленных и выщелоченных черноземов 20 - 40%, в зоне типичных, обыкновенных и южных черноземов 25 - 60%, в зоне темнокаштановых почв 65 - 90% [134].

Обобщение большего количества материалов по стоку со склонов позволило сотрудникам Института географии АН [55] выполнить дифференцированную оценку воздействия распашки склонов на сток. Это влияние зависит в значительной степени от увлажненности региона.

Достаточно длительную историю имеет и дискуссия по влиянию осушительных мелиораций на сток рек и вообще водные ресурсы. Начало дискуссии связано с масштабными работами Западной экспедиции по осушению земель в Полесье под руководством И.И. Жилинского (1873 - 1906). Здесь были представлены две точки зрения. Сам И.И. Жилинский считал, что осушение болот приведет к увеличению весеннего и межного стока. В то же время известный почвовед В.В. Докучаев доказывал, что если все крупные реки (Днепр, Запад-

ная Двина, Волга и др.) берут начало из болот, осушение последних приведет к обмелению рек. Эти две точки зрения применительно к отдельным элементам речного стока существуют и сейчас.

Осушение земель оказывает влияние не только на речной сток, но и значительно меняет структуру водного и теплового балансов территории, ведет к существенному изменению всех режимных характеристик малых рек [273]. Влияние осушения на сток с болот и заболоченных земель связано с прокладкой осушительной сети, что приводит, с одной стороны, к увеличению стока за счет лучших условий его формирования, с другой - понижение грунтовых вод увеличивает зону аэрации, а, следовательно, и потери стока. Эту мысль о влиянии осушения на сток высказывал в 1975 г. К.Е. Иванов [111]. Два отмеченных мощных фактора объясняют многочисленные примеры уменьшения годового стока под влиянием осушения и его увеличение. Подобное же влияние отмечается и на максимальные расходы и слой стока весеннего половодья и дождевых паводков [184, 217, 364].

Для более детального знакомства с особенностями изменения стока малых рек после мелиорации укажем еще на несколько публикаций по разным регионам бывшего СССР и России [78, 86, 196, 233, 312, 360, 378]. Как решаются эти вопросы в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте, где научно обоснованы и систематизированы охраняемые, рекультивационные и хозяйственные мероприятия по малым рекам, показано в [162].

Еще одним важным фактором трансформации стока малых рек и их водосборов явилась массовая урбанизация, геоэкологическая роль которой освещается во многих публикациях по географии и экологии практически всех городов России [27, 84, 96, 232, 284, 313, 325].

Следует отметить, что сама задача количественной оценки и прогноза влияния хозяйственной деятельности на гидрологический цикл очень сложна. Это обусловлено тем, что на водосборе действует множество факторов хозяйственной деятельности, последствия которых нередко носят противоположный характер. Кроме того, эти воздействия накладываются на естественные природные процессы, которые по величине могут превышать антропогенное влияние и затушевывать его. Третьим фактором, усложняющим решение задачи, является трудность получения информации о характере антропогенной деятельности, которая часто не систематизирована или вообще отсутствует.

Гидрологическая наука накопила достаточный методический арсенал для решения вопроса. Могут быть названы следующие группы методов [106, 194, 302]:

- 1) статистические;
- 2) водно-балансовые;
- 3) математического моделирования;
- 4) физического моделирования;
- 5) активного эксперимента.

Для реализации расчетов необходимо располагать крупномасштабными специальными картами водосбора (геологическими, геоморфологическими, гидрологическими, почвенными, растительности и распаханности). Кроме того, надо уметь рассчитывать составляющие уравнения, т. е. иметь расчетные методики. Такие детальные методики разработаны В.Е. Водогрецким для определения изменения годового и сезонного стока при агротехнических и лесохозяйственных мероприятиях [56].

Для расчета изменения годового стока при агротехнических и лесомелиоративных мероприятиях им применяются громоздкие формулы, где оцениваются:

- 1) изменение годового стока рек под влиянием лесомелиорации, мм;
- 2) средняя многолетняя сумма осадков за год, мм;
- 3) средние многолетние значения запасов воды в снеге на сельскохозяйственных полях и на залежи (целине), мм;
- 4) атмосферные осадки за период склонового стекания, мм;
- 5) коэффициенты среднего многолетнего склонового стока и питания грунтовых вод атмосферными осадками на целинных участках водосбора до их агро-мелиоративного освоения;
- 6) собственно изменение среднего многолетнего склонового и грунтового стока под влиянием агротехники и лесополос на суглинистых и супесчаных почвах в долях единицы;
- 7) доля площади водосбора под пашней и лесными полосами;
- 8) доля площади водосбора под теми же угодьями с различными глубинами залегания грунтовых вод;
- 9) коэффициенты для вычисления изменений склонового и грунтового стока заданной обеспеченности;
- 10) коэффициенты для вычисления изменений грунтового и склонового стока на супесчаных и легкосуглинистых почвах (на суглинистых почвах он равен единице);
- 11) коэффициенты, учитывающие глубину распашки;
- 12) коэффициенты, учитывающие водность района в пределах природных зон;
- 13) коэффициент, учитывающий возраст лесных полос;
- 14) коэффициент, учитывающий расположение лесных полос (вдоль и поперек склонов);
- 15) коэффициент, учитывающий влияние на сток уклона.

Все коэффициенты для расчета определяются по таблицам, которые составлены В.Е. Водогрецким на основании данных наблюдений на стоковых и водно-балансовых станциях. Кроме этого, им разработан ряд эмпирических формул в рамках совершенствования своей методики. Формулы носят региональный характер и основными аргументами служат осадки, снеготопы, уклон и уровень грунтовых вод. Метод В.Е. Водогрецкого является основным для рекомендаций по определению антропогенного влияния на сток малых рек [191].

Несмотря на детальную проработку на основе обширного материала водно-балансовых станций расчетной схемы оценки антропогенного влияния на сток рек, метод В.Е. Водогрецкого не лишен недостатков. К ним следует отнести чрезвычайную громоздкость расчетных формул, обилие коэффициентов, невозможность применения для конкретных лет. В условиях Западной Сибири с ее большей заболоченностью важен учет влияния болот, а методика В.Е. Водогрецкого их роль не учитывает. К недостаткам методики следует отнести и то, что рассчитывается изменение стока, а не его величина. Тем не менее, ряд положений, таблиц и величины этой расчетной схемы необходимо учитывать при оценке влияния воздействий на гидрологический цикл.

Глава 3. ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ РЕК

3.1. Охрана ресурсов

История вопроса [254]. На долю малых рек приходится значительная часть поверхностных водных ресурсов. В РСФСР их сток составляет более трети от суммарного среднегогодового стока, в том числе в европейской части - 361 км² (41%) и в азиатской - 1145 км² (37%). В некоторых экономических районах республики (Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском) его доля 60 - 80%.

Безвозвратное водопотребление из малых рек на рубеже 80-х гг. достигло значительной величины и имело тенденцию к росту. Так, в целом по РСФСР оно в средний год составляло 3,5% от водных ресурсов, в европейской части достигло 12,4%, а в отдельных экономических районах (Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский) - 20 - 60%. В маловодный год с обеспеченностью 95% суммарное безвозвратное водопотребление еще более увеличивалось и достигало в целом по Российской Федерации около 6%, а в ее европейской части - 22%. В ряде экономических районов расходовалось более 50% стока малых рек маловодного года, а в таких регионах, как Северо-Кавказский и Поволжский, потребность в воде из малых рек полностью не была удовлетворена. В тех водохозяйственных районах, где количество водных ресурсов недостаточно, как правило, отмечается и неудовлетворительное их качество.

Большое влияние на формирование, величину и режим стока малых рек оказывает лесистость территории. Менее чем за полвека в европейской части России лесистость уменьшилась с 53% (1869 г.) до 35% (1914 г.) [343]. Площадь лесов сократилась более всего в центральных и южных районах (соответственно на 22 и 11%), что отрицательно сказалось на водности малых рек. Как было показано выше, лес увеличивает запасы воды, сохраняя влагу, переводя ее во внутриводосборный и грунтовый сток. Он предупреждает эрозию, смыв почвы и заиливание рек. Однако правильно организованные рубки леса также способствуют повышению водности рек. Многолетние исследования А.Д. Дубаха показали, что наибольшая водность рек наблюдается при оптимальной залесненности водосбора, а не при максимальной. Исследования С.Ф. Федорова [330, 332] свидетельствуют, что выбор оптимального размера и времени рубки леса на водосборе дает положительный эффект в увеличении водности малых рек. Лесные биогеоценозы влияют и на формирование качества стока малых рек [334].

Загрязнение вод малых рек осуществляется теми же источниками, что и на других водотоках. При этом с течением времени состав этих источников расширяется. Помимо загрязненных стоков промышленных и коммунальных хозяйств увеличиваются стоки с урбанизированных территорий, сельскохозяйственных полей, животноводческих комплексов и ферм. Расширяется сфера загрязнения: в последние годы им охвачены не только поверхностные, но и грунтовые воды за счет закачки сточных вод промышленных и сельскохозяйственных объектов, захоронения отходов, подземных ядерных взрывов, наконец, использования воды на нефтепромыслах, что стало главной природоохранной и средозащитной проблемой в Татарии, Башкирии, Тюменской области [250, 340].

Основой решения этих проблем должны служить схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов, разрабатываемые для бассейнового и территориального уровней. Примеры комплексного подхода к водохозяйственному строительству в бассейне малых рек времен СССР приведены в публикациях [23, 43, 45, 48, 70, 99, 115, 234, 245, 326]. Разрабатывается подход к малым рекам как индикаторам влияния на среду хозяйственной деятельности [153], отрабатываются неординарные методы регулирования стока [36]. Создаются специальные экологические программы по отдельным рекам [98], технико-экономические обоснования водохозяйственного строительства в бассейнах малых рек на основе комплексной оценки водных и земельных ресурсов и регулирования стока [225].

В работе [225] показан оптимальный вариант регулирования стока р. Луги (Ленинградская обл.) с учетом условий рельефа, геологии, требований рыбного и охотничьего хозяйства, судоходства, а также соответствующих экономических показателей. При максимальном удовлетворении потребности в воде всех водопользователей водный режим реки, за исключением периода половодья, останется практически таким же, а в отдельные периоды и на отдельных участках ее водность даже увеличится. В ТЭО рассмотрена возможность использования сточных вод, в том числе и от намечаемых к строительству животноводческих комплексов. По гидрологическим и другим природным условиям выделены зоны, где допустима организация сельскохозяйственных полей орошения и где она не рекомендуется. Рекомендации были переданы в управление сельского хозяйства для учета их при размещении комплексов и более обоснованного, отвечающего требованиям охраны природы, выбора варианта утилизации отходов.

После распада СССР водные проблемы решаются в рамках Российской Федерации. Ставится вопрос о реализации нового, эколого-хозяйственного, направления исследований [161] и их информационного обеспечения [219, 341]. Для организации в стране единой бассейновой службы эксплуатации водных объектов (включая малые реки) стала необходимой разработка принципов их создания на базе опорных производственно-экспериментальных бассейнов. Было предложено организовать Совет по проблеме малых рек, подчинив ему работу функционирующих советов по бассейнам рек в ряде республик, для повышения уровня научно-методического и организационно-технического руководства работами и оперативности в решении этих вопросов. В Государственную программу "Воды России" в качестве самостоятельного был включен раздел "Проблемы малых рек" [137].

Ресурсные системы малых рек [282]. В качестве рабочего автором предложено следующее определение: ресурсная система - взаимообусловленное (целостное) функциональное единство (совокупность) отдельных ресурсов и ресурсных сочетаний, характерных для данной реки. Ресурсная система каждой малой реки индивидуальна, однако определенная типизация здесь все-таки возможна в традиционном направлении, а именно в характеристике исходных природно-зональных особенностей ресурсных систем малых рек разного типа. По-видимому, все разнообразие ресурсных систем малых рек может быть отражено 6 - 10 основными классами (типами).

К базовым характеристикам ресурсных систем следует относить показатели их динамических свойств (отражающие их пространственно-временную изменчивость), степень и возможность возобновления, воздействия антропогенных факторов. Для оценок динамики базовых характеристик и должен быть использован весь арсенал методов прогностического блока концепции.

Оценить экологическое состояние водосбора и проконтролировать его хозяйственное использование можно с позиций оценки воздействий на ресурсную систему малой реки, для которой могут быть найдены 1 - 2 ведущих ресурсных фактора, вызывающих рано или поздно деградацию всей ресурсной системы. Чаще всего это водоресурсный фактор и отдельные виды хозяйственной деятельности. Таким образом, для содержательной характеристики ресурсных систем малых рек необходима разработка их достаточно общей классификации, включающей ориентировочные интегральные, ценностные, стоимостные или качественные оценки. Разработка первых рабочих вариантов такой классификации уже возможна на данном этапе.

Методы и средства охраны ресурсных систем малых рек включают совокупность различных мероприятий - инженерно-технических, экологических, организационных и т. д. Они общеизвестны, отдельные их виды широко применяются на практике, общее их число - многие десятки. Однако суть проблемы в том, чтобы рекомендуемые для охраны той или иной малой реки мероприятия носили характер жесткой системы решений, соблюдение которых гарантировало бы с высокой степенью вероятности оздоровление реки. Создание такой системы представляется возможным на основании принципов, изложенных выше, с четким выявлением и прогнозом прямых и обратных связей, а также вероятных последствий того или иного варианта решений.

В связи с этим важна реализация нескольких показательных проектов охраны малых рек России, которые могли бы быть финансированы через государственные структуры с привлечением международных фондов, частного бизнеса и т. д. В процессе реализации подобных проектов, проводимых на конкурсной основе, могут быть отработаны многие практические вопросы и в целом наиболее подходящая структура блока "адаптации" решений и концептуальных предложений для разных регионов России.

Ресурсы малых рек (основные определения и системы показателей) [281, 282]. Применительно к малым рекам выделяются следующие основные (базовые) виды ресурсов: водные, территориальные, минерально-сырьевые, биотические и рекреационные. Прежде чем перейти к их краткой характеристике отметим, что под термином "малая река" понимается природный комплекс состоящий из водотока (русла) и береговой зоны, включающий пойму и береговые террасы. Понятие "ресурс" необходимо трактовать шире, нежели только

возможность его хозяйственного использования; принципиально важен учет экологического, средообразующего, эстетического, информационного (познавательного и воспитательного) значения данного вида ресурса или ресурсных сочетаний.

Водные ресурсы - объем (количество) воды нормативного качества, формирующегося и проходящего по речной системе в единицу времени (за тот или иной временной интервал). Водные ресурсы характеризуются традиционной триадой показателей, оценивающих объем, режим стока и качество воды. В инженерной гидрологии детально разработаны методы оценки, расчетов и прогнозов речного стока, поэтому нет необходимости на них останавливаться. Поскольку для бассейнов малых рек характерным является недостаток данных гидрологических наблюдений, обязательны рекомендации, необходимых и достаточных для гидрологических расчетов наблюдений. Существенным является учет особенностей формирования стока в разных природных зонах и на водосборах с различной интенсивностью антропогенных воздействий.

Для оценки качества воды используются различные нормативы и классификации, однако наиболее отвечают комплексному характеру проблемы охраны малых рек "Нормативы качества поверхностных вод с экологических позиций", разработанные в 1982 г. в системе СЭВ, в соответствии с которыми выделяются шесть классов качества воды.

Территориальные ресурсы - участки и ареалы береговой зоны данной речной системы, обладающие необходимыми количественными и качественными свойствами для осуществления хозяйственной, рекреационной и иной деятельности с учетом экологических ограничений. Для оценки этого вида ресурсов используется система топографических и качественных показателей, отражающих потребительские свойства территории, возможность и целесообразность создания и развития элементов инфраструктуры. Особо выделяются и оцениваются земельные ресурсы, участки территории, пригодные для производства продовольствия с учетом возможностей различных форм хозяйствования.

Энергетические ресурсы - экономически и экологически приемлемый для освоения гидроэнергетический потенциал реки преимущественно на базе сооружения и эксплуатации объектов малой энергетики (рукавные турбины, малые ГЭС, мельницы). Система соответствующих показателей разработана в энергетике достаточно полно и нет необходимости в дополнительных комментариях.

Минерально-сырьевые ресурсы - запасы (объемы) сырья и материалов, которые могут быть использованы для строительства (песок, глина, гравий), развития местных промыслов, в качестве удобрений при сельскохозяйственном производстве (донные отложения, торф). Для оценки этого вида ресурсов используются традиционные системы технико-экономических показателей.

Биотические ресурсы - количество (запасы) "живого" вещества, продуцируемого в биологических системах реки (ее гидробиоценозах) и береговой зоны (биогеоценозах) в единицу времени. В составе биотических ресурсов отдельно выделяются растительные и фаунистические ресурсы, имеющие промышленное, хозяйственное и рекреационное значение. Для оценки используются системы показателей, разработанные в различных областях биологии.

Рекреационные ресурсы - совокупность свойств, условий, явлений и природных ресурсов, позволяющих осуществлять без необратимого ущерба для

окружающей среды рекреационную деятельность (массовый отдых и спорт). Для оценки рекреационных ресурсов используются различные системы показателей. Наиболее подходящими являются два основных интегральных показателя: 1) количество территорий, потенциально обладающих рекреационными свойствами для различных видов занятий населения при "организованных" и "неорганизованных" формах отдыха и спорта; 2) общее число рекреантов, которое с учетом соответствующих ограничений могут "принять" за единицу времени береговая зона и водоток.

Автором указывается, что для второго показателя важно оценивать его изменения, зависящие от степени развития рекреационной инфраструктуры, определяющей рекреационную емкость территории и спрос на нее. Достигнутый уровень методических разработок исследовательских и проектных организаций позволяет решать проблему оценки рекреационных ресурсов малых рек [282].

3.2. Использование малых рек

Комплексное изучение и использование малых рек [358]. Комплексный подход к природным богатствам всего бассейна малой реки - единственно правильный путь наиболее рационального использования любых ее ресурсов, в том числе водных.

Выделяется четыре уровня оптимизации (комплексирования) природопользования: компонентно-отраслевой, компонентно-межотраслевой, комплексно-региональный и глобальный. На компонентно-отраслевом уровне оптимизации комплексирование осуществляется в пределах одного ведомства, одного направления хозяйственной деятельности, например, при использовании малой реки только как источника водоснабжения. Но в отличие от многих других природных объектов использование рек происходит по межотраслевым схемам (компонентно-межотраслевой уровень). Сущность этого подхода в очень простой формуле: природный ресурс надо использовать оптимально и, используя, охранять. При этом должен быть обеспечен максимальный эффект на длительный период при условии сохранения оптимальных параметров данного природного компонента.

Однако опыт рационального природопользования убеждает: все компоненты природы имеют множественное значение; компонентно-отраслевое и межотраслевое использование того или иного ресурса в конечном итоге является конкурентным по отношению к другим пространственно сопряженным природопользователям. Особенности конкурентных противоречий обусловлены региональными условиями. Отсюда основной принцип комплексно-регионального уровня: максимальный социально-экологический эффект природопользования обеспечивается путем интеграции приемов эксплуатации всех природных ресурсов и контролируемого развития промышленно-территориального комплекса на основе конструирования оптимальных для конкретного региона параметров природной среды. Таким образом, достигается согласование отраслевого и территориального принципов управления всей деятельностью по рациональному природопользованию [358].

Многие ученые, характеризуя географическую оболочку, в качестве более мелких, но целостных образований выделяют "эрозионные комплексы" в гра-

ницах бассейнов рек (преимущественно малых) [356]. В настоящее время бассейны рек часто рассматриваются как геосистемы или парадинамические системы [192]. Их специфика выражается в четко ориентированном преобладающем направлении жидкого и твердого стока, а вместе с ним и продуктов биогенного происхождения. Имеются предложения об использовании бассейнов рек как основы для физико-географического районирования (в том числе рурского).

Определяя как малые реки с водосбором не более 2000 км² или длиной не более 100 км, Г.И. Швец подчеркивает их фундаментальную особенность: это реки в пределах одной физико-географической провинции. Строение и функционирование бассейнов малых рек определяется региональными ландшафтными комплексами. Главная отличительная особенность бассейнов (как всяких геосистем) - их региональная упорядоченность. Рассматривая малую реку как бассейновую геосистему, можно выделить ее взаимосвязанные типологические части: водораздельную (плакорную), склоновую, а также следующие парагенетические образования: ложбинно-лощинные, овражные и долинно-речные. В иерархии взаимодействующих частей бассейновой геосистемы "командное положение" обычно занимает междуречная, а не долинно-речная парагенетическая геосистема, которая является местом "разгрузки", продуктом функционирования всех вышележащих подсистем. Характер взаимосвязей между всеми подсистемами во многом определяется морфологией водосбора.

Рассмотрение всего многообразия природных условий, строения и функционирования бассейновой геосистемы важно для понимания ее как целостного образования взаимосвязанных форм рельефа, почвенно-геологических и растительных условий. Системный анализ требует раскрытия взаимного влияния отдельных компонентов и их сочетаний (ПТК) на ход ведущего процесса (в данном случае стока воды, наносов и растворенных веществ). Известно, что всякая система нарушает свое равновесное состояние при несбалансированном изменении темпов протекания процессов в любом из ее звеньев. Это применимо к малым рекам.

Другое фундаментальное положение системного анализа: степень устойчивости системы то отношению к внешним воздействиям возрастает по мере роста ее размеров. Интерпретация этого положения для описываемых рек такова: то, что для средних и крупных рек проходит незаметно, для малых может стать определяющими условиями их разрушения.

Центральной частью бассейновой геосистемы, ее своеобразным стержнем является долина. Специфика строения и функционирования ландшафтов долин рек, четкая подчиненность одному ведущему водно-эрозионному процессу (как древнему, так современному), позволяет относить их к особому типу - парагенетическому ландшафту (ПГЛ) [192, 357]. ПГЛ характеризуется большой динамичностью: к ним приурочены наиболее интенсивные виды денудации (прежде всего овражная эрозия), разгрузка подземных вод; здесь происходят разнообразные гидроморфные преобразования зональных почв и биоценозов. Исторически обусловлена наибольшая антропогенная ПГЛ по сравнению с другими территориями. Отсюда необходимость особого подхода к изучению данных объектов и их типизации.

В качестве основного элемента ПГЛ, вмещающего в себя все особенности данного объекта, может быть не любой, а только "цельный" участок, вклю-

чающий все основные части долины: террасы, пойму, русло. Таким образом, с позиций системного анализа в качестве элементарной единицы долинных ПГЛ должно быть принято сочетание простых однотипных комплексов (фаций, урочищ) или геосистем (при раскрытии функционирования), "нанизанных" на основную линию тока - русло. Этим условиям отвечает только профиль или долинный трансект - репрезентативная полоса, выражающая особенности строения и функционирования. Несколько смежных, долинных трансектов, объединенных по характеру строения и функционирования, образуют парагенетическое звено (ПГ-звено). Закономерное сочетание последовательно сопряженных ПГ-звеньев формирует ПГ-сектор, который представляет территориально-целостный фрагмент типа физико-географического района. Несколько однотипных ПГ-секторов объединяются в ПГ-пояс. Для прикладных целей (мелиорации долин, создания водохранилищных зон и др.) потребность в более мелких категориях ПГЛ, чем ПГ-звено, отсутствует [65].

При проектировании природопользования целесообразно в пределах ПГЛ выделять склоново-террасовые и пойменно-русловые ряды комплексов, т. е. сочетания обычных ПТК (фаций, урочищ) в виде полосных структур, окаймляющих системообразующую линию тока. Поименно-русловой ряд - это земноводные ландшафты, которые в большей степени, чем ландшафты склоново-террасового ряда, показывают контуры всей бассейновой геосистемы.

Современная стадия развития ПГЛ в большинстве случаев протекает в условиях интенсивной водной эрозии, что определяет повышенное поступление наносов в верхние звенья гидрографической сети, т. е. в малые реки. При этом нарушается одно из основных свойств поименно-руслового процесса - его дискретность, когда передвигающиеся побочни или осередки причленяются к береговым склонам и служат зародышем нового участка пойменного массива. Для многих малых рек аридной зоны дискретность развития потеряла свои характерные черты на фоне интенсивного вертикального нарастания пойменно-го аллювия.

При этом существенно искажаются долинно-морфологические процессы. Так, современное развитие меандр, образование побочней, плесов и перекатов у малых рек прослеживается очень слабо или вообще не выявляется. Объясняется это тем, что поименно-русловой процесс протекает в условиях избытка наносов, образованных на водосборе. При этом интенсивность нарастания толщи отложений соизмерима с интенсивностью переформирования пойменного массива, что нарушает развитие характерных поименно-русловых образований. Здесь более сложный процесс заменяется более простым. Для некоторых малых рек не удастся проследить последовательный ряд развития пойм: низкая, средняя, высокая. Основная их часть затапливается водой и нарастает за счет аккумулярованных наносов, но не размывается и не переформируется единым русловым потоком.

Установлено, что в результате эрозионно-аккумулятивных процессов происходит обмен наносами между руслом и поймой. Для многих малых рек аридной зоны такой обмен на современном этапе резко нарушен; фация руслового аллювия обычно обнаруживается лишь в древних отложениях.

С каждым годом растут объемы разработок минерального сырья. Под воздействием горно-технических работ, подрезки водоносных горизонтов также меняется водный режим рек, в первую очередь малых [249]. Здесь нет одно-

значного изменения водности как по территории, так и во времени: сказываются, с одной стороны, особенности залегания водоносных горизонтов и видов их дренирования шахтами или карьерами, а с другой, - в начальный момент разрабоек происходит формирование линз депрессии, в завершающий - их заполнение.

Рассматривая комплексно-региональный уровень оптимизации природопользования для малой реки, необходимо выделить в ее бассейне территории с однотипным применением того или иного способа его реализации.

Для регионов с преобладанием сельскохозяйственного использования земель выделяются в пределах бассейновой геосистемы четыре подсистемы; отличительной особенностью каждой из них является разный подход к выбору использования основного природного ресурса [308]. Первая подсистема, которой соответствует плакорный тип геоконплексов, оптимизируется, исходя из получения максимальной прибыли и максимального задержания влаги. Здесь естественные процессы, модифицированные человеком, компенсируют негативные последствия. Например, естественный почвообразовательный процесс в сочетании с различными мероприятиями (плоскорезной пахотой, внесением удобрений и т. д.); компенсирует эрозийное разрушение земель. В пределах первой подсистемы может соблюдаться принцип: минимум сложности, минимум биомассы при максимуме продукции. Данное условие реализуется с помощью экономико-математических моделей. Мелиоративные мероприятия в пределах первой подсистемы должны быть направлены на задержание влаги во время обильного стока с целью уменьшения эрозийной нагрузки на другие подсистемы.

Вторая подсистема охватывает территории, где поверхностный смыв и струйчатый размыв приводят к разрушению природной системы. Здесь рекомендуется пойти на компромисс, т. е. поступиться в первое время частью прибыли ради более благоприятных условий развития природной системы. Реализация выдвинутого принципа осуществляется на основе строго обоснованной логико-математической модели оптимизации использования эрозийно-опасных земель [308].

Третья подсистема - это уже деградированные участки со смытыми гумусовыми горизонтами, обычно примыкающие к оврагам, а также промоины и овраги. Оптимизацию данной подсистемы предлагается проводить для стабилизации. Общий принцип здесь - максимум биомассы (а не максимум продукции) и усложнение природоохранного блока разнообразными мероприятиями. В перспективе для этой цели предполагается применять метод количественной оценки простоты - сложности природной и хозяйственной составляющих данной подсистемы.

Четвертая, последняя подсистема охватывает долины древней гидрографической сети - долинные ПГЛ. Их оптимизация проводится по принципу наиболее рационального использования водных ресурсов. Таким образом, если в первых трех подсистемах стремятся уменьшить и даже прекратить сток, то в четвертой - увеличить и сконцентрировать его, упростив одновременно условия стекания и способы его использования как ресурса [65].

Наука готова взять на себя обоснование конкретных приемов природопользования в бассейнах малых рек, исходя из социально-экологических принципов оптимизации. Однако в исполнительных органах управления пока отсутствует такое звено, которое могло бы их реализовать. В разрозненном виде

почти все составляющие этого звена существуют: водная инспекция, отделы Минприроды, санитарная служба, служба охраны растений, филиалы институтов "Земпроект" и т. д. Объединение их в рамках одной службы "регионального природопользования" при исполнительных органах по типу службы главного архитектора могло бы обеспечить комплексное использование малых рек и всей территории их бассейна [358]. Эти мысли высказаны еще в 1986 г., но по-прежнему актуальны.

Гидрологические последствия создания ГЭС на малых реках [107, 172, 173]. Освоение гидроэнергетического потенциала малых рек в условиях перестройки экономики и повышенных экологических требований к гидротехническим сооружениям является одним из важнейших направлений развития энергетики, эффективным для ряда районов Российской Федерации. Наиболее эффективны малые гидроэлектростанции (МГЭС) на территориях с расщепленными потребителями энергии, удаленными от энергосистем, к которым относятся районы Крайнего Севера и многие регионы Сибири и Дальнего Востока, например Северный Кавказ [29], Горный Алтай, населенные малочисленными народами России. Это разумная альтернатива сжиганию топлива.

Создание ГЭС на малых реках имеет ряд экологических и социально-экономических преимуществ по сравнению с "большой" энергетикой, в том числе: небольшие затопления или их отсутствие, значительно меньшее воздействие на естественную среду обитания человека и животного мира, отсутствие необходимости переселения жителей, сравнительно небольшая стоимость благодаря использованию типовых проектов и унифицированных деталей для строительства, а также автоматизации управления. Создание МГЭС взамен небольших электростанций, работающих на органическом топливе, приводит к существенному оздоровлению воздушного бассейна, а их водохранилища, помимо выработки электроэнергии, помогут обеспечить водными ресурсами различные отрасли хозяйства в разных частях бассейнов рек. Будучи мелководными и небольшими по объему, водохранилища МГЭС не препятствуют процессам водообмена в речных системах и, напротив, способствуют перемешиванию водных масс и их аэрации. МГЭС имеют также преимущества с точки зрения безопасности их эксплуатации - ущерб от повреждения или полного разрушения плотин МГЭС по сравнению с крупными станциями будет несравнимо меньшим. В случае же, если малая гидростанция является единственным источником энергии, снабжающим населенный пункт или хозяйственные объекты светом и теплом, повреждение МГЭС может иметь далеко идущие последствия, особенно для районов, удаленных от других источников электроснабжения.

Однако малые реки - наиболее раннее звено речной сети, поэтому использование их для целей энергетики требует очень осторожного подхода и выполнения превентивных мероприятий [109, 286]. Необходимо повысить изученность малых рек, уточнить гидроэнергетический потенциал и потребителей энергии, продолжить обследование действующих и выведенных из эксплуатации МГЭС, имея в виду, что восстановление и строительство новых ГЭС должно сопровождаться улучшением природных условий, созданием водоохраных зон и объектов рекреации. Необходима организация системы мониторинга и разработка оптимальных схем размещения МГЭС с учетом экологических, экономических и социальных факторов. Тесная связь состояния малых рек с окружающим ландшафтом свидетельствует о невозможности решения проблемы их гидро-

энергетического освоения лишь как русловой задачи в пределах долин рек, но требует знания ландшафтов и их устойчивости к антропогенной нагрузке. МГЭС должны способствовать сохранению жизнедеятельности малых рек, предельный объем их регулирования не должен превышать 20 - 30% от объема среднего годового стока реки. Концепция природно-технических систем требует новых принципов, обеспечивающих экологическую безопасность в геосистеме "Экосистема малой реки и малой ГЭС", формирующейся при создании эколого-энергетического комплекса [328, 375].

Создание крупных водохранилищ на равнинных реках затронуло и малые реки. Эти вопросы должны решаться в общем контексте эколого-географических изменений и оптимизации водопользования в бассейнах рек [29, 279, 282, 324].

Стоит проблема использования малых рек и в аграрном природопользовании [120, 237, 304, 378]. Современные системы земледелия нарушают естественную зарегулированность стока на начальном этапе его формирования. Переуплотнение почвы техникой увеличило ее плотность за 20 лет в метровом слое на 20 - 40%. В степной и лесостепной зонах в малые реки с угодий смывается в среднем 15 - 25% внесенного азота, 1,5 - 9% фосфора и других химических веществ. Контурно-мелиоративная организация территории осваивается медленно, агролесомелиоративная служба фактически развалилась. Эрозия не остановлена [356].

Рекреационное использование малых рек [50, 75, 271]. Реки - ценнейший рекреационный ресурс, национальное достояние. Они используются как в лечебных целях (санаторное климатолечение, лечебные купания), так и для массового отдыха и водного спорта. Многие малые водотоки и прилегающие к ним территории, являющиеся местом обитания редких животных и растений, объявляются государственными заповедниками и заказниками.

Рекреация на малых реках предъявляет высокие требования к качеству воды, уровенному и температурному режиму рек, климатическим условиям местности и т. п.

Качество воды в створах санитарного водопользования, как правило, определяется санэпидстанциями в местах рекреации по показателям химического (нефтепродукты, ядохимикаты) и бактериального загрязнения. Устанавливаются также источники загрязнения выше санитарного створа, суммарный объем сточных вод с подразделением по степени очистки, даются характеристики рельефа, водозабора.

Малые реки особенно чувствительны к различным видам загрязнения, имеют сравнительно низкую самоочищающую способность. Для использования этих рек в рекреационных целях необходимы водоохранные мероприятия: установление предпочтительных для рекреации зон водопользования с поддержанием в них допустимого качества воды, охрана береговых ландшафтов, очистка русла и поймы реки и др.

Важно учитывать интересы рекреации при комплексном гидротехническом строительстве и хозяйственном развитии речных бассейнов. На уникальных по живописности реках гидростроительство должно быть либо полностью исключено, либо иметь рекреационное назначение (допускается сооружение водохранилищ для массового отдыха населения, гребных каналов, намыв пляжей и т. п.). Выше зон рекреационного водопользования на расстоянии, зависящем от очищающей способности конкретной реки, следует избегать сброса неочищен-

ных хозяйственно-бытовых стоков и коллекторных вод оросительных систем. На берегах рек, используемых для массового отдыха, нежелательно размещение даже "чистых" предприятий.

Малые реки чувствительны не только к промышленному загрязнению и гидротехническому "вмешательству", но и к собственно рекреационным нагрузкам. В связи с этим разрабатываются нормы допустимой нагрузки на территорию пляжей и их береговую полосу, а также на акватории.

КиевНИИПргудоостроительства были предложены следующие ориентировочные нормы допустимой рекреационной нагрузки [75, 271]:

Пляжи для взрослых (чел./га)	2000
Пляжи для детей	2500
Береговая полоса пляжа	5000
Акватории для купания в проточных водоемах	2000
Акватории для ловли рыбы с лодки (в среднем два человека на лодку)	20
Акватории для катания на гребных лодках	5
Охотничьи угодья для спортивно-любительской охоты на водоемах	0,001
Акватории для катания на моторных лодках и водных лыжах	1.

Эти нормы должны быть ужесточены для малых равнинных рек с шириной русла менее 50 м и расходами до 100 м³/с. Крайне нежелательно присутствие на малых реках моторных лодок и катеров, загрязняющих водоемы бензином и представляющих значительную опасность для купающихся (ввиду ограниченной акватории).

Современная практика районных планировок рекомендует функциональное зонирование отдыха на водоемах с выделением зон длительного стационарного и кратковременного отдыха, зон для занятий водными видами спорта и т. д. Это позволяет лучше регулировать нагрузки на акватории и побережье рек, предотвращать хаотическое размещение рекреационных объектов.

Разработка схем рекреационного освоения отдельных бассейнов должна послужить основой для составления Генеральной схемы рекреационного использования водных ресурсов России. Такая схема должна иметь единую методическую основу, заключающуюся в четком определении требований рекреации в составе комплексного водопользования, наличии кадастра рекреационных ресурсов рек и водоемов и научно обоснованных норм рекреационной нагрузки на береговые ландшафты и акватории. В числе ее задач важное место должна занять оптимизация рекреационного использования сети малых рек, включающая сравнительную оценку рекреационных ресурсов рек и прилегающих к ним ландшафтов, а также разработанное на ее основе перспективное размещение объектов околоречного отдыха по экономическим районам и природным зонам.

О рационализации использования и сохранении стока малых рек [105]. Бассейны малых рек с водосборами от десятков и сотен до двух-трех тысяч квадратных километров охватывают около 80% водосборной площади бассейнов крупных речных систем. Термин "малые реки" в гидрологическом отношении условен, поскольку водность малых рек даже с одинаковыми площадями водосборов различна в разных физико-географических районах. От этого зависят масштабы использования водных ресурсов.

Вопросы рационального использования малых рек целесообразно рассмотреть, охарактеризовав их водные ресурсы. Интерес представляют прежде всего следующие характеристики:

- 1) средний многолетний объем годового стока;
- 2) годовой объем стока обеспеченностью 75 и 95%;
- 3) минимальный месячный объем стока обеспеченностью 95%.

В целях исключения влияния разных величин водосборных площадей на характеристики стока малые реки целесообразно рассмотреть по следующим группам площадей их водосборов: 100, 500 и 2000 км².

Оценка величин стока малых рек с указанными размерами водосборов на основе гидрологических наблюдений показала, сколь значительна разница в стоке малых рек отдельных районов страны.

Данные свидетельствуют о ярко выраженном в Европейской части России уменьшении ресурсов малых рек с севера на юг (табл. 3.1). Таким образом, на севере сток реки с площадью водосбора около 100 км² имеет почти такую же величину, которая свойственна рекам с площадью около 2000 км² в южных степных районах. В азиатской части повышенную водность имеют реки в районах Алтая, Забайкальского участка БАМа и на Дальнем Востоке в зоне влияния муссонов.

Данные о минимальном месячном стоке обеспеченностью 95% свидетельствуют о неблагоприятных для хозяйственного использования условиях стокообразования не только на малых, но и на средних реках в Восточной Сибири преимущественно с перемержающими, в Прикумье и Заволжье - с пересыхающими и периодически действующими водотоками.

Таблица 3.1

Оценка стока малых рек, млн м³ [105]

Показатель	Бассейн, км ²		
	100	500	2000
Европейская часть			
Средний по водности год	26 - 2	200 - 10	700 - 50
Маловодный (обеспеченность 95%)	16 - 0,2	130 - 3	490 - 10
Минимальный месячный сток	0,3	3,0	10
Азиатская часть			
Средний сток	56 - 4	240 - 14	840 - 30
Маловодный (обеспеченность 95%)	40 - 0,5	140 - 15	480 - 30
Минимальный месячный сток	0,7	2,5	8,5
По стране			
Средний многолетний	60 - 23	240 - 10	840 - 30
Обеспеченность 95%	40 - 0,2	140 - 0,8	500 - 15
Минимальный месячный сток	0,6 - 0,8	2 - 3	10

Рациональное использование водных ресурсов малых рек - одна из сложных и актуальных проблем водного хозяйства [59]. Возрастающее безвозвратное изъятие стока, увеличение поступления в водотоки возвратных вод, выполнение различного рода хозяйственных работ на территориях речных бассейнов обуславливают снижение водности бассейнов, нарушение процессов самоочищения и руслообразования, загрязнение вод и русел малых рек.

Безвозвратное изъятие стока является результатом увеличения затрат воды на испарение в процессе интенсификации сельскохозяйственного производства (в частности, испарения с поверхности создаваемых прудов и водохранилищ для целей водоснабжения, рыбоводства, отдыха населения), прогрессирующего увеличения биомассы в растениеводстве, роста потребления воды в животноводстве. Наиболее значительные безвозвратные затраты воды связаны с орошением земель и поливом огородов и приусадебных участков. Увеличиваются безвозвратные затраты воды в промышленном производстве, в городских и сельских поселениях.

Снижение водности малых рек в степной и лесостепной зонах страны во многих случаях объясняется сокращением залесенных участков речных бассейнов в результате промышленного, гражданского и дорожного строительства. Хозяйственное безвозвратное изъятие водных ресурсов малых рек при их небольшой водности часто приводит к значительному снижению водности ниже мест сосредоточения крупных водопотребителей.

На участках рек, где сосредоточен крупный комплекс водопотребителей, единичные сбросы возвратных вод могут превышать расходы воды малых рек. Такое положение объясняется тем, что водопотребители используют для водоснабжения не только воды рек, но и большие объемы подземных вод, поступающие после использования в речную сеть.

Мероприятия по решению проблем малых рек индивидуальны для каждой реки, принципиальная же направленность их определяется необходимостью решения следующих задач:

1) поддержания определенного режима стока малых рек как действующих водотоков с учетом их рационального народно-хозяйственного использования, охраны водной и природной среды в современных условиях и в долгосрочной перспективе;

2) обеспечения санитарно-гигиенического и общего водоохранного обустройства территорий речных бассейнов и собственно малых рек;

3) поддержания, а в ряде случаев и восстановления эстетических особенностей малых рек.

Основой решения водохозяйственных задач по малым рекам, как указывалось выше, должны являться схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов. Такой путь ставит вполне обоснованный вопрос о реальности создания схем использования и охраны водных ресурсов по чрезвычайно большому количеству малых рек, которыми располагает Россия. Общим для них будет:

1) установление естественной природной водности малой реки (в годовом и внутригодовом разрезе, минимальный и максимальный сток);

2) оценка малой реки с позиций возможного использования ее как источника обеспечения хозяйства водой;

3) обоснование возможных масштабов использования реки в интересах утилизации гидравлической энергии (особенно рек горных районов), рыбоводства, создания зон отдыха населения;

4) оценка гидрологических, топографических и других природных и экономических условий, благоприятных для осуществления водохозяйственных мероприятий (создание водохранилищ, каналов, подпорных сооружений и т. п.) по рациональному преобразованию естественного режима речного стока и гидрографической сети в хозяйственных и природоохранных интересах [43].

Разработка схемы по этим направлениям, а в конечном итоге обоснование предложений по рациональному использованию и охране малой реки требует выполнения исследовательских и проектных работ по перечисленным ниже основным разделам:

1) характеристика природных особенностей бассейна малой реки (климатических условий, гидрографии, растительного покрова и т. д.);

2) анализ современного и намечаемого в будущем хозяйственного использования бассейна реки и самого речного водотока;

3) изучение современного и прогноз перспективного недопотребления и водоотведения городских и сельских поселений, промышленности, сельского хозяйства, рыбоводства и других отраслей хозяйственной деятельности; при этом важное значение имеет правильная оценка безвозвратного недопотребления отдельных отраслей хозяйства и всего хозяйственного комплекса в целом, а также оценка размеров снижения речного стока в результате агролесотехнических мероприятий на территории водосборных бассейнов малых рек;

4) обоснование размеров и режима стока малой реки в расчетных створах, замыкающих характерные в природном и хозяйственном отношениях участки бассейна.

Выполнение разработок по этому вопросу часто вызывает трудности в связи с отсутствием по многим малым рекам гидрометрических материалов. В таких случаях, как показывает опыт Гидропроекта, задача может удовлетворительно решаться путем выполнения рекогносцировочных гидрологических обследований параллельно по реке, не имеющей наблюдений за стоком, и по соседним рекам, по которым имеются материалы гидрометрических работ. Такие натурные гидрологические обследования позволяют правильно выбрать реки-аналоги (с наличием регулярной гидрометрии) для обоснования гидрологических характеристик по неизученным малым рекам.

Гидрологические обследования должны особенно тщательно освещать минимальный сток, что имеет большое значение при решении вопросов водоснабжения, а также максимальные расходы воды для правильного обоснования расчетной пропускной способности сооружений, создаваемых на малой реке. Не менее сложна оценка ресурсов подземных вод на территории бассейнов малых рек, в той их части, которая может в течение сравнительно длительного периода (20 - 30 лет и более) использоваться без уменьшения размеров речного стока. В ряде бассейнов южных районов страны подземные воды, не связанные со стоком малых рек, являются основным источником обеспечения водой не только населения, но и водоемких промышленных производств, орошаемых сельскохозяйственных угодий.

5) разработка современных и перспективных водохозяйственных балансов с освещением характерных участков бассейнов малых рек.

Исследование водохозяйственных балансов малых рек позволяет обосновать наиболее важные водохозяйственные мероприятия, которые могут обеспечить рациональное использование и охрану малых рек. К их числу относится создание на малой реке регулирующих сток водохранилищ для повышения водности реки в меженные периоды, для удовлетворения запросов в воде водопотребителей, поддержания достаточной проточности водотока с целью стимулирования процессов самоочищения в реке (что необходимо даже при условии очистки сточных вод, сбрасываемых в речную сеть), для поддержания санитарных расходов воды. В случае, когда речной водоток достаточно мощен, экономически целесообразно создание регулирующего сток гидроузла с гидроэлектростанцией. Исследование современных и перспективных водохозяйственных балансов малых рек позволяет установить возможные уровни развития водопотребления и водопользования на собственных ресурсах (речных и подземных), обосновать сроки и определить масштабы пополнения водных ресурсов малой реки за счет переброски части стока из крупных рек.

Критерии и методы оценки уровня антропогенной нагрузки и качества воды [21]. В настоящее время считается общепризнанным, что системы контроля окружающей среды, основанные на дифференцированном определении концентрации вредных веществ и сопоставлении их с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), малоэффективны, так же как и методы биотестирования. Эти системы не могут давать адекватной оценки состояния водных экосистем в том числе и потому, что антропогенное воздействие носит комплексный характер и может включать загрязнение органическими и токсическими веществами; нельзя не упомянуть и такие виды антропогенного воздействия, как тепловое и acidификация.

Многообразие гидробионтов и сложность их взаимодействия, как между собой, так и с окружающей средой, подвергающейся различным видам антропогенного воздействия, послужили причиной создания многочисленных методов оценки качества природных вод. Во всем их разнообразии можно выделить два магистральных направления, которые можно условно назвать "водохозяйственным" и "экологическим".

Принципиальное различие между указанными направлениями заключается в том, что при водохозяйственном понимании качества воды потребитель находится как бы вне водоема и его потребности основываются на пригодности воды для конкретных видов водопользования. В соответствии с этим состояние водоема считается наилучшим, если при минимуме затрат водоем выполняет некую социально-экономическую функцию; даже если некоторые другие полезные функции водоема реализуются не полностью или же совсем деградируют.

Декларируемая цель представляется действительно исключительно важной, но ее достижение базируется на неверных методических предпосылках. В рамках этого подхода водоем рассматривается как некая косная система, при этом полностью игнорируется его биологическая природа.

Понятие "качество воды" не является природным свойством H_2O . Эту характеристику вода приобретает только при ее взаимодействии с потребителем. Свойства воды и биологические ресурсы водоема формируются его обитателями, однако условия обитания гидробионтов в рамках данного подхода во внимание не принимаются, и, как правило, в результате такой "водоохранной" деятельности становятся для них непригодными.

В противовес этому "экологический" подход рассматривает водоем как среду обитания гидробионтов, существование которых абсолютно необходимо как для формирования состава и свойств водной массы, так и для поддержания экологического равновесия и сохранения биологических ресурсов водоема. Главной особенностью "экологического" подхода является признание среди водопользователей не только "внешних" по отношению к экосистеме (промышленность, сельское хозяйство и т. д.), но и "внутренних", благополучие которых обеспечивает сохранение водоема как уникальной биосистемы.

Экологическая интерпретация понятия "качество воды" предполагает многоцелевое использование водных ресурсов, однако не с точки зрения соблюдения узких и противоречивых ведомственных интересов, а с общегосударственных позиций водопользования, при котором биологические ресурсы водоемов возобновлялись бы и приумножались. При этом устраняются противоречия между охраной водной среды и рациональным использованием ее ресурсов. Очевидно, что экологический принцип оценки качества вод должен активно пропагандироваться для использования на практике.

В 1992 г. Министерством охраны окружающей среды было издано методическое руководство "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации". В нем предлагается выделить 5 классов территории (акваторий), различающихся по экологической ситуации:

- 1) относительно удовлетворительная;
- 2) напряженная;
- 3) критическая;
- 4) кризисная;
- 5) катастрофическая, или зона экологического бедствия.

Предлагаемая классификация относится к сфере идеологии и терминологии и, к сожалению, не несет количественно выраженного строгого решения в форме определенных показателей степени нарушения экосистем.

Список показателей, обычно получаемых при проведении конкретных гидробиологических исследований для оценки состояния водных экосистем, не слишком велик и часто не достаточно характеризует изменения, происходящие в экосистеме под влиянием антропогенного воздействия [230].

Таким образом, перед исследователями возникает сложная задача: 1) выделение наиболее информативных критериев и 2) разработка интегрального показателя антропогенного воздействия на живые компоненты экосистемы. Интегральный показатель (IP) должен иметь непрерывную количественную шкалу. Выделение границ классов состояния экосистем позволит при дополнительных исследованиях осуществлять переход к достаточно надежному нормированию биологических и химических параметров экосистем. Это необходимо для их сохранения и осуществления рациональной и успешной политики водопользования.

Анализ парных корреляций IP показал его связь с наибольшим числом гидрохимических характеристик воды и донных отложений, в частности, с глубиной, прозрачностью БПК₁, БПК₂, БПК₅, перманганатной окисляемостью, бихроматной окисляемостью сестона, концентрациями минерального фосфора, аммонийного и нитритного азота, хлора. Для ряда водных экосистем получены значимые корреляций индекса Шеннона и IP.

Результаты мультирегрессионного анализа показали, что IP в реках Ленинградской области в наибольшей степени связан с концентрацией хлора в воде, высокий уровень значимости отмечен для корреляций с концентрацией минерального фосфора в воде, уровень значимости корреляций с бихроматной окисляемостью сестона несколько ниже, и наименьший уровень значимости отмечен в корреляции с нитритным азотом. Однако разнообразие экосистем и влияющих на них внешних факторов не всегда позволяет получить единые уравнения зависимостей показателей, характеризующих сообщества животных и тех или иных абиотических и биотических параметров.

Оценка качества вод в малых реках по гидробиологическим показателям [339]. Морфометрические и гидрологические особенности малых рек не позволяют в полной мере использовать существующие методы оценки качества вод, разработанные для водоемов и крупных водотоков. Основная сложность использования гидробиологических показателей обусловлена высокой степенью естественной пространственно-временной изменчивости структурно-функциональных характеристик водных сообществ. Поэтому главной задачей является разработка эффективных способов выделения наблюдаемых изменений в водных сообществах, связанных с изменением качества воды на данном участке малой реки в результате антропогенного воздействия.

Другой проблемой является установление списка видов-индикаторов качества воды, характерных для данного географического региона и для данного типа малой реки, определяемого морфометрическими особенностями, характером грунтов и особенно скоростью течения. Безусловно, для горных рек с каменистыми грунтами и высокими скоростями течения набор видов-индикаторов будет существенно отличен от равнинных малых рек часто с иловыми грунтами и небольшими скоростями течения. В первом случае наиболее представительными будут прикрепленные формы гидробионтов, во втором случае достаточно эффективно могут быть использованы планктонные формы.

Однако это применимо в случае экспресс-оценки состояния малой реки. Наиболее адекватную оценку можно получить только при использовании комплекса характеристик. Поэтому необходима разработка достаточно простого, но в то же время эффективного интегрального метода оценки качества воды, включающего в себя характеристики, наиболее адекватно отражающие изменения в водной среде. В данном случае перспективны структурные характеристики водных сообществ.

Широко применяемая в настоящее время для оценки качества вод система сапробности "работает" только при достаточно высоких различиях в уровнях органических загрязнений. Как правило, реки, где на тех или иных участках наблюдается интенсивное антропогенное загрязнение, тем не менее оцениваются в пределах одной бета-мезосапробной зоны. Классы вод определяются достаточно широким диапазоном концентраций различных показателей, что часто приводит к "межклассовым" ситуациям при оценке их качества. Все это требует разработки более чувствительных характеристик, позволяющих устанавливать различия в качестве вод в более узких диапазонах концентраций индикаторных показателей.

Остается нерешенной такая важная проблема оценки качества вод, как установление по гидробиологическим показателям типа загрязняющих веществ, поступающих в реки - органической или неорганической природы или более

детальное установление - загрязнение тяжелыми металлами, удобрениями, поверхностно-активными веществами. Можно только отметить исследования по накоплению тяжелых металлов гидробионтами и расчеты по коэффициентам накопления количества тяжелых металлов, поступающих в реки от источника загрязнения.

Важнейшей задачей, связанной с качеством воды в малых реках, является не только установление степени и характера загрязнения, а также его источника, но и установление самоочистительной способности реки. Это позволит обоснованно рассчитывать возможные антропогенные нагрузки на малые реки.

Разработка более эффективных методов оценки качества вод по гидробиологическим показателям должна учитывать унифицированность и широкое распространение показателей, входящих в методику. Только в этом случае возможно использование методов в различных географических зонах.

Санитарно-гигиеническое состояние вод малых рек (на примере Саратовской области) [350]. В Саратовской области насчитывается более 1900 малых рек, общая протяженность которых составляет 12452 км. На хозяйственно-питьевые нужды в основном используется вода открытых водоемов, причем 80% водопроводов не имеют системы очистки и обеззараживания. Во многих населенных пунктах не решены проблемы с очисткой промышленных и бытовых сточных вод, отсутствует ливневая канализация и очистные сооружения для ливнестоков. Это создает крайне неблагоприятную эпидемиологическую ситуацию. Установлено также, что попадание стоков животноводческих и индивидуальных хозяйств в воды Волги и малых рек в теплое время года способствует резкому повышению их бактериальной обсемененности.

На основании данных ЦГСЭН (1996 - 1999) и собственных исследований была проведена оценка санитарно-гигиенического состояния поверхностных водоемов Правобережья и Левобережья Саратовской области. Исследованиями охвачено 7 городов и 14 районов. Изучено более 64000 проб воды из централизованного и децентрализованного водоснабжения, открытых водоемов и сточных вод.

В Правобережье забор воды для хозяйственно-питьевых нужд ведется из поверхностных и подземных источников. Количество нестандартных проб (ОКБ > 3) питьевой воды находилось в пределах 15 - 30%, что свидетельствует об умеренной степени ее загрязнения. Из проб водопроводной системы городов было выделено 25 штаммов 3 видов бактерий - *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, из колодцев - 8 штаммов *P. vulgaris*. Вместе с тем в водопроводной воде поселков обнаружено 28 штаммов 6 видов бактерий, в том числе *Shigella flexneri*, *Escherichia coli*, *Klebsiella sp.*

В Левобережье, где на хозяйственно-бытовые нужды используется вода открытых водоемов, выявлена сильная и очень сильная степень загрязнения питьевой воды (40 - 62% нестандартных проб). В пробах городской водопроводной воды обнаружено 35 штаммов тех же видов условно-патогенных бактерий, что и в Правобережье, а в колодезной воде - только 2 штамма *P. vulgaris*. Из проб централизованного водоснабжения поселков выделено 60 штаммов 7 видов патогенных бактерий, тогда как из колодезной воды лишь по 1 штамму *E. coli*, *P. vulgaris*, *Enterobacter sp.*

В водах рек обнаружено 220 штаммов 15 видов патогенных и условно-патогенных бактерий. В реках Правобережья обнаружено 28 штаммов 6 видов

бактерий, из которых 46,4% составил *P. aeruginosa*. Этот же вид часто встречался в водопроводной воде населенных пунктов, но доминировал *P. vulgaris* (65,1%).

Особенно сильно загрязненными оказались реки Левобережья, где выявлено 192 штамма 11 видов бактерий, среди которых доминировали *Enterobacter sp.* (31,3%), *Proteus vulgaris* (30,7%) и *Citrobacter sp.* (15,8%). Кроме того, обнаружено 4 вида сальмонелл, доля которых составила 19,7%, а также шигеллы и клебсиеллы. В питьевой воде городов и поселков преобладали те же виды, а также *Pseudomonas aeruginosa*. Полученные результаты говорят о высокой степени микробной загрязненности рек Саратовской области и недостаточно качественной очистке питьевой воды. Сравнительный анализ бактериальной обсемененности различных поверхностных водоемов показал, что основным источником загрязнения служат сточные воды. Более качественная вода в водоемах Левобережья, вероятно, определяется большей глубиной залегания водоносных пластов и лучшей естественной очисткой грунтовых вод [350].

3.3. Повышение эффективности использования и охраны ресурсов малых рек

Постановка проблемы [37, 81]. По мере использования резервов местных водных ресурсов возрастает опасность истощения речных бассейнов и перерождения их в системы, теряющие водохозяйственное, рыбохозяйственное и ландшафтное значение. Их восстановление требует огромных затрат, а зачастую просто невозможно. Особенно тяжелый и непоправимый урон может быть нанесен малым рекам - необходимым структурным звеньям речной сети и важным элементам стокообразования. В последнее время все чаще исчезают малые реки, вследствие интенсивного освоения водосбора и нарушения природных стокообразующих комплексов: болото - река, лес - река и т. п.

В целях научно обоснованного и планомерного использования малых водотоков важно установить, каким должен быть минимально необходимый расход в реке, удовлетворяющий санитарно-биологическим, рыбохозяйственным и гидрохимическим условиям существования водоисточника. Объем стока сверх обеспечиваемого "водоохранный" расход в реке может быть использован водопотребителями. "Временное руководство по оценке возможностей использования водных ресурсов для строительства оросительных систем в Центрально-Черноземной и Нечерноземной зонах РФ" (1973 г.) устанавливало, что в малых реках должен сохраняться расход не менее 0,20 м³/с после использования на цели орошения, в ряде случаев этот расход рекомендовано увеличить до 1 м³/с. Неопределенность нормативных установок требует уточнения принципиального подхода к проблеме сохранения малых рек.

В современных стандартах (ГОСТ 17.1.1.02-77 "Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов") малой считается река с водосборной площадью до 2000 км² или среднемноголетним расходом до 5 м³/с. В бытовом состоянии - до начала использования для различных нужд в народном хозяйстве - в малой реке может наблюдаться различный режим уровней и расходов. Частным случаем бытового состояния реки может быть ее пересыхание, про-

мерзание, заиление, изменение русла и т. п. При этих изменениях реки могут возвращаться в первоначальное состояние и сохранять свое значение как водные объекты. Поэтому в качестве основного принципа охраны малых рек от истощения и необратимых изменений целесообразно сохранение в ней расхода, при любых видах использования, обеспечивающего воспроизводство во всем речном бассейне запасов грунтовых вод, биологических ресурсов, достаточных для удовлетворительного санитарно-биологического состояния и самоочищения реки [177, 263].

Санитарно-биологическое состояние реки зависит от проточности, лимитируемой в целях сохранения полезных биоценозов, окружающей природы и минимального благоустройства в следующих пределах:

1) для обеспечения минимально необходимого микробиологического режима нужно сохранять проточность водоема, не допускать превращения реки в ряд отдельных разобщенных плесов [211]. Нарушение проточности приводит к замедлению темпов развития микроорганизмов, изменяет отношение между ними в пользу организмов, ведущих анаэробное разложение, снижает численность сапрофитов - протеалитов, целлюлозных и др. На плесовых участках происходит аккумуляция органического вещества и возникает дефицит кислорода в летнюю и зимнюю межень [188];

2) при благоприятной температуре, наличии питательных веществ и достаточной прозрачности в реках с уменьшением проточности развивается большая биомасса планктонных организмов. Максимум биомассы наблюдается при отсутствии течения или скорости не выше 0,25 м/с. В условиях проточности до 0,90 м/с количество фитопланктона уменьшается [222]. Синезеленые водоросли могут развиваться при скорости течения до 0,10 м/с [248]. На развитие фитопланктона влияет также прозрачность воды (до 7 - 10 см по диску Секки фитопланктон отсутствует, при 20 - 30 см развиваются отдельные представители) [28]. При нарушении проточности и возникновении расчлененных по длине реки плесов (бочагов) сырая биомасса водорослей в них может достигать 5 - 10 кг/м², зарастание реки прогрессирует, причем происходит замена исторически сложившихся биоценозов новыми - однообразными, со стойкими к загрязнению и эвтрофированию видами, типичными для стоячих водоемов [352]. Основными факторами формирования фитопланктона в реке являются проточность (скорость течения), глубина наполнения, рельеф дна, характер грунтов. Достаточной для предупреждения зарастания водорослями может быть принята скорость течения 0,5 - 0,6 м/с [287];

3) при уменьшении проточности на мелководьях и по берегам рек происходит интенсивное развитие высших водных растений-макрофитов (гигрофитов). Зарастание наблюдается при скоростях течения ниже 0,30 м/с, на глубинах - меньше 2,5 м и достаточной проточности воды [229]. Зарастание русел происходит за счет земноводной растительности - тростника, рогоза и др. В реках с постоянной проточностью зарастает только прибрежная полоса, в расчлененных на плесы - вся ширина русла. Зарастание приводит к обмелению рек, заморным явлениям в зимнее время, накоплению углекислоты [303]. Для рек шириной до 10 - 15 м, глубиной 0,7 - 1 м, допустимой по условиям незарастания, может быть принята скорость течения 0,1 - 0,2 м/с;

4) донные сообщества, заселяющие мягкие и твердые субстраты малых рек и влияющие на формирование качества воды в них, также зависят от проточно-

сти. При распадении реки на ряд замкнутых плесов в них ухудшается газовый режим и обедняется фауна. При снижении уровня воды до нескольких сантиметров гидробионты уходят из донных осушаемых участков, при этом скорость отступления воды не должна превышать 2,5 см/ч. Сохранение бентосных организмов обеспечивается закапыванием в илы и песок с уменьшением влагообмена, в высушенном состоянии они снова переходят к активной жизнедеятельности после смачивания водой;

5) если в процессе эксплуатации реки высыхают отдельные ее участки, то некоторые представители речного биоценоза могут сохранять свою жизнедеятельность: водоросли - до 25 лет; тростник, камыш, рогоз - на изолированных плесах - в засушливый период до 2 - 3 месяцев [11]; бентосные организмы (моллюски, личинки, черви) - от 13 суток до 1 года, в сочетании анабиоза при высыхании сохраняется в течение 2 - 3 месяцев простейшие, круглые черви, личинки насекомых.

Рыбохозяйственное значение реки обеспечивается наполнением русла (глубиной), скоростью течения (проточностью), поддержанием уровня в течение периода, пока водоток является средой обитания и кормовой базой рыб (зоо- и фитопланктон, бентосное население). Для ценных пород рыб требуется наполнение русла в пределах: форель - 0,1 - 1 м; хариус - 0,5 - 0,8 м; усач - 1 - 3 м [63]. Для сорной (местной) рыбы пределы изменения глубин не установлены. Проточность лимитируется поддержанием уровня и обменом воды по условиям стабилизации химического состава (исключение дефицита кислорода). При наличии реликтовых видов флоры и фауны в реке изменения ее естественного режима не допустимы.

По условиям незаилованности русел в реках должна сохраняться скорость течения, сообщающая подвижность грунтовым частицам дна. Проточность как условие незаилованности определяется средними скоростями течения 0,20 - 0,25 м/с [63] и может быть также установлена по неразмывающей скорости в зависимости от гранулометрического состава донных отложений в соответствии с правилами проектирования гидротехнических сооружений [302]. Для обеспечения водного спорта, туризма, рекреации минимальная глубина в реке должна составлять 0,6 - 0,8 м [63], скорость течения и проточность не лимитируется.

Снижение уровня грунтовых вод на территории водосбора малой реки с учетом отбора подземных вод не должно влиять на минимальный бытовой уровень воды в реке. Для обеспечения разбавления сточных вод, поступающих в малые водотоки, и оставляемого в реке для этих целей расхода следует руководствоваться "Указаниями по смешению и разбавлению сточных вод в водотоках и водоемах" ВОДГЕО Госстроя СССР, а также техническими указаниями МГУ, ТПИ (1975 г.) по расчету минимальных расходов в реках с учетом качества воды при сбросе в них сточных вод.

При достаточном для статистической обработки ряде наблюдений минимально необходимый расход в реке может быть определен в следующих пределах [63]:

- 1) самый малый = $0,025 Q_{min \text{ нед.}}$; $0,03 Q_{min \text{ сум.}}$;
- 2) малый = $0,2 Q_{min \text{ сум.}}$;
- 3) средний = $Q_{min \text{ нед.}}$; $0,75 Q_{min \text{ мес.}}$ 95% обесп.; $0,5 Q_{min \text{ сум.}}$; $Q_{min \text{ сум.}}$ 97% обесп.; $0,75 Q_{min \text{ сум.}}$ 95% обеспеченности;

4) повышенный = $0,8 Q_{min \text{ сум.}}$; $Q_{min \text{ сум.}}$ 75% обеспеченности; $Q_{min \text{ сум.}}$ 80% обесп.; $Q_{min \text{ сум.}}$ 95% обесп.; $Q_{cp.}$ из 10 наименьших суточных расходов.

Поскольку гидрологическая, санитарно-биологическая, рыбохозяйственная и пр. изученность малых рек далеко не достаточна, а приведенные нормы пригодны для использования в немногих конкретных случаях, предлагается сгруппировать задачи определения минимально необходимого расхода в малых реках с соответствующими лимитирующими условиями следующим образом.

Санитарно-биологический критерий лимитирования минимальных расходов устанавливается из условия заполнения и минимального обмена речных плесов. При этом условная глубина воды в реке принимается равной средней взвешенной по плесам и перекатам:

$$h_{cp} = \sum h_i l_i / \sum l_i$$

Исходя из расчетного значения h_{cp} i_p определяется водоохраный расход в реке.

Критерий незаилаемости и незарастаемости русла водной растительностью: согласно этому условию, в реке должны быть обеспечены в меженный период неразмывающие скорости, допускаемые для гранулометрического состава донных отложений. Если в паводок наблюдается промывка русла от ила, то условием незаилаемости можно пренебречь. Незарастаемость русла одной растительностью обеспечивается средней скоростью течения в 0,3 м/с.

Рыбохозяйственный критерий лимитирования минимальных расходов: для обеспечения воспроизводства местной икhtiофауны и ценных пород рыбы, по согласованию с органами рыбоохраны устанавливаются лимитирующие глубины в пределах от 0,1 до 1 м и сроки стабильного сохранения уровня в период нереста. По лимитирующему значению глубин определяется рыбоохраный расход воды в реке.

Разбавление сточных вод в реке возможно при условии, что расход на разбавление обеспечивает снижение концентрации веществ-загрязнителей по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ) до уровня ПДК ($Q_{min} = Q_{ндк}$).

Остальные условия, лимитирующие минимальный расход в реке (рекреация, дренирование водосбора, естественное повышение минерализации воды в летнюю межень и др.), можно считать в первом приближении не определяющими водоохраный расход.

При определении допустимых отборов из малых рек предстоит решить две технические задачи: а) определение отбора из незарегулированных рек (начальное освоение бассейна); б) определение отборов из зарегулированных рек.

Во всех рассматриваемых случаях ниже створа в реке должен быть сохранен расход воды, обеспечивающий выбранный критерий лимитирования ее использования или сумму критериев. Минимально необходимый расход в малых реках в период летней межени определяется по наибольшему значению из всех вычисленных критериев в соответствии с местными условиями.

Минимально необходимый расход в малой реке, формирующийся в период летней межени за счет запасов грунтовых вод в ее бассейне, должен:

а) предотвратить пересыхание реки на всем ее протяжении (санитарно-биологический режим). В этом случае запас грунтовых вод определяется по

объему стока, поступающему через створ отбора в предположении равномерного убывания расхода в реке, вплоть до $Q = 0$ перед началом весеннего увлажнения;

б) уберечь нерестилища от обсыхания на всем протяжении реки в течение всего периода развития молоди рыб (при рыбохозяйственном значении реки). В этом случае запас грунтовых вод определяется по объему стока, обеспечивающему наполнение русла в соответствии с требованиями рыбоохраны в течение всей летней межени;

в) сохранить запасы в "грунтовой" составляющей достаточными в случае использования малой реки как источника водоснабжения или разбавления сточных вод. Запасы грунтовых вод определяются по интегральным кривым стока для периода межени, а расходы воды в реке в первом приближении - по формуле Шези с использованием данных паспортизации рек, проектных изысканий и пр. Если запасы вод в меженный период меньше, чем нужно для обеспечения минимально необходимого расхода, то отбор из реки невозможен.

Допустимый отбор из малой реки для любых народно-хозяйственных целей представляет собой остаточный расход воды в ней за вычетом минимально необходимого для лимитирующего использования. Допустимый отбор, рассчитанный для заданного створа отдельной реки (или ее притока n -го порядка), проверяется затем по условию сохранения водохозяйственного назначения речного бассейна в целом. Суммарный отбор из малых рек бассейна не должен снижать гарантированный расход в створах основных рек, расположенных ниже по течению.

Определяется допустимый отбор по интегральной кривой стока 75 - 80%-й обеспеченности (для орошения), построенной для створа проектируемого водозабора. Величина отбора получается срезкой интегральной кривой стока в пределах каждого месяца вегетационного периода прямыми минимально допустимого стока в реке. Минимально допустимый сток рассчитывается по условиям сохранения ниже места створа самоочищающей способности реки, нормативных показателей качества воды, рыбохозяйственного значения, незаиливающих скоростей течения и др.

Необходимы следующие исходные данные для расчета:

а) место предполагаемого отбора (створ расположения проектируемого водозабора);

б) схема водохозяйственного использования бассейна реки (существующие водозаборы с указанием количества отбираемой воды по месяцам года, выпуски использованных вод и т. п.);

в) площади водосбора частей бассейна реки для створа проектируемого водозабора и створов опорных постов;

г) данные наблюдений за распределением стока по месяцам в створе проектируемого водозабора и в створах опорных постов;

д) данные промера глубин при соответствующих уровнях в створах проектируемого водозабора и опорных постов;

е) число и характеристика перекаатов и плесов на рассматриваемом участке, гидравлические параметры русла (ширина, глубина, коэффициент Шези) и средний уклон реки.

Опорным становится пост наиболее продолжительных наблюдений за распределением стока по месяцам, расположенный ниже проектируемого водоза-

бора на главной реке или притоках меньшего порядка. Опорные посты выбираются с целью получения отсутствующих данных в створе водозабора и проверки режима (условий) реки ниже его по течению.

Водохозяйственное использование малых рек с учетом экологических особенностей [82]. Непоправимый урон наносится малым рекам - мельчайшим структурным звеньям речной сети и важным элементам стокообразования. Интенсивное освоение водосбора и нарушение природных стокообразующих комплексов (болото - река, лес - река и др.) ведет к исчезновению малых рек. Авторами предлагается методика оценки возможности водохозяйственного использования стока малых рек с учетом обеспечения жизнедеятельности и стабильности сформировавшихся в них экосистем.

В Уральском экономическом районе малых рек насчитывается около 5 тыс., общей протяженностью свыше 110 тыс. км (т. е. подавляющее большинство). Малые реки интенсивно используются для водоснабжения, орошения и несут основную нагрузку антропогенного воздействия: загрязнение промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками разной степени очистки, засорение древесиной и древесными отходами, заиливание вследствие естественной эрозии и сбросов горно-добывающей промышленности, заболачивание и нарушение дренажными переработками, истощение и пересыхание в связи с вырубкой леса, осушением болот и др. Гидрометеорологическое изучение малых рек проводится в единичных случаях, нет достаточных рядов наблюдения за их стоком и другими параметрами режима, необходимыми для прогнозирования состояния и планирования использования ресурсов рек.

В естественном состоянии малые реки подвержены различным колебаниям климата, влияющим на их водность. В отдельных случаях возможно промерзание, пересыхание небольших рек, а также другие изменения, резко воздействующие на состояние речной экосистемы. Улучшение использования малых рек должно предусматривать сохранение стабильного экологического равновесия, что обеспечивается прежде всего поддержанием в речной системе необходимого водоохранного расхода. Водоохраный расход - это минимально необходимый для охраны природы и минимального водного благоустройства расход в реке. Если иметь в виду еще и прилегающую к реке пойму, то требуют изучения подрусловые воды, подземные воды в зоне выклинивания подпора, т. е. водная, приводная и наземная экосистемы долины реки, следовательно, большое число связей с водным балансом водотока. Поскольку поймы малых рек не слишком развиты, можно ограничиться рассмотрением только водотока.

Основной принцип охраны малых рек от истощения и вредных изменений - сохранение в водотоке такого расхода, который при любых видах хозяйственного использования обеспечивает воспроизводство биологических ресурсов и удовлетворительное санитарно-биологическое состояние и самоочищение реки. Причем, санитарно-биологическое состояние реки зависит от проточности и лимитируется следующими особенностями:

- 1) река не должна представлять собой ряд разобщенных плесов;
- 2) исчезновение проточности приводит к замедлению темпов развития микроорганизмов, преобладанию анаэробного разложения, снижению численности видов;
- 3) на плесовых участках реки происходит аккумуляция органического вещества и возникает дефицит кислорода в летнюю и зимнюю межень.

Рассмотрим пределы возможных изменений гидролого-гидравлических показателей:

1) при благоприятной температуре, наличии питательных веществ с уменьшением проточности в плесовых участках развивается большая биомасса водорослей (до 5 - 10 кг/м²) и происходит замена исторически сложившихся биоценозов на новые, однообразные, стойкие к загрязнению, характерные для стоячих водоемов;

2) диапазон влияния скорости течения на планктонные организмы достаточно велик (от 0,1 до 0,9 м/с), однако для предупреждения интенсивного развития водорослей достаточна скорость 0,5 - 0,6 м/с. Одновременно на развитие фитопланктона влияет прозрачность воды, и оно почти прекращается при прозрачности 7 - 10 см по диску Секки;

3) при скорости течения ниже 0,3 м/с и глубинах меньше 2,5 м происходит интенсивное зарастание русел рек высшими водными растениями - макрофитами. Для рек шириной до 10 - 15 м и глубиной до 0,7 - 1,0 м допустима по условиям незарастаемости скорость течения 0,1 - 0,2 м/с;

4) донные сообщества в мягких и твердых субстратах погибают при осушении реки и разделении ее на ряд изолированных плесов, некоторые гидробионты в состоянии переместиться из осушаемых участков вслед за водой, если скорость ее отступления не превышает 2,5 см/ч, при пересыхании реки бентосные организмы в состоянии анабиоза могут сохраняться от 13 суток до 1 года, водоросли - до 25 лет.

Санитарно-биологическое благополучие водотока является предпосылкой сохранения его рыбохозяйственного значения, поскольку обеспечивает кормовую базу ихтиофауне. Но есть и специальные требования для обеспечения рыбохозяйственного значения реки. Кроме того, необходимым условием удолетворительного рыбохозяйственного состояния реки остается сохранение проточности и водообмена на нерестилищах.

Разбавление неорганизованного поверхностного стока с осушаемых земель может быть определено по разработкам ВНИИВО, богарного земледелия - по рекомендациям УралНИИВХ и др.

Водоохраный расход в реке может быть вычислен в каждом отдельном случае по глубине и уклону реки, по средней скорости, живому сечению и т. д. Полученный набор минимально необходимых расходов позволяет выбрать наибольший из них в качестве водоохранного. Необходимо также знать календарные сроки сохранения того или иного значения водоохранного расхода и по ним определить водоохранные объемы стока. Для меженного периода объемы стока в "подвале" гидрографа (за счет грунтового питания) должны быть не ниже требуемого по определяющим водоохранным критериям. Если этих запасов не хватает, то отбор воды из реки недопустим или требуется ее зарегулирование. Все излишки стока сверх водоохранного могут быть использованы для различных нужд народного хозяйства.

Определяющими водоохранный расход или объем стока в створе водозабора реки приняты критерии незаиляемости, незарастаемости русла и рыбохозяйственного использования. Для выполнения первых двух условий минимальная скорость течения ниже створа проектируемого водозабора должна быть 0,3 м/с, соответствующий ей водоохраный расход - 0,8 м³/с, а объем стока - 2,1 млн м³.

Из условия рыбохозяйственного использования реки глубина ниже створа отбора должна быть не менее 0,5 м, соответствующий расход - 7,2 м³/с, а объем стока - 18,1 млн м³.

Линии минимально необходимых расходов и объемов стока (соответственно) показывают, что отбор возможен только в июне в количестве:

$$Q_{забир.} = Q_{V1} - Q_{рыб} / Q_{мин} = 14,2 - 7,0 = 7,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

или

$$W_{забир.} = W_{V1} - W_{рыб} / W_{мин} = 36,8 - 18,1 = 18,7 \text{ млн м}^3.$$

Таким образом, в качестве критериев, обеспечивающих санитарно-биологическое благополучие, незаиляемость, незарастаемость русла, разбавление сточных вод и рыбохозяйственное использование реки, предлагается ввести гидролого-гидравлические параметры: минимально необходимые (водоохранные) расходы, скорости и глубины.

Установлено, что удовлетворительное санитарно-биологическое состояние реки обеспечивается при средневзвешенной глубине по плесам и перекатам, превышающей минимально необходимую для неразрывности потока по длине; незаиляемость и незарастаемость русла - при скорости в реке, большей 0,3 м/с; рыбохозяйственное использование - при глубине реки, превышающей 0,1 - 1 м в зависимости от вида рыб; разбавление сточных вод - при расходе, превышающем расход для достижения нормативной степени разбавления.

Для расчета допустимого отбора комплекс водоохранных гидролого-гидравлических критериев створа проектируемого водозабора следует перевести в водоохранные расходы (объемы) стока. Допустимый отбор определяется как разность значений фактического (в заданный момент времени) и наибольшего из водоохранных расходов (объемов) стока.

Самоорганизация на водосборах малых рек [316, 317]. Только элементарные водосборы достаточно быстро реагируют на изменения климата и ландшафтных условий, качества вод [13]. Элементарный водосбор - участок территории, по размерам близкий к урочищу, который может быть представлен как набор емкостей. Каждая емкость соответствует элементарному ПТК (фации), а склоновый ряд - группе фаций. Подсистемами элементарного водосбора служат: русловая сеть; склоны, имеющие различные уклоны и формы; почвогрунты; растительность. Особенностью функционирования элементарных водосборов является значительное превышение скорости движения воды на склонах в сравнении с ее перемещением в русле. Поэтому собственная роль водосбора состоит в интегрировании процессов на различных образующих его склонах.

Самоорганизация элементарного водосбора прямо зависит от самоорганизации рельефа [345] и отчетливо проявляется во взаимосвязи вод с другими компонентами. Например, в болотном элементарном водосборе вслед за нарастанием мохово-торфяной толщи поднимается и уровень болотных вод, амплитуда колебаний которого остается при этом практически неизменной.

Таким образом, устойчивость элементарного водосбора определяется детерминированностью потоков воды свойствами земной поверхности, расти-

тельности, почв. При неизменных компонентах геосистем преобразование атмосферных осадков или талых вод в составляющие гидрологического цикла происходит одинаково.

При жесткой зависимости гидрологических процессов от других компонентов ландшафтов в качестве факторов устойчивости при равнозначных климатических условиях выступают:

1) для элементарного уровня ПТК - гидрологические свойства почвогрунтов и растительности;

2) для группы фаций - распределение по склону и водно-физические свойства почв и рыхлых отложений, стокоформирующие и стокопоглощающие свойства растительности;

3) для элементарного водосбора - соотношение площадей геосистем и конфигурация водосбора в плане;

4) для крупного водосбора - общий характер рельефа и тектонических движений, распределение природных подзон и поселений.

Определяющим в устойчивости гидрологических систем первых трех типов являются отношения в системе "вода - рыхлые отложения", которые в конкретных условиях корректируются растительностью и другими ландшафтными компонентами. Эволюционные изменения водосборов направлены к усложнению их структуры. При этом наблюдается консервация речной сети водосбора в случае аридизации климата, и дальнейшее усложнение при росте увлажненности.

На водосборах малых рек определяющей хозяйственной деятельностью является сельское хозяйство. Основными лимитирующими элементами выступают биогенные вещества. Для водосборов крайнего юго-востока Тюменской и юга Омской областей традиционные (распашка и др.) факторы, изменяющие слой весеннего стока, не работают. Слой стока с увеличением площади пашни может увеличиваться. Это водосборы рек со слоем стока менее 20 мм (Алабуга, Ченчерь, верхний Емец, правые притоки Вагая) [117]. Определяющим фактором для таких водосборов является изменяющаяся из года в год площадь водосбора.

По мнению В.М. Калинина и др. [117], для водосборов с малой долей бессточных площадей доля распашки в регионе не должна превышать 25 - 45% бассейна реки. Именно средний показатель в 35% принят как оптимальный, не изменяющий сток малых рек регионов. Вторым фактором, способствующим истощению водных ресурсов малых рек, является нерациональное русловое регулирование. Плотность размещения прудов не должна превышать 0,1 - 0,2 га/км². Сооружение временных плотин для задержки меженного стока должно быть полностью исключено из хозяйственной практики.

При оптимизации природопользования на малых водосборах необходимо:

1) строго дифференцировать организацию территории по типам и видам ландшафтов, а на региональном уровне по фациям, урочищам, местностям;

2) регулировать хозяйственные нагрузки на территорию в соответствии со структурой ландшафтов и их устойчивостью к внешним воздействиям;

3) учитывать зональные и азональные особенности, а также индивидуальную специфику каждого ландшафта, приспособливая сельскохозяйственную технику к условиям территории (морфологическому строению ландшафта);

4) добиваясь высоких экономических показателей использования земель, охранять внутреннее разнообразие ландшафта, которое отвечает важнейшему условию его устойчивости, соблюдать экологические и эстетические требования, не допускать образования разного рода "неудобств" в пользовании землями;

5) отдавать приоритет естественному ландшафту, в некоторых, особенно экстремальных условиях, практиковать "приспособительное", менее интенсивное хозяйство;

6) формировать систему природных охраняемых территорий и объектов;

7) отражать в схемах или проектах землеустройства не только покомпонентный, но и геосистемный подход (что является выражением принципа системности в организации использования и охраны всех природных ресурсов) для целостного, взаимосвязанного охвата всех сторон объекта проектирования, всех его состояний;

8) осуществлять охрану территории (пашни, многолетних насаждений, сенокосов и пастбищ, лесов, вод, болот) в процессе их рационального использования и контроля за этим процессом с предупреждением негативных воздействий.

Ухудшению качества воды в значительной степени способствуют:

1) неупорядоченность в регулировании стока малых рек и временных водотоков юга Западной Сибири, выражающаяся часто в полном перехвате весеннего половодья без последующих попусков в летнюю межень;

2) высокая распаханность водосборов, зачастую захватывающая не только водоохранную зону, но и прибрежную полосу;

3) низкая залесенность водосборов;

4) неудовлетворительное состояние пойм, вызванное рубкой кустарника и леса, осушением и использованием для выпаса скота и посева однолетних культур.

Все это требует проведения водоохраных мероприятий и экологического природопользования в бассейнах малых рек по зонам и регионам [19, 138, 195, 274, 288, 323, 337, 353, 355, 372]. О приоритетности таких работ не раз говорилось в ведомственных материалах [190].

Последнее десятилетие XX и начало XXI в. ознаменовались разработкой новых аспектов проблемы малых рек и формированием подходов, отражающих дальнейшее развитие экологических составляющих гидрологии и географии [61, 175]. Начало этому было положено оценками нарушения экологического равновесия [194], необходимостью экологизации использования водных ресурсов [238]. О некоторых из них было сказано в соответствующих разделах, другие следует назвать:

- обоснование необходимости разработки экологического мониторинга малых рек [22, 79, 102, 215], в том числе для оценки загрязнения городов [103] и качества воды в них [150];

- интеграцию охраны малых рек с приватизацией земель и мелиоративных фондов [19, 228], экономикой и социологией [90, 133];

- увязку проблем изучения малых рек, их использования и охраны, качества вод с совершенствованием технологий, чему посвящаются специальные Международные конгрессы "ЭКВАТЕК" - "Вода, экология и технологии" [177];

- постановку задачи реабилитации природной среды в бассейнах малых рек [59, 218, 387];

- оценка и прогнозирование экологической безопасности экосистем малых рек [145, 177, 365];

- анализ особенностей антропогенных воздействий на водные ресурсы России в 1990-е гг. [136].

В частности, в работе [145] анализируются причины и экологические последствия деградации малых рек, к которым по ГОСТу отнесены реки с протяженностью до 200 км и площадью водосбора до 2 тыс. км. Малые реки тесно связаны с ландшафтами дренируемых территорий и с зональными природными условиями. Для любой географической зоны главной причиной отмирания русловой сети малых водотоков является поступление в них значительных объемов продуктов смыва с водосборных территорий, среди которых весьма значительна доля глинистых частиц. В водотоках происходит слипание этих частиц в результате загрязнения. Увеличение концентрации электролитов в дисперсных коллоидных системах ведет к исчезновению ионно-электростатического отталкивания между частицами и "цементации" русла. Хозяйственная деятельность, не учитывающая экологический фактор (сведение лесов, концентрация населенных пунктов в долинах рек, организация свалок отходов в оврагах и карьерах, сброс сточных вод, распахивание земель вблизи водотоков), привела к тому, что за последние полвека на территории Восточно-Европейской равнины протяженность малых рек уменьшилась в лесной зоне на 15%, а в степной на 45%, а воды, как правило, сильно загрязнены. Прекращение деградации малых рек и возрождение пересохших водотоков возможно на базе рационального управления их режимом и использованием с применением компьютерного моделирования.

Перспективным является геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек [31, 382]. Авторская методика заключается в построении матрицы антропогенных нагрузок на водосборы и проведении районирования их территории по преобладающим источникам загрязнения и степени экологической опасности. Этот подход отрабатывался на примере бассейна р. Истры, которая вместе с Истринским водохранилищем является составной частью Москворецкой водной системы - одного из важнейших источников питьевого водоснабжения Москвы.

Необходимо продолжить подготовку и публикацию эколого-географических описаний отдельных бассейнов малых и средних рек, используя опыт создания монографий по рекам Алей [45], Воронеж [199], Барнаулка [262], Тобол [243], Урал [349], Ишим [316].

Среди публикаций по обеспечению безопасности России упоминается и гидроэкологическая. Под гидроэкологической безопасностью территории (ГЭБТ) понимается особое состояние водных объектов, при котором природопользование (водопользование) не препятствует удовлетворению запросов потребителей, не приводит к негативному изменению здоровья населения, не ухудшает условия существования водных экосистем [3]. Сценарии нарушения ГЭБТ связаны как с техногенными так и природными факторами. Для разрешения противоречий между планами комплексного использования разнообразных ресурсов территориально-аквальных комплексов рек, задачами безопасности жизни и деятельности населения, сохранения условий существования водных экосистем необходима разработка программ по сохранению и обеспечению гидроэкологической безопасности, включающих мониторинг водных объектов, создание информационно-аналитических систем, обоснование схем оптимизации управления природопользованием в бассейнах рек. Оптимизационная дея-

тельность обеспечивается формированием таких интегральных направлений, как экологическая биофизика водных систем [68], экологическая гидрология [326]. Нельзя не упомянуть о набирающем силу общественном движении в защиту рек [241].

Проблема малых рек является частью более общей, касающейся состояния природно-хозяйственной системы "Вода России" [347]. Преодоление кризиса в этой сфере во многом будет зависеть от принятия Концепции государственной водной политики, которую должно утвердить правительство РФ. В ее структуре имеются такие блоки, как цель и основные принципы, показатели состояния водных объектов, нормирование водохозяйственной деятельности, организационная схема управления водными ресурсами. Ее реализация на основе предложенных принципов и механизмов, нормативно-правового обеспечения позволит достичь баланса между потребностями развития, приоритетами и возможностями устойчивого воспроизводства экологически полноценных водных ресурсов, повысит привлекательность водного сектора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях высокой антропогенной нагрузки происходит изменение естественных биогеоценологических связей. В настоящее время процесс деградации в районах традиционного освоения значительно расширился, им охвачено от 30 до 60% озер, до 90% малых рек. Большая часть водных объектов претерпели нежелательную трансформацию. Сохранение стабильности среды обитания возможно при условии, что степень вмешательства человека в природу не превысит потенциала самоорганизации геосистем. Оптимизация хозяйственной деятельности на водосборах малых рек и озер должна включать в себя широкий перечень научно обоснованных мероприятий.

Можно констатировать, что в настоящее время в староосвоенных районах практически завершилось освоение долин малых рек и потенциал их близок к исчерпанию. Необходимо ставить вопрос о реконструкции долин и водосборов малых рек как начального звена общего оздоровления экологической, а значит и социально-экономической ситуации в стране. Начинать такую работу необходимо с верховьев рек, т. е. с малых рек, постепенно продвигаясь к низовьям.

Превращение земли в объект купли-продажи при более высокой рыночной цене именно долинных земель, территорий вблизи водных источников создает опасность "раздробления" целостной природной системы между огромным количеством мелких владельцев и пользователей. Мировой опыт, в частности история развития капитализма на начальных его этапах при низком уровне концентрации производительных сил, показывает, что при этом неизбежно происходит взрывное ухудшение ситуации в бассейнах малых рек как наиболее уязвимых в силу своей малой емкости.

В ситуации, когда в стране нарушено правосознание и утеряны многие рычаги контроля, существенную угрозу представляют массовое использование под огороды долинных и пойменных земель в населенных пунктах и окрестностях, образование свалок, повсеместные рубки, в том числе и водоохраных лесов.

В ходе экономических преобразований последнего десятилетия четко обозначился острый дефицит инвестиционных и материальных ресурсов, необходимых для природоохранных мероприятий. В связи с этим определяющими становятся законодательные ограничения на использование водных, земельных и иных ресурсов долин малых рек.

Существенным фактором, который может изменить систему приоритетов в использовании долинных комплексов малых рек, может стать внедрение в практику управленческих решений широко известного в науке бассейнового подхода, с которым незнакомы большинство руководителей.

Принципиально важно требовать проведения такой социальной и хозяйственной политики, которая наносила бы минимальный ущерб бассейнам малых рек, не забывая о восстановлении части природных комплексов и улучшении экологической ситуации в целом. Можно только сожалеть о сокращении финансирования соответствующих научных исследований, уменьшении числа водомерных постов и систем контроля за состоянием окружающей среды в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф.: Сб. материалов / Ред. В.Я. Кагалевский.* - Краснодар, 1992. - 228 с.
2. *Алексеевский Н.И.* Гидроэкология малых рек // *Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы.* - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 7.
3. *Алексеевский Н.И., Фролова Н.Л.* Гидроэкологическая безопасность территории: причины изменения и способы повышения надежности // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. науч. конф.* - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 4 - 7.
4. *Алтунин В.С., Дмитрук В.И., Панкратов В.Ф.* Предотвратить эрозийные процессы в поймах малых рек // *Мелиорация и вод. хоз-во.* - 1988. - N 2. - С. 43 - 44.
5. *Антипов А.Н. и др.* Исторические и методические аспекты исследований // *Гидрологическая роль лесных геосистем.* - Новосибирск: Наука, 1989. - С. 7 - 19.
6. *Антипов А.Н., Вакулин К.Ю., Гелета И.Ф.* Ландшафтно-гидрологические характеристики Западной Сибири. - Иркутск, 1989. - 221 с.
7. *Антипов А.Н., Корытный Л.М.* Географические аспекты гидрологических исследований (на примере речных систем Южно-Минусинской котловины). - Новосибирск: Наука. - 1981. - 176 с.
8. *Антипов А.Н., Rogozin A.B.* Использование картографической информации в гидрологических исследованиях // *География и природ. ресурсы.* - 1987. - N 4. - С. 80 - 88.
9. *Антипов А.Н., Федоров В.Н.* Ландшафтно-гидрологическая организация территории. - Новосибирск, 2000. - 264 с.
10. *Антипов А.Н., Черкашин А.К.* Системный анализ влияния леса на сток с использованием материалов лесоустройства // *Гидрологические исследования ландшафтов.* - Новосибирск: Наука, 1986. - С. 102 - 114.
11. *Антипов Н.И.* Водный режим некоторых гигрофитов // *Физиология растений.* - 1961. - Т. 8, вып. 3.
12. *Антропогенное воздействие на речную экосистему и восстановление качества воды в малых реках / Волог. гос. техн. ун-т; Трапезников В.Н.* - Вологда, 1999. - 5 с. - Деп. в ВИНТИ 10.06.99, N 1878-B99.
13. *Арманд А.Д. и др.* Механизмы устойчивости геосистем. - М.: Наука, 1992. - 207 с.
14. *Арманд Д.Л.* Наука о ландшафте (Основы теории и логико-математические методы). - М.: Мысль, 1975. - 286 с.
15. *Арманд Д.Л.* Принципы физико-географического районирования // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.* - 1952. - N 1.
16. *Бабкин В.И.* Внутригодовая зарегулированность стока рек равнинной территории европейской части СССР и факторы, ее определяющие // *Труды ГТИ.* - 1969. - Вып. 174. - С. 59 - 95.
17. *Бабкина И.В.* Водоресурсные показатели сохранения водисточников от истощения в зоне АПК Сибири // *Совершенствование ведения сельскохозяйственного производства в степной зоне Сибири: Материалы науч.-практ. конф.* - Новосибирск, 1996. - С. 82 - 85.

18. *Бабкина И.В.* Пересыхание малых рек в бассейне Верхнего Енисея // Водные ресурсы Сибири: изучение, использование, охрана. - Красноярск, 1988. - С. 3 - 13.
19. *Бабкина И.В.* Природоохранный сток малых рек Средней Сибири как основа разработки нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Международ. науч. конф. - Томск, 2000. - С. 598 - 602.
20. *Балков В.А.* Оценка изменений водных ресурсов малых рек в связи с усилением хозяйственной деятельности на их водосборах // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 28 - 33.
21. *Балушкина Е.В.* Критерии и методы оценки уровня антропогенной нагрузки и качества воды // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 19.
22. *Бастраков С.И., Рябинина Д.И.* Качество воды малых рек Республики Марий Эл по результатам водохозяйственного мониторинга: Материалы науч.-практ. конф. - Йошкар-Ола, 1996. - С. 39 - 45.
23. *Бахманн У.Х.* Социально-экономическое обоснование охраны водных ресурсов в бассейнах малых рек // Совершенствование методологии управления социальным природопользованием: 2 Всесоюз. конф.: Тез. докл. - М., 1986. - Т. 2. - С. 142 - 145.
24. *Бачурин Г.В.* К вопросу классификации рек // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. - 1963. - Вып. 3. - С. 3 - 12.
25. *Беличенко Ю.П., Хильченко Н.В., Черняев А.М.* С какой реки начать? (Об очередности выбора малых рек для осуществления водоохранных мероприятий) // Мелиорация и водное хозяйство. - 1988. - N 2. - С. 41 - 43.
26. *Белотелов С.П.* Гигиеническая оценка эффективности водоохранных мероприятий на малых реках Куйбышевской области // Гигиенические аспекты в проблеме охраны окружающей среды. - М., 1987. - С. 61 - 66.
27. *Бельтоков Г.В., Иконников Е.А.* Геоэкологические исследования в бассейнах малых рек на территории городских агломераций // Современная география и окружающая среда: Всерос. науч. конф.: Тез. докл. - Казань, 1996. - С. 79 - 81.
28. *Береза В.Д.* Фитопланктон загрязненных притоков и контактных зон основной реки // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М.: Наука, 1975. - 187 с.
29. *Бероев Б.М.* Географические проблемы эффективного использования энергетических ресурсов малых рек Северного Кавказа // Проблемы рационального природопользования и экологическая экспертиза: Науч.-практ. конф.: Сб. тез. - Краснодар, 1990. - С. 5 - 6.
30. *Бероев Б.М.* Современное состояние загрязнения малых рек Северной Осетии // Регион и география: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. - Пермь, 1995. - Ч. 4. - С. 12 - 13.
31. *Бероев Б.М.* Эколого-географическая характеристика малых рек Северной Осетии // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 156 - 158.
32. *Беручашвили Н.Л.* Материалы к полевой школе-семинару по состоянию геосистем. - Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1983. - 200 с.
33. *Беручашвили Н.Л.* Четыре измерения ландшафта. - М.: Мысль, 1986. - 182 с.
34. *Беручашвили Н.Л.* Этология ландшафта и картографирование состояний природной среды. - Тбилиси: Изд-во ТГУ, 1989. - 196 с.
35. *Бефани А.Н., Мельничук О.Н.* Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат // Труды УкрНИГМИ. - 1967. - Вып. 69. - С. 105 - 131.
36. *Богатырев В.Д., Чураков Д.С.* Регулирование стока малых и средних рек Западной Сибири // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 13 - 18.
37. *Богданова Н.М.* Разработка схемы охраны вод малых рек // Современные проблемы географии: Тез. докл. конф. - Пермь, 1985. - С. 144 - 146.

38. *Большинский С.В., Большинская И.С.* Основные критерии выбора объектов пополнения малых рек в регионах водопроводящих каналов // География и природ. ресурсы. - 1989. - № 1. - С. 138 - 144.
39. *Борсук О.* Дegrадация малых рек - угроза нашей безопасности // Мы и безопасность. - 1996. - № 6. - С. 24 - 26.
40. *Бочков А.П.* Влияние лес и агролесомелиоративных мероприятий на водность рек лесостепной зоны европейской части СССР. - Л.: Гидрометеоздат, 1954. - 136 с.
41. *Будыко С.Х.* О влиянии леса на водный режим рек // Научные работы Института леса АН БССР. - 1956. - Вып. 7. - С. 80 - 95.
42. *Булатов А.Г.* Гидрологические последствия осушения болот // Преобразование водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности. - Л., 1976.
43. *Булатов В.И.* Ландшафтно-структурный анализ бассейнов Новосибирской области // Гидрология и геоморфология речных систем: Материалы и тез. науч. конф. - Иркутск, 1997. - С. 193 - 194.
44. *Булатов В.И.* Россия радиоактивная. - Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. - 272 с.
45. *Булатов В.И., Винокуров Ю.И., Ревякин В.С.* Опыт разработки схемы рационального использования, охраны и воспроизводства природных ресурсов бассейна р. Алей // Оценка и прогноз природопользования в развитии регионов: Материалы Междунар. рабочего совещ. по теме 1.3 СЭВ. - М.: ИГ АН, 1989. - С. 177 - 189.
46. *Введенская Э.Д.* Влияние на водные ресурсы осушения болот и заболоченных земель на территории Западной Сибири (Тюменской области). - М., 1975. - 175 с.
47. *Вендров С.Л., Иванов А.Н.* Использование малых рек и проблемы их охраны // Роль вод. ресурсов в жизни страны. - М., 1987. - С. 93 - 100.
48. *Вендров С.Л., Коронкевич Н.И., Субботин А.И.* Проблемы малых рек // Малые реки. - М.: Мысль, 1981. - С. 11 - 18.
49. *Виноградов Ю.Б.* Математическое моделирование процессов формирования стока. - Л.: Гидрометеоздат, 1988. - 312 с.
50. *Винокуров А.В.* Рекреационное использование малых рек // Малые реки. - М.: Мысль, 1981. - С. 51 - 55.
51. *Владимиров А.М., Орлов В.Г., Сакович В.М.* Экологические аспекты использования и охраны водных ресурсов (вод суши): Учеб. пособие. - СПб., 1997. - 126 с.
52. *Власов Б.Н., Камалова Е.В., Чернов А.В.* Условия формирования и деформации русел рек центральной части Европейской территории СССР // Эрозионные и карстовые процессы на территории центра Русской равнины. - М.: МФ ГО СССР, 1987. - С. 27 - 36.
53. *Влияние лесов и лесохозяйственных мероприятий на сток малых рек / В.Н. Данилик, Г.Н. Макаренко, К.М. Мурзаева и др.* // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 54 - 58.
54. *Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза.* - Л.: Гидрометеоздат, 1967. - 200 с.
55. *Водный баланс СССР и его преобразование /* Под ред. М.И. Львовича. - М.: Наука, 1969. - 338 с.
56. *Водогрецкий В.Е.* Антропогенные изменения стока малых рек. - Л.: Гидрометеоздат, 1990. - 176 с.
57. *Водогрецкий В.Е.* Влияние агролесомелиораций на годовой сток. - Л.: Гидрометеоздат, 1979. - 184 с.
58. *Воронков Н.А.* Влагооборот и влагообеспеченность сосновых насаждений. - М.: Лесн. пром., 1973. - 184 с.
59. *Восстановление и охрана малых рек: теория и практика /* Ред. К.К. Эдельштейн, Пер. с англ. - М.: Агропромиздат, 1989. - 317 с.
60. *Высоцкий Г.Н.* О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов. - 2-е изд. - М.; Л.: Гослесбуиздат, 1952. - 112 с.
61. *Гареев А.М.* Оптимизация водоохраных мероприятий в бассейне реки (географо-экологический аспект). - СПб.: Гидрометеоздат, 1995. - 190 с.

62. *Гарцман Б.И.* Феномен контррегуляции стока в модели паводочного стока малого речного бассейна // География и природ. ресурсы. - 2001. - N 2. - С. 142 - 149.
63. *Гатилло П.Д., Филиппович И.М.* Вопросы определения минимально необходимых расходов рек // Проблемы использования водных ресурсов. - Минск: Наука и техника, 1971. - 199 с.
64. *Гелета И.Ф.* Оценка роли факторов стока рек при помощи множественного регрессивного анализа // Применение математических методов в географии. - Иркутск: изд. Ин-та геогр. Сибири и ДВ СО АН СССР, 1976. - С. 87 - 97.
65. *Геренчук К.И., Штойко П.И.* К методике изучения антропогенных изменений эрозионной сети Западной Подолии // Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. - М.: Изд-во МГУ, 1981. - С. 193-194.
66. *Гидрологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем / В.Ф. Шебеко и др. - Л.: Гидрометеоздат, 1980. - 311 с.*
67. *Гидрология суши: термины и определения. ГОСТ 19179-73. - М.: Изд-во стандартов, 1978.*
68. *Гладышев М.И.* Основы экологической биофизики водных систем. - Новосибирск: Наука, 1999. - 113 с.
69. *Глушков В.Г.* Вопросы теории и методы гидрологических исследований: Географо-гидрологический метод. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 416 с.
70. *Голова И.М., Хильченко Н.В.* Критерии выбора приоритета малых рек при разработке схем охраны и рационального использования их водных ресурсов // Вопр. гидрологии суши: Докл. конф. мол. ученых и специалистов. - Л., 1991. - С. 90 - 94.
71. *Головастикова Л.И.* Актуальные рыбохозяйственные проблемы освоения малых рек // Проблемы повышения эффективности использования поймы Нижнего Дона. - Ростов н/Д, 1986. - С. 65 - 68.
72. *Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Литвин Л.Ф.* Трансформация стока наносов на водосборах малых рек европейской территории СССР // Современное состояние малых рек и пути их использования, сохранения и восстановления. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - С. 96 - 103.
73. *Голубков С.М.* Влияние антропогенных факторов внешней среды на структурно-функциональную организацию речных экосистем // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 60.
74. *Гончаров А.В., Ревкова Н.В.* Гидробиологическая классификация малых рек // Там же. - С. 61.
75. *Горбик А.П.* Пространственно-планировочная организация рекреационных районов // Формирование и планирование строительства курортно-рекреационных образований. - Киев, 1977. - 92 с.
76. *Гранкова О.Н.* Пространственная дифференциация природной среды речных долин // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 62.
77. *Григорьева И.Л., Ланцова И.В.* Оценка состояния среды водосборов малых рек // Там же. - С. 63.
78. *Гусев В.П.* Природоохранные мероприятия в условиях мелиоративной деятельности в бассейнах рек // Гидротехн. стр-во. - 1991. - N 11. - С. 25 - 27.
79. *Гусева Т.М., Мажайский Ю.А.* Мониторинг малых рек Окского бассейна // Геол. вестн. центр. р-нов России. - 2000. - N 3. - С. 55 - 58.
80. *Дедков А.П., Курбанова С.Т., Можжерин В.И.* О механизме пересыхания малых рек Среднего Поволжья // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 67.
81. *Дерябин В.Н., Ширяк И.М., Бердышева Г.В.* Повышение эффективности использования и охраны ресурсов малых рек // Водное хозяйство Урала. - Красноярск, 1981. - С. 17 - 34.

82. *Дерябин В.Н., Ширяк И.М.* Оценка возможности водохозяйственного использования малых рек с учетом экологических особенностей // Проблемы рационального использования и охраны малых рек. - Красноярск, 1982. - С. 126 - 132.
83. *Джуха И.Г., Чалов Р.С.* Морфология и динамика русла р. Юг как пример руслоформирующей деятельности малой реки // Геоморфология. - 1985. - N 1.
84. *Долины малых рек - важнейший элемент ландшафтной структуры крупнейшего города / Е.И. Пупырев, И.Г. Ищенко, В.Г. Печников и др.* // 4-я Междунар. конф. "Проблемы управления качеством окружающей среды", Москва, 2 - 4 июня, 1999. - М., 1999. - С. 196 - 197.
85. *Доманицкий А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И.* Реки и озера Советского Союза. - Л., 1971. - 104 с.
86. *Дрозд В.В., Макаревич А.А.* Особенности изменений стока малых рек после мелиорации // Проблемы и пути рационального использования природных ресурсов и охраны природы: 11 Респ. гидрометеорол. конф.: Тез. докл. Секция Антропогенное воздействие на экосистемы и проблемы мониторинга. - Вильнюс, 1986. - С. 107.
87. *Дубах А.Д.* Влияние осушительных работ на режим рек // Доклады IV гидрологической конференции Балтийских стран. - Л., 1933. - Т. 1. - 90 с.
88. *Дубах А.Д.* Очерки по гидрологии болот. - Л., 1936. - 117 с.
89. *Дубах А.Д.* Лес как гидрологический фактор. - М.: Гослесбумиздат, 1951. - 160 с.
90. *Дубына Д.В., Небесный В.В.* Социально-экологические аспекты организации охраны геосистем малых рек Причерноморья // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 194 - 196.
91. *Дудник Н.И.* Природа Тамбовского края. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2000. - 156 с.
92. *Дыгало В.С.* Ландшафтно-гидрологические исследования малых рек и их практическое использование // Малые реки России. - М.: ИГ РАН, МФ ГО, 1994. - С. 100 - 111.
93. *Дьяконов К.Н.* Методологические проблемы физико-географической дифференциации // Вопр. географии. - 1975. - Сб. 98. - С. 28 - 51.
94. *Дятлов С.Е.* Экосистемы малых рек северо-западного Причерноморья и проблемы их охраны // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 215 - 217.
95. *Евстигнеев В.М.* Речной сток и гидрологические расчеты. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 304 с.
96. *Елин Е.С.* Фенольные соединения в биосфере. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. - 392 с.
97. *Елисеев Д.А.* Малая река - природный ресурс // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 105 - 110.
98. *Ерешко Ф.И., Царьков Д.В.* Экологическая программа "Битюг" // Мелиорация и вод. хоз-во. - 1991. - N 7. - С. 17 - 19.
99. *Ермошкина Л.И., Введенская Э.Д.* Охрана и рациональное использование водных ресурсов малых рек // Там же. - 1990. - N 2. - С. 62.
100. *Ершова Л.М.* Антропогенные изменения водных ресурсов малых рек Восточной Сибири // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 51 - 54.
101. *Ершова Л.М., Тараканова В.В., Данилова Т.М.* Расчетные характеристики стока малых и средних рек Ангарского бассейна в пределах Красноярского края // Водные ресурсы Сибири: изучение, использование, охрана. - Красноярск, 1988. - С. 108 - 121.
102. *Жердев В.Н., Землянухин И.П., Дегтярев С.Д.* Мониторинг земель: Проблемы регионального дистанционного мониторинга малых речных экосистем // Экология и здоровье: Тез. докл. - Пенза, 1992. - Ч. 2. - С. 28 - 29.
103. *Жигалин А.Д.* Экологическая оценка территории города по данным геофизических исследований на малых реках // Прикладная геоэкология чрезвычайной ситуации, земельный кадастр и мониторинг. - 1997. - N 2. - С. 82 - 87.

104. *Жилинский И.И.* Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот (1873 - 1898). - СПб.: Изд. Мин-ва Земледелия и гос. имуществ, 1899. - 825 с.
105. *Замахавев В.С.* О рациональном использовании малых рек // *Малые реки*. - М.: Мысль, 1981. - С. 44 - 51.
106. *Земцов В.А., Никитин С.П.* Изменчивость полей гидрологических характеристик в Западной Сибири. - Новосибирск: Наука, 1986. - 303 с.
107. *Золлнер Д.Р.* Малая гидроэнергетика: задачи, ограничения, возможности // *Природа и ресурсы*. - 1987. - Т. 23, N 3 - 4. - С. 11 - 22.
108. *Зотов С.И.* Имитационное моделирование состояния бассейново-ландшафтных систем в условиях избыточного увлажнения: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. - М., 1999. - 54 с.
109. *Зудин Н.А.* Разрушение берегов малых рек Марийской АССР и ущерб приносимый народному хозяйству // *Проблемы использования воспроизводства и охраны лесных ресурсов*. - Йошкар-Ола, 1989. - Кн. 2. - С. 137 - 139.
110. *Зыков И.Г., Антонов В.И.* Принципы размещения систем лесных полос на рассеивающих водосборах малых рек // *Основы выращивания защитных насаждений на водосборных бассейнах малых рек*. - М., 1985. - С. 126 - 134.
111. *Иванов К.Е.* Водообмен в болотных ландшафтах. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 280 с.
112. *Изучение составляющих эвтрофирования в малых реках Крыма // Экологические и природоохранные аспекты изучения Горного Крыма / А.Н. Васюта, Ж.А. Вашук, В.Н. Никитина и др.* - Симферополь, 1985. - С. 94 - 103.
113. *Исаченко А.Г.* Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. - М.: Высш. шк., 1965. - 327 с.
114. *Искандаров Т.И., Ильинский И.И., Усманов И.А.* Опыт изучения и гигиеническая оценка качества воды малых рек страны // *Гигиена и санитария*. - 1986. - N 5. - С. 79 - 80.
115. *Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек: Сб. науч. тр. СибНИИ гидротехники и мелиорации*. - Красноярск, 1987. - 125 с.
116. *К вопросу о загрязнении и самоочищении воды в малой реке / В.К. Бойченко, Л.О. Эйфор, В.Ф. Ланцов и др.* // *Вод. ресурсы*. - 1986. - N 2. - С. 102 - 110.
117. *Калинин В.М., Ларин С.И., Романова И.М.* Малые реки в условиях антропогенного воздействия. На примере Восточного Зауралья. - Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 1998. - 220 с.
118. *Калинин Г.П.* Роль леса в распределении осадков // *Вопросы гидрометеорологической эффективности полесозидного лесоразведения*. - Л.: Гидрометеиздат, 1950. - С. 24 - 29.
119. *Камалова Е.В.* Размывы берегов и горизонтальные деформации русел малых и средних рек бассейнов Волги и верхнего Дона // *Малые реки центра Русской равнины, их использование и охрана*. - М.: МФ ГО СССР, 1988. - С. 25 - 32.
120. *Караваева Г.И., Феоктистова Н.А.* Травосмеси для коренного улучшения пойм малых рек Правобережья Саратовской области // *Аграрные реформы в России: опыт, проблемы, перспективы: Материалы Рос. науч.-практ. конф.* - Саратов, 1995. - С. 190 - 191.
121. *Клюева К.А.* Влияние заболоченности водосборов на средний многолетний сток рек Белорусской ССР // *Труды ГГИ*. - 1956. - Вып. 52.
122. *Кобечинская В.Г., Киселева Г.А., Головачанская Л.И.* Комплексное изучение экосистем малых рек Крыма и аспекты их оптимизации // *Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф.* - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 175 - 177.
123. *Коваленко Э.П.* Регулирование переноса и аккумуляции радионуклидов малыми реками // *Природ. ресурсы*. - 1997. - N 4. - С. 53 - 55.
124. *Колбовский Е.Ю.* Долинные ландшафты малых рек Нечерноземной зоны ЕТС и их изменение под влиянием антропогенного воздействия // *Современные проблемы географии: Тез. докл. конф.* - Пермь, 1985. - С. 65 - 66.

125. *Кологреев Г.Д.* Обоснование комплекса противозрозийных мероприятий на склонах малых рек // Предотвращение негативных последствий при орошении почв Сибири. - Абакан, 1988. - С. 66 - 68.
126. *Комаров В.Д.* Гидрологический анализ и прогноз весеннего половодья рек. - Л.: Гидрометеоиздат, 1955. - 298 с.
127. *Комлев А.М.* Исследования и расчеты зимнего стока рек (на примере Западной Сибири). - М.: Гидрометеоиздат, 1973. - 200 с.
128. *Комлев А.М.* К методике оценки нормы годового стока неизученных малых рек в зонах недостаточного увлажнения / Перм. гос. ун-т. - Пермь, 1984. - 19 с. - Деп. в ВИНТИ 05. 04. 84, N 2743.
129. *Комлев А.М.* Проблемы оценки ресурсов поверхностных вод юга Западной Сибири и Северного Казахстана // География и природ. ресурсы. - 1988. - N 2. - С. 40 - 47.
130. *Комплексный* подход к оценке ущерба, наносимого рыбному хозяйству при антропогенном воздействии на малый водоем // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана / Каз. ун-т; А.А. Клевакин. - Алма-Ата, 1992. - 52-60. - Деп. в КазНИИНТИ 07.04.92, N 3675-Ка92.
131. *Константинов А.Р.* Испарение в природе. - 2-е изд. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968. - 532 с.
132. *Копотова С.А., Кондратьев Н.А., Ливанова Н.А.* Использование математической модели для оценки влияния лесомелиораций на формирование гидрографов дождевых паводков (на примере р. Поломети) // Труды ГГИ. - Вып. 315. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - С. 83 - 90.
133. *Коровин В.В.* Роль малых рек в экономике Черноморского побережья Краснодарского края // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 154 - 156.
134. *Коронкевич Н.И.* Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения. - М.: Наука, 1990. - 204 с.
135. *Коронкевич Н.И.* Вопросы формирования стока и влияния на него хозяйственной деятельности // Ландшафт и воды. - М.: Мысль, 1976. - С. 29 - 47.
136. *Коронкевич Н.И., Зайцева И.С.* Особенности антропогенных воздействий на водные ресурсы России в 1990-е годы // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. науч. конф. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 127 - 130.
137. *Коронкевич Н.И., Медведева Г.П.* Проблемы малых рек России // Вод. ресурсы. - 1993. - N 1. - С. 138 - 141.
138. *Коришун А.М.* Оценка последствий антропогенного воздействия на примере речных экосистем России: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Ростов н/Д, 2000. - 21 с.
139. *Корытный Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании. - Иркутск: Изд. Ин-та географии СО РАН, 2001. - 163 с.
140. *Корытный Л.М.* Бассейновый подход в географии // География природ. ресурсы. - 1991. - N 1. - С. 161 - 165.
141. *Корытный Л.М.* Геосистемно-гидрологический подход к природно-хозяйственному районированию // География и природ. ресурсы. - 1987. - N 2. - С. 152 - 158.
142. *Корытный Л.М., Безруков Л.А.* Водные ресурсы Восточной Сибири: проблемы изучения и использования на рубеже третьего тысячелетия // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. науч. конф. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 43 - 46.
143. *Корюкин С.Н., Брунин А.З., Букреев В.П.* Регулирование пойменного процесса при мелиоративном использовании малых рек // Доклады секции русловых процессов и секции водных ресурсов и водного баланса / Науч. совет по пробл. комплекс. использования и охраны вод. ресурсов ГКНТ; Гос. гидрол. ин-т: Вып. 2. Современное состояние малых рек СССР и пути их использования, сохранения и восстановления - Л., 1991. - С. 196 - 203.

144. *Косицкий А.Г.* К проблеме выделения малых рек // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - 108 с.
145. *Косиченко Ю.М., Турянская Н.И.* Прогнозирование экологической безопасности экосистем малых рек // Материалы Междунар. конгр. "Вода: экология и технология", Москва, 6 - 9 сент., 1994. - М., 1994. - Т. 1 - С. 178 - 187.
146. *Краткий* научно-технический отчет по теме "Исследовать влияние осушительных мелиораций на изменение водного режима, климатических условий, природного ландшафта и продуктивности прилегающих земель крупных регионов и разработать рекомендации по учету при проектировании осушительных систем" (1971 - 1975). - Минск, 1976.
147. *Кривопалов З.Ф.* Влияние характера освоения прибрежной территории на качество воды малых рек Челябинской области // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 66 - 67.
148. *Кузин П.С.* Классификация рек и гидрологическое районирование СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1960. - 455 с.
149. *Кузин П.С., Бабкин В.И.* Географические закономерности гидрологического режима рек. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 200 с.
150. *Кузнецова Л.А., Постаногова Ю.А., Дряхлова М.В.* Состояние качества воды малых рек Пермской области // Экологическая безопасность населения в зонах градопромышленных агломераций Урала: Тез. докл. Регион. науч.-техн. конф. - Пермь, 1995. - С. 98 - 100.
151. *Кузнецова Л.П.* Роль рельефа и лесов в распределении количества осадков на равнине // Тр. Гос. гидрол. обсерватории. - 1957. - Вып. 72. - С. 76 - 91.
152. *Куликов В.В.* Проблема устойчивости природных комплексов // Изв. ВГО. - 1976. - Вып. 3. - С. 224 - 228.
153. *Курбанова С.Г.* Малые реки как индикаторы влияния хозяйственной деятельности человека // Современные проблемы географии: Тез. докл. конф. - Пермь, 1985. - С. 92 - 93.
154. *Кутузов Т.Н.* Принципы проектирования переходов кабельных линий связи через малые реки (руслевые аспекты) // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 118.
155. *Куценко Н.В.* Проектирование почвооохранных мероприятий в бассейнах малых рек зоны недостаточного увлажнения // Эрозиоведение: теория, эксперименты, практика: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. - М., 1991. - С. 90 - 91.
156. *Лаврентьев П.Ф., Семенов В. А., Хитрунова М.А.* Учет средней высоты водосборов, их ориентации и зональных факторов подстилающей поверхности при расчетах годового стока рек Северного Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1971. - Вып. 41. - С. 3 - 41.
157. *Ландшафтно-гидрологический анализ территорий* / Под ред. А.Н. Антипова, Л.М. Корытного. - Новосибирск: Наука, 1992. - 208 с.
158. *Ландшафтно-гидрологический принцип изучения стока* / А.И. Субботин, Е.С. Змиева, В.Л. Нежеженко, И.И. Мамай // Ландшафтный сборник. - М.: Мысль, 1973. - С. 175 - 189.
159. *Ланцова И.В., Тулякова Г.В.* Методические подходы к оценке нагрузки загрязнения на экосистемы малых рек // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 120.
160. *Латишенков В.С.* Без малых рек нет рек больших. - Ростов н/Д, 1983. - 160 с.
161. *Латишенков В.С.* Пути улучшения состояния и использования малых и средних равнинных рек // Доклады секции русловых процессов и секции водных ресурсов и водного баланса / Науч. совет по пробл. комплекс. использования и охраны вод. ресурсов ГКНТ; Гос. гидрол. ин-т: Вып. 2. Современное состояние малых рек СССР и пути их использования, сохранения и восстановления - Л., 1991. - С. 16-23.
162. *Латишенков В.С., Отверченко Н.К., Мордвицев М.М.* Гидротехнические сооружения в системе водооохранных мероприятий на малых реках: [Докл.] Экол. аспекты эксплуатации гидромелиоративных систем и использования орошенных земель // Мелиорация и вод. хоз-во. - 1995. - N 6. - С. 25 - 26.

163. *Ларионов Г.А., Чалов Г.С.* Эрозионно-аккумулятивные процессы на водосборах и в руслах малых рек: проблемы и природоохранные вопросы // *Малые реки центра Русской равнины, их использование и охрана.* - М.: МФ ГО СССР, 1988. - С. 3 - 14.
164. *Ласкорин Б., Лукьяненко В.* Стратегия и тактика охраны водоемов от загрязнений // *Мир науки.* - 1993. - Т. 37, N 2. - С. 13 - 17.
165. *Лебедев А.В.* Водоохранное значение леса в бассейне Оби и Енисея. - М.: Наука, 1964. - 64 с.
166. *Лебедев А.В.* Водный и тепловой балансы природных комплексов речных бассейнов // *Экологическое влияние леса на среду.* - Красноярск, 1977. - С. 15 - 48.
167. *Лебедев Ю.М.* Что такое малая река? // *Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы.* - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 122.
168. *Левич А.П.* Понятие устойчивости в биологии. Математические аспекты // *Человек и биосфера.* - М.: Изд-во МГУ, 1976. - Вып. 1. - С. 138 - 174.
169. *Лисс О.Л., Березина Н.А.* Болота Западно-Сибирской равнины. - М.: Изд-во МГУ, 1981. - 208 с.
170. *Лойгу Э.О.* Воздействие рассредоточенных нагрузок интенсивного полевого хозяйства на качество воды малых рек // *Учен. зап. Тарт. ун-та.* - 1985. - N 701. - С. 73 - 76.
171. *Львович М.И.* Человек и воды // *Преобразование водного баланса и речного стока.* - М.: Географиздат, 1963. - 556 с.
172. *Малик Л.К.* Проблемы освоения гидроэнергетического потенциала малых рек России: экологический и социально-экономический аспекты // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Международ. науч. конф.* - Томск, 2000. - С. 627 - 630.
173. *Малик Л.К.* Гидрологические последствия создания ГЭС на малых реках // *Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы.* - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 133.
174. *Малик Л.К., Нейштадт М.И., Караваева Н.А.* Географический прогноз изменений для Западной Сибири в связи с переброской части стока сибирских рек // *География и природ. ресурсы.* - 1981. - N 2. - С. 135 - 145.
175. *Малые реки Волжского бассейна* / Ред. Н.И. Алексеевский. - М.: Изд-во МГУ, 1998. - 234 с.
176. *Малые реки Западной Сибири* / Под ред. Р.С. Чалова и др. // *Русловые процессы и водные пути на реках Обского бассейна.* - Новосибирск: РИПЭЛ плюс, 2001. - С. 241 - 243.
177. *Малые реки и водоемы: проблемы изучения, использования и охраны* / Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева, Л.К. Малик и др. // *Сб. тез. докл. Междунар. конгр. "Вода: экология и технология", "ЭКВАТЕК-96".* - М., 1996. - С. 57.
178. *Малые реки России.* - М.: ИГ РАН, МФ ГО, 1994. - 249 с.
179. *Малые реки России: Использование, регулирование, охрана, методы водохозяйственных расчетов.* - Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988. - 316 с.
180. *Малые реки центра Русской равнины их использование и охрана* / АН СССР. Моск. фил. Геогр. о-ва СССР; Ред. Н.П. Матвеев. - М., 1988. - 128 с.
181. *Малые реки.* - М.: Мысль, 1981. - 221 с.
182. *Марунич С.В.* Структура потоков тепла, влаги и количества движения над лесом // *Тр. ГГИ.* - 1973. - Вып. 207. - С. 99 - 112.
183. *Марунич С.В., Федоров С.Ф.* Изменение водного режима водосборов под влиянием лесохозяйственных мероприятий // *Тр. ГГИ.* - Л.: Гидрометеоздат, 1986. - Вып. 311. - С. 93 - 103.
184. *Маслов Б.С., Минаев И.В.* Мелиорация и охрана природы. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 271 с.
185. *Маслова А.В., Шаликовский А.В., Шильникова Т.Л.* Влияние природных и антропогенных факторов на водный баланс малых рек // *Вестн. Чит. гос. техн. ун-та.* - 1997. - N 4. - С. 9 - 15.
186. *Матвеева Ф.И., Полтавская В.В.* Влияние хозяйственной деятельности на годовой сток малых рек // *Материалы науч. конф. по проблемам водных ресурсов Дальневосточного экономического района и Забайкалья.* - СПб., 1991. - С. 369 - 373.

187. *Мезенцев В.С.* Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажненности и теплообеспеченности // Тр. Омского с.-х. ин-та. - 1957. - Т. 27.
188. *Мельберга А.Г., Вавер-Зайдманс А.К., Родионов В.И.* Зависимость бактериальной продуктивности от гидрогеологического режима в условиях малой реки // Основы биопродуктивности внутренних водоемов Прибалтики. - Вильнюс, 1975. - 474 с.
189. *Мережко А.И.* Проблемы малых рек и основные направления их исследований // Гидробиол. журн. - 1998. - Т. 34, № 6. - С. 66 - 71.
190. *Методические* рекомендации по определению приоритета малых рек при разработке водоохранных мероприятий. - М.: Роскомвод, 1991. - 23 с.
191. *Методические* рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 166 с.
192. *Мильков Ф.Н.* Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования // География и природ. ресурсы. - 1981. - № 4. - С. 11 - 18.
193. *Минин Н.К., Булатов В.И., Бураков Д.А.* Минимальный сток и его зависимость от ландшафтной структуры речных бассейнов // Природа и экономика Александровского нефтегазоносного района. - Томск: Изд-во ТГУ, 1968. - С. 163 - 170.
194. *Мирихулова Ц.Е.* Вероятностная оценка нарушения экологического равновесия малых рек // Докл. ВАСХНИЛ. - 1991. - № 9. - С. 59 - 63.
195. *Миштахова Р.Н., Петрова Р.С.* Хозяйственное использование и сток малых рек Татарской АССР // Природоохранные мероприятия при мелиорации земель. - Красноярск, 1985. - С. 38 - 45.
196. *Миштахова Р.Н., Петрова Р.С., Урбанова О.Н.* К управлению водными ресурсами и оптимизации водоохранных мероприятий в бассейнах малых рек (на примере реки Казанки) // Рациональное использование и прогноз качества водных ресурсов Республики Татарстан: Материалы науч.-практ. конф. - Казань, 1993. - С. 74 - 75.
197. *Михеев Н.Н.* Состояние малых рек и решение их проблем (по данным Комитета по водному хозяйству) // Малые реки России. - М.: ИГ РАН, МФ ГО, 1994. - С. 5 - 10.
198. *Михович А.И.* К установлению нормативов в водоохранной лесистости территории Украинской ССР и Молдавской ССР. - Киев: Урожай, 1973. - С. 3 - 12.
199. *Мишон В.М.* Река Воронеж: ресурсы и водно-экологические проблемы. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. - 296 с.
200. *Мишон В.М.* Снежные ресурсы и местный сток: закономерности формирования и методы расчета. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1988. - 192 с.
201. *Модели* процессов формирования речного стока. - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 143 с.
202. *Моделирование* процессов переноса химикатов на малом водосборе // Обзор информ. ВНИИ гидрометеорол. информ.-Миров. центр данных. Гидрометеорол. Мониторинг состояния окруж. природ. среды. - 1986. - № 2. - С. 40 - 4с.
203. *Молчанов А.А.* Гидрологическая роль леса. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 487 с.
204. *Молчанов А.М.* Об устойчивости экосистем // Всесторонний анализ окружающей природной среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - С. 212 - 229.
205. *Мольчак Я.А.* Изменение эрозии почв и русловых процессов от дождевого стока при осушительных мелиорациях // Четвертое координационное совещание по проблеме "Исследование русловых процессов на реках и в устьях рек и разработка методов их учета для различных отраслей народного хозяйства". - Луцк, 1998. - С. 35 - 36.
206. *Морозов Н.В.* Принципы регулирования качества воды малых рек, загрязняемых пестицидами // Природоохранные мероприятия при мелиорации земель. - Красноярск, 1985. - С. 97 - 113.
207. *Мороков В.В.* Природно-экономические аспекты охраны малых рек Урала от загрязнения // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 40 - 45.
208. *Нагалецкий Ю.Я., Тюрин В.Н., Мищенко А.А.* Экосистемы малых рек Кубани и мероприятия по их охране // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 196 - 200.

209. *Назаренко В.А., Алев Ф.Т.* Экологическое состояние малых рек Ульяновской области // Малые реки: Современное экологическое состояние, актуальные проблемы. - Тольятти, 2001. - С. 147.
210. *Назаров Н.А., Сирип А.А.* Модель и алгоритмы расчета формирования речного стока на лесном водосборе. - М.: Наука, 1988. - 108 с.
211. *Нестерова М.Ф., Евдученко А.В., Варенко Н.И.* Об эвтрофировании и самоочищении р. Ораль // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. - Киев: Наук. думка, 1975. - 228 с.
212. *Никитин А.П., Спирина А.Г.* Размещение защитных лесных насаждений на малых реках в лесостепи // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. семинара. Охрана и рациональное использование водных ресурсов малых рек. - М., 1989. - С. 113 - 114.
213. *Никитин С.П., Земцов В.А.* Изменчивость полей гидрологических характеристик в Западной Сибири. - Новосибирск: Наука, 1986. - 204 с.
214. *Никишина Е.Ф., Колпакова А.Ф., Голубева Г.В.* Жизнь малых рек. - Ярославль: Верх.-Волж. кн. изд-во, 1987. - 96 с.
215. *Николаев С.Г., Елисеев Д.А., Смирнова Л.А.* Экологический мониторинг малых рек // Инженер. экология. - 1995. - N 3. - С. 54 - 61.
216. *Николаенко В.Т.* Основные принципы проектирования агролесомелиоративных мероприятий по защите малых рек и водоемов // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. семинара: Охрана и рациональное использование водных ресурсов малых рек. - М., 1989. - С. 103 - 105.
217. *Новиков С.М., Гончарова Ж.С.* Влияние осушительных мелиораций на водный режим болот, сельскохозяйственных полей и речных бассейнов в Нечерноземной зоне: Обзор. информ. - Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1984. - 49 с.
218. *Нуждин Б.В.* Географические аспекты реабилитации природной среды в бассейнах малых рек // Современная география и окружающая среда: Всерос. науч. конф., Казань, 24 - 26 сент., 1996: Тез. докл. - Казань: Изд-во гос. ун-та, 1996. - С. 146 - 148.
219. *Овчаров Е.Е., Ильинич В.В., Гуськов В.В.* Выбор малых рек для планирования водоохраных мероприятий // Материалы Междунар. конгресса: Вода: экология и технология. - М., 1994. - Т. 1. - С. 261.
220. *Овчаров Е.Е., Ильинич В.В., Шагинян А.Л.* Оценка антропогенного воздействия на сток малых рек // Гидравлическая мелиорация каналов, коллекторов, сооружений и трубопроводов / Моск. гидромелиор. ин-т. - М., 1989. - С. 135 - 142.
221. *Одум Ю.* Экология: В 2 т. - М.: Мир, 1986. - Т.1. - 328 с.; Т.2. - 376 с.
222. *Оксюк О.П., Кафтанникова О.Г., Оленик Г.Н.* Принципы прогнозирования планктона в водоснабжающих каналах // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М.: Наука, 1975. - 187 с.
223. *Опритова Р.В.* Водоохранная роль лесов Южного Сихотэ-Алиня. - М.: Наука, 1978. - 96 с.
224. *Опыт разработки и применения математических моделей бассейнов малых рек / В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев, Н.И. Капотова, Н.А. Ливанова. - Л.: Гидрометеориздат, 1985. - 94 с.*
225. *Опыт составления ТЭО водохозяйственного строительства в бассейне малых рек // Гидротехника и мелиорация. - 1976. - N 10.*
226. *Осинов В.В.* К вопросу о влиянии леса на распределение осадков // Лесоведение. - 1967. - N 4. - С. 76 - 80.
227. *Охрана ландшафтов: Толковый слов. - М.: Прогресс, 1982. - 272 с.*
228. *Охрана природы малых рек и приватизация земель / В.А. Миноранский, О.Н. Демидова, А.Б. Осинов, В.Ю. Бозаджиев // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 219 - 221.*
229. *Оценка изменений в составе ценозов малых рек Украины в условиях загрязнения, эвтрофирования и изменения водности / В.В. Полищук, Д.И. Радзимовский и др.// Биологическое самоочищение и формирование качества воды. - М.: Наука, 1975. - 187 с.*

230. *Оценка состояния и устойчивости экосистем.* - М.: Мин-во экологии и природ. ресурсов России, 1992. - 127 с.
231. *Павленко С.В.* Современное состояние экосистемы малых рек Русского Причерноморья // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек: Межресп. науч.-практ. конф. - Краснодар, 1992. - Ч. 2. - С. 148 - 149.
232. *Пальгунов П.П., Печников В.Г., Бойкова И.Г.* Малые речки и водоемы столицы // Экология Москвы: решения, проблемы, перспективы. - М.: ИРИС-ПРЕСС, 1997. - С. 81 - 87.
233. *Пальцев В.П., Прокопенко Н.Ф.* Гидрохимический режим малых рек Северного Кавказа в условиях антропогенного воздействия // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 64 - 66.
234. *Пальченко В.А.* Основные принципы выбора водоохранных мероприятий в зависимости от хозяйственной деятельности в бассейнах малых рек // Рыбохозяйственные и русловые гидротехнические сооружения. - Новочеркасск, 1988. - С. 100 - 108.
235. *Паришин В.Н.* Территориально-общий метод прогноза стока - основа гидрологического обслуживания сельского хозяйства // Метеорология и гидрология. - 1965. - N 12. - С. 3 - 10.
236. *Перехрест В.С.* Проблемы развития водохозяйственных систем малых рек // Доклады секции русловых процессов и секции водных ресурсов и водного баланса / Науч. совет по пробл. комплекс. использования и охраны вод. ресурсов ГКНТ; Гос. гидрол. ин-т: Вып. 2. Современное состояние малых рек СССР и пути их использования, сохранения и восстановления. - Л., 1991. - С. 5 - 10.
237. *Перехрест В.С., Плужников В.Н.* Водохозяйственные проблемы использования и сохранения малых рек // Проблемы использования и охраны водных ресурсов. - Минск, 1986. - С. 30 - 43.
238. *Петенков А.В., Еришова Л.М.* Экологизация использования водных ресурсов малых рек // Мелиорация и вод. хоз-во. - 1999. - N 3. - С. 5 - 7.
239. *Плескачевский А.Л.* Методика оценки загрязнения водных объектов техногенными радионуклидами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - СПб., 1998. - 16 с.
240. *Побединский А.В.* Водоохранная и почвозащитная роль лесов. - М.: Лесн. пром., 1979. - 176 с.
241. *Помоги себе и реке* // Сборник материалов об общественном движении в защиту рек. - Новосибирск: ИСАР-Сибирь, 2002. - 216 с.
242. *Попов Е.Г.* Вопросы теории и практики прогнозов речного стока. - М.: Гидрометеоздат, 1963. - 395 с.
243. *Посаль А.П.* Оценка антропогенного изменения речного стока в бассейне р. Тобол: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Пермь, 1995. - 16 с.
244. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик* / Гос. гидрол. ин-т. - Л.: Гидрометеоздат, 1984. - 448 с.
245. *Правошинский Н.А.* О путях совершенствования методов управления использованием и охраны водных ресурсов малых рек // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. семинара. Охрана и рациональное использование водных ресурсов малых рек. - М., 1989. - С. 20 - 22.
246. *Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П.* Основы ландшафтного анализа. - М.: Наука, 1988. - 192 с.
247. *Преобразованность геосистем малых речных бассейнов Верхнего Приангарья* / Ж.В. Атутова, В.Б. Выркин, Т.И. Коновалова, В.А. Снытко // География Азиатской России на рубеже веков. - Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2001. - С. 33 - 34.
248. *Приймаченко А.Д.* Течение как фактор, определяющий развитие фитопланктона в водоеме // Первичная продукция морей и внутренних вод. - Минск, 1961. - 407 с.
249. *Проблема малых рек* / А.Е. Чижов, В.Г. Полищук, В.А. Битюков, Ю.Г. Алымов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Материалы науч.-практ. конф. - Курск, 1995. - С. 222 - 224.

250. *Проблемы экологической безопасности нефтегазового комплекса Среднего Приобья*: Федеральное совещание, г. Нижневартовск, 17.02 - 18.02.1999 // Избранные научно-практические материалы. - Мегюн: Мега ойл, 2000. - 132 с.
251. *Протопопов В.В.* Средообразующая роль темнохвойного леса. - Новосибирск: Наука, 1975. - 327 с.
252. *Пушкин А.И., Безлепкин А.М.* Защитные насаждения и сток наносов с водосборов малых рек // Защитные насаждения на водосборах. - М., 1991. - С. 44 - 60.
253. *Работа водных потоков* / Под ред. Г.С. Чалова. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 194 с.
254. *Разин Н.В., Введенская Э.Д., Соколовская Л.Н.* Водные ресурсы малых рек // Малые реки. - М.: Мысль, 1981. - С. 31 - 40.
255. *Разработка методики расчета гидрологических характеристик поверхностных вод малых водосборов Омской области с учетом влияния хозяйственной деятельности* / Д.А. Бураков, В.А. Земцов, Б.П. Ткачев и др. - Томск, 1986. - 112 с. Отчет о НИР (промежуточный) представлен ТГУ (Томск). Деп. в ВНТИЦентр 02. 1987 N 051742.
256. *Разработка методики расчета гидрологических характеристик поверхностных вод малых водосборов Омской области с учетом влияния хозяйственной деятельности.* - Томск, 1989. Отчет о НИР (заключительный), Кн. 1: 93 с.; Кн. 2: 71 с. Представлен Том. гос. ун-т. Деп. в ВНТИЦентр 02. 1990 N 076844.
257. *Раунер Ю.Л.* К методике экспериментальных исследований теплового баланса лесных и безлесных ландшафтов // Тепловой баланс и радиационный баланс естественной растительности и сельскохозяйственных полей. - М.: Наука, 1965. - С. 7 - 22.
258. *Рахманов В.В.* Водоохранная роль лесов. - М.: Гослесбумиздат, 1962. - 234 с.
259. *Рахманов В.В.* Водорегулирующая роль лесов // Тр. Гидрометеоцентра СССР. - 1975. - Вып. 153. - 192 с.
260. *Рахманов В.В.* Речной сток и агротехника // Тр. Гидрометеоцентра СССР. - 1973. - Вып. 114. - 200 с.
261. *Рациональное использование и охрана природных вод бассейна Средней Волги*: Сб. науч. тр. / Ред. Р.С. Петрова; Р.А. Шашмарданов. - Свердловск, 1990. - 135 с.
262. *Река Барнаулка*: экология, флора и фауна бассейна / Под ред. М.А. Силантьевой. - Барнаул, 2000. - 224 с.
263. *Рекомендации Всесоюзного семинара "Организация охраны вод малых рек"* / ММВХ СССР. - Полтава, 1975.
264. *Репрезентативные и экспериментальные бассейны*: Международное руководство по исследованиям и практике. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 428 с.
265. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Верхне-Волжский район.* - М., 1973. - Т. 10, кн. 1. - 450 с.
266. *Ресурсы поверхностных вод СССР.* - Л.: Гидрометеиздат, 1973. - Т. 15. Вып.3. - 423 с.
267. *Ретеюм А.Ю.* Опыт обобщенной характеристики движения вещества в разомкнутой геосистеме на примере таежного бассейнового комплекса VII порядка // Топологические аспекты изучения поведения вещества в геосистемах. - Иркутск, 1973. - С. 202 - 207.
268. *Ржаницын Н.А.* Руслоформирующие процессы рек. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 263 с.
269. *Роде А.А.* Основы учения о почвенной влаге. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - Т. 1. - 664 с.
270. *Родионов В.З.* Использование географо-гидрологического метода в оценке влияния антропогенной деятельности // Географо-гидрологический метод исследования вод суши. - Л.: Наука, 1984. - С. 142 - 149.
271. *Родичкин И.Д.* Человек - среда - отдых. - Киев, 1977. - 159 с.
272. *Романов В.В.* Гидрофизика болот. - Л.: Гидрометеиздат, 1961. - 360 с.
273. *Романова И.М.* Влияние осушения на гидрологический режим территории в условиях Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Л., 1979. - 21 с.

274. *Рубцов М.В., Никитин А.П.* Водоохранные территории вдоль малых рек лесостепи // ЭКВАТЭК-2000: 4-й Междунар. конгр. "Вода: экология и технология", Москва, 30 мая - 2 июня, 2000: Тез. докл. - М.: СИБИКО Инт., 2000. - С. 165 - 166.
275. *Рубцов М.В., Никитин А.П.* Количественная оценка водоохранной роли леса // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. науч. конф. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 58 - 59.
276. *Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом.* - Л.: Гидрометеоздат, 1986. - 91 с.
277. *Русловой режим рек Северной Евразии (в пределах бывшего СССР) / Р.С. Чалов, В.М. Евстигнеев, А.А. Зайцев и др.* - М., 1994. - 326 с.
278. *Рутковский В.И.* Опыт географо-гидрологического районирования европейской части СССР по физико-географическим материалам // Изв. ГГИ. - 1933. - N 7-58. - С. 27 - 42.
279. *Савкин В.М.* Эколого-географические изменения в бассейнах рек Западной Сибири (при крупномасштабных водохозяйственных мероприятиях). - Новосибирск: Наука. 2000. - 152 с.
280. *Саев Ю.Е., Янин Е.П.* Геохимические закономерности образования антропогенных потоков рассеяния химических элементов в малых реках // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. - М.: ИМГРЭ, 1984. - С. 31 - 44.
281. *Салтанкин В.П.* Геоэкологическое состояние зарегулированной речной системы (формирование, методы исследований и оценок): Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. - М., 1999. - 41 с.
282. *Салтанкин В.П.* Предложения по организации ресурсного блока концепции охраны малых рек // Малые реки России. - М.: ИГ РАН, МФ ГО, 1994. - С.33 - 38.
283. *Самарский Г.Г.* Проблемы рационального использования и охраны малых рек ЧИАССР // Природа и хозяйство Чечено-Ингушской АССР. - Грозный, 1989. - N 5. - С. 53 - 57.
284. *Самойленко В.В., Осипова Н.А.* Экологическое состояние малых рек и водоемов Томска и его окрестностей: Докл. по материалам 1-й регион. науч.-практ. конф. молодежи "Проблемы региональной экологии" // Пробл. регион. экологии. - 2000. - N 6. - С. 125 - 127.
285. *Семенов Тян-Шанский В.П.* Суша и моря СССР. Физико-географический обзор. - М.: Учпедгиз, 1937. - 160 с.
286. *Сергеев А.Д.* Антропогенные изменения растительности долин малых рек степной зоны Южного Урала // Ботанические исследования на Урале. - Свердловск, 1988. - С. 98.
287. *Скабичевский А.П.* Условия формирования речного фитопланктона // Водные и наземные сообщества низших растений Сибири. - Новосибирск: Наука, 1974. - 150 с.
288. *Сметанин В.И.* Методы и технологии рекультивации и восстановления водных объектов. - М., 2000. - 47 с.
289. *Смирнова А.В.* Оценка экологического состояния и гидрохимического режима малых рек Северо-Западного региона // Регион. экология. - 1999. - N 1 - 2. - С. 59 - 61, 138.
290. *Смоляк Л.П., Кудряшова Н.К.* Влияние мелиораций на травяно-моховую растительность верховых болот // Ботанические исследования. - Минск, 1965. - Вып. 7. - С. 173 - 178.
291. *Снежко С.И.* О формировании качественного состава воды малых рек в условиях антропогенного влияния (на примере р. Рось) // Вопросы гидрологии суши: Докл. конф. мол. ученых и специалистов. - Л., март, 1983. - Л., 1985. - С. 154 - 157.
292. *Соколов А.А.* К теории гидрологического картирования // Изв. ВГО. - 1968. - Т. 100. - Вып. 1. - С. 38 - 43.
293. *Соколов А.А.* Проявление закона географической зональности в гидрологии // Метеорология и гидрология. - 1961. - N 8. - С. 116 - 129.
294. *Соколов В.В.* Миграция радионуклидов и формирование дозообразующих полей в ландшафтах лесостепной зоны России // Теоретические и прикладные аспекты оп-

- тимизации и рациональной организации ландшафтов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. - С. 161 - 163.
295. *Соколов Л.И.* Сокращение объемов забора воды из малых рек путем устройства водооборотных систем на промышленных предприятиях // Тезисы докладов Всесоюз. науч.-техн. семинара: Охрана и рациональное использование вод. ресурсов малых рек. - М., 1989. - С. 62 - 64.
296. *Соколовский Д.Л.* Речной сток (Основы теории и практики расчетов). - Л.: Гидрометеоздат, 1959. 527 с.
297. *Соколовский Д.Л.* Речной сток. - Л.: Гидрометеоздат, 1952. - 492 с.
298. *Солнцев В.Н.* Системная организация ландшафтов. - М.: Мысль, 1981. - 239 с.
299. *Солнцев Н.А., Мамай Н.И., Маркус Я.А.* Ландшафтные исследования речных бассейнов для гидрологических целей // Ландшафты и воды. - М.: Мысль, 1976. - С. 75 - 92.
300. *Соседов И.С.* Методика территориальных водно-балансовых обобщений в горах. - Алма-Ата: Наука, 1976. - 154 с.
301. *Сочава В.Б., Крауклис А.А., Снытко В.А.* К унификации понятий и терминов, используемых при комплексных исследованиях ландшафта // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. - 1974. - Вып. 42. - С. 3 - 9.
302. *Справочник по гидротехнике / ВНИИ ВОДГЕО.* - М.: Гос. изд-во по строительству и архитектуре, 1955. - 828 с.
303. *Стальмакова Г.А.* К гидробиологической характеристике среднего течения реки Урал и прилегающих пойменных водоемов // Труды ЗИН АН СССР. - М.; Л., 1954. - Т. 16.
304. *Стреха Н.Л.* Принципы организации сельскохозяйственного природопользования в системе "бассейн малой реки" // Тезисы докладов Всесоюз. науч.-техн. семинара: Охрана и рациональное использование вод. ресурсов малых рек. - М., 1989. - С. 67 - 70.
305. *Структура и динамика речного стока горных регионов / Ю.Г. Степанов, В.Н. Федоров, А.П. Хаустов и др.* - Новосибирск: Наука, 1987. - 159 с.
306. *Стурман В.И.* Некоторые закономерности заиления русел малых рек Удмуртии // Проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов. - Ижевск, 1992. - С. 87 - 88.
307. *Субботин А.И.* Ландшафтно-гидрологический метод изучения, расчеты и прогнозы стока талых и дождевых вод // Метеорология и гидрология. - 1967. - N 12. - С. 50 - 57.
308. *Субботин А.И.* О ландшафтном направлении в гидрологии // Вод. ресурсы. - 1983. - N 6. - С. 42 - 50.
309. *Субботин А.И.* Структура половодья территориальные прогнозы весеннего стока рек в Нечерноземной зоне ЕТС. - Л.: Гидрометеоздат, 1978. - 97 с.
310. *Субботин А.И., Дыгало В.С.* Экспериментальные гидрологические исследования в бассейне реки Москвы. - М.: Гидрометеоздат, 1991. - 264 с.
311. *Тудьба* малых рек на примере бассейна Десны. - М.: МФГО, 1975. - 80 с.
312. *Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара "Охрана и рациональное использование водных ресурсов малых рек",* Курск, 19 - 21 сент., 1989 г. - М., 1989. - 126 с.
313. *Терехова И.Н.* Загрязнение малых рек г. Новосибирска // Науч.-практ. конф. "Новосибирск на рубеже XXI века: перспективы развития и инвестиционные возможности". Секция 18 "Среда обитания: экология и мы". - Новосибирск, 2000. - С. 23 - 24.
314. *Терминологические стандарты в картографии.* ГОСТ 21667-76. - М.: Изд-во стандартов, 1976.
315. *Ткачев Б.П.* Бессточные области юга Западной Сибири. Структура и динамика. - Томск: Изд-во ТГУ, 2001. - 157 с.
316. *Ткачев Б.П.* География и экология Приишимья. - Ишим, 2001. - 248 с.
317. *Ткачев Б.П.* Принципы ландшафтно-гидрологического районирования (на примере юга Омского Прииртышья) // Вопросы географии Сибири. - Томск, 1993. - Вып. 19. - С. 130 - 138.
318. *Торопов А.В., Зубков Ю.Г.* Радиоактивное загрязнение рек Томь и Ромашка // Экология пойм сибирских рек и Арктики: Тр. II совещ. - Томск: "STT", 2000. - С.143 - 147.

319. *Трапезников А.В.* Радиоэкология пресноводных экосистем (на примере Уральского региона): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - Екатеринбург, 2001. - 48 с.
320. *Троцкий В.А.* Гидрологическое районирование СССР. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - 112 с.
321. *Трылис В.В.* Структурно-функциональные характеристики экологических группировок как критерий типологизации речных экосистем // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 204.
322. *Турбулентность* в растительном покрове / Дубов А.С. и др. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 183 с.
323. *Турянская Л.И.* Экология регулирования гидравлических и биологических факторов малых водотоков юга России: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Ростов н/Д, 1999. - 24 с.
324. *Тухсанова Н.Г., Кравченко А.А.* К гидрохимии малых рек - притоков Чебоксарского водохранилища // Назем. и вод. экосистемы. - 1990. - N 13. - С. 65 - 70.
325. *Устюжанин Б.С.* Роль урбанизации в изменении водных ресурсов малых рек // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 33 - 36.
326. *Фацевский Б.В.* Основы экологической гидрологии. - Минск, 1996. - 240 с.
327. *Фацевский Б.В.* Проблемы и пути решения рационального использования малых рек // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. семинара: Охрана и рациональное использование вод. ресурсов малых рек. - М., 1989. - С. 70 - 72.
328. *Федоров М.П., Масликов В.И.* Принципы обоснования природно-технических систем с малыми ГЭС // Регион. экология. - 1997. - N 1 - 2. - С. 43 - 49, 87.
329. *Федоров С.Ф.* Исследование элементов водного баланса в лесной зоне европейской территории СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 264 с.
330. *Федоров С.Ф., Вольфшун И.Б., Копотов А.А.* Изменение водного режима водосборов под влиянием лесоразведения // Гидрологические исследования ландшафтов. - Новосибирск: Наука, 1986. - С. 89 - 97.
331. *Федоров С.Ф., Марунич В.С.* Гидрологическая роль леса: Обзор. информ. - Обнинск: ВНИИГМИ МЦД, 1985. - Вып. 2. - 42 с.
332. *Федоров С.Ф., Марунич В.С.* Об изменении состояния лесного биогеоценоза под влиянием лесохозяйственных мероприятий // Гидрологические исследования ландшафтов. - Новосибирск: Наука, 1986. - С. 97 - 102.
333. *Федорова Е.В.* Охрана водных объектов от загрязнения диффузным стоком путем воздействия на аккумулялирующую емкость водосбора (на примере южнотаяжской подзоны Среднего Урала): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. - Екатеринбург, 1999. - 23 с.
334. *Федорова Е.В., Сулова С.М.* Влияние лесных биогеоценозов на формирование качества стока малых рек // Водное хозяйство России. - Екатеринбург, 2001. - Т. 3, N 5. - С. 409 - 421.
335. *Формы* проявления эрозионно-аккумулятивных процессов на малых речных водосборах / Г.П. Бутаков, О.П. Ермолаев, В.И. Мозжерин и др. // Эрозионные и русловые процессы. - Луцк, 1991. - С. 19 - 42.
336. *Функционирование* растительных сообществ в водных экосистемах малых рек в условиях влияния АЭС / Ред. "Гидробиол. журн."; А.И. Мережко, М.И. Кузьменко, И.М. Величко и др. - Киев, 1990. - 47 с. - Деп. в ВИНТИ 01.08.90, N 4404-B90.
337. *Хамарин В.И., Дюкарев А.Г., Воробьев В.Н.* Речной бассейн - основной элемент эколого-хозяйственной организации территории. // Экология пойм сибирских рек и Арктики: Тр. II совещ. - Томск, 2000. - С. 301 - 313.
338. *Хортон Р.Е.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. - М.: Изд-во иностр. лит., 1948. - 158 с.
339. *Хромов В.М.* Оценка качества вод в малых реках по гидробиологическим показателям. Проблемы и перспективы // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 219.

340. *Хусаинов С.К., Абдрахимов Ю.Р.* Экологическая ситуация и состояние бассейна реки Ик // Нефть и газ. - 1997. - N 2. - С. 154 - 156.
341. *Цапук Д.А.* Информационное обеспечение задач охраны природы и управления водными ресурсами малых рек Верхневолжья // Изменение природных комплексов в результате антропогенной деятельности. - Тверь, 1993. - С. 18 - 28.
342. *Цветков А.И., Бобров Д.А.* Гипертекстовый атлас "Малые реки Верхневолжья" итоги и перспективы развития // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 222.
343. *Цветков М.А.* Изменение лесистости Европейской России с конца XVII столетия по 1914 год. - М., 1957. - 213 с.
344. *Чемерис М.П.* Оценка масштаба антропогенных преобразований водосборов и русел малых рек Украинского Полесья // Проблемы эрозийных, русловых и устьевых процессов. - Ижевск, 1992. - С. 99 - 101.
345. *Черванев И.Г.* Самоорганизация рельефа: структура, функция, организация, управление в геоморфологических системах флювиального типа // Геоморфология. - 1989. - N 4.
346. *Чернов А.В.* Современное развитие малых рек центральных районов европейской части СССР // Малые реки центра Русской равнины, их использование и охрана. - М.: МФ ГО СССР, 1988. - С. 15 - 24.
347. *Черняев А.М.* Вода России: проблемы и государственная политика // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. науч. конф. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 71 - 75.
348. *Черняев А.М., Дерингер А.А.* Проблемы использования, регулирования и охраны водных ресурсов малых рек РСФСР // Использование, регулирование и охрана водных ресурсов малых рек. - Красноярск, 1987. - С. 4 - 13.
349. *Чибилев А.А.* Река Урал: Историко-географические и экологические очерки о бассейне р. Урал. - Л.: Гидрометеоиздат, 1987. - 167 с.
350. *Циров П.А., Озерова Р.А., Белонович Г.А.* Санитарно-гигиеническое состояние вод малых рек Саратовской области // Малые реки: Современное состояние, актуальные проблемы. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001. - С. 225.
351. *Чураков Д.С.* Водоохранные мероприятия при регулировании стока малых рек Алтая // Исследования водных ресурсов Сибири. - Красноярск, 1985. - С. 78 - 82.
352. *Шалаль В.М., Бызгу С.Е., Обух П.А.* Эвтрофирование малых рек Молдавии и его влияние на альгофлору // Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. - Киев: Наук. думка, 1975. - 228 с.
353. *Шапоренко С.И.* Экологическое состояние малых рек Ростовской области // Пробл. регион. геоэкологии: Материалы науч. семинара, Тверь, 20 мая 1999 г. - Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 1999. - С. 68 - 70.
354. *Шарапова С.К.* Структура фитопланктона малых рек как показатель качества их вод // Самар. Лука. - 1995. - N 6. - С. 161 - 167.
355. *Шевбе Г.И.* Комплексное изучение и использование малых рек // Проблемы рационального использования и охраны малых рек. - Красноярск, 1982. - С. 77 - 86.
356. *Шевбе Г.И.* Теоретические основы эрозиоведения. - Киев: Выща шк., 1981. - 222 с.
357. *Шевбе Г.И.* Концепция парагенетических ландшафтов и природопользование // География и практика. - Л.: Наука, 1988.
358. *Шевбе Г.И.* Теоретические аспекты географо-гидрологических и ландшафтно-гидрологических исследований // Гидрологические исследования ландшафтов. - Новосибирск: Наука, 1986. - С. 5 - 8.
359. *Шебеко В.Ф.* Влияние мелиорации на сток малых рек // Мелиорация и охрана окружающей среды. - Минск, 1989. - С. 8 - 16.
360. *Шебеко В.Ф.* Гидрологический режим осушаемых территорий. - Минск: Урожай, 1970. - 299 с.
361. *Шебеко В.Ф.* Испарение с болот и баланс почвенной влаги. - Минск: Урожай, 1965. - 394 с.

362. *Шевченко П.Г., Шевченко Т.Ф.* Состояние и проблемы охраны малых и средних рек бассейна Средней Десны // Водные ресурсы, их использование и охрана. - Горький, 1985. - С. 27 - 36.
363. *Шикломанов И.А.* Антропогенные изменения водности рек. - Л.: Гидрометеоздат, 1979. - 300 с.
364. *Шикломанов И.А.* Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. - Л.: Гидрометеоздат, 1989. - 334 с.
365. *Шмыков В.И.* Об оценке экологической опасности в речных бассейнах Центрально-Черноземного региона // Теоретические и прикладные аспекты оптимизации и рациональной организации ландшафтов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. - С. 203 - 204.
366. *Шпак И.С.* Влияние леса на водный баланс водосборов. - Киев: Наук. думка, 1968. - 284 с.
367. *Шульгин А.М.* Мелиоративная география. - М.: Высш. шк., 1972. - 214 с.
368. *Щетников А.И.* Подвижное вещество в элементарном речном бассейне Южного Прибайкалья // Гидрология и геоморфология речных систем: Материалы и тезисы науч. конф. - Иркутск, 1997. - С. 185 - 187.
369. *Эйрих Г.Д.* Максимальный весенний сток и его расчеты на территории Западно-Сибирской равнины // Тр. Ом. гидрометеорол. обсерватории. - 1967. - С. 3 - 106.
370. *Эйрих Г.Д.* Максимальный весенний сток и его расчеты на территории Омской области // Науч. тр. ОмСХИ, 1965. - Т. 57. - С. 274 - 284.
371. *Экологическая индексация ландшафтов и элементы управления экосистемами малых рек* / Ред. "Гидробиол. журн". АН УССР; И.В. Гриб. - Киев, 1991. - 138 с. - Деп. в ВИНТИ 14.08.91, N 3463-B91.
372. *Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Бассейн р. Голоустной. Ландшафтный план.* - Иркутск; Ганновер, 1997. - 236 с.
373. *Экологические модели малых рек и водоемов* / Ред. А.М. Никаноров, Х.А. Вельнер // Тр. Сов.-дат. симп., Силькеборг, 14 - 19 июня, 1981 г. - Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 104 с.
374. *Экология малой реки* / Ред. "Гидробиол. журн."; А.И. Мережко, А.П. Пасичный, К.Б. Якубовский и др. - 1988. - 152 с. - Деп. в ВИНТИ В8.9-.06, N 8.2.88.
375. *Эколого-энергетический комплекс в бассейне малой реки* // Ред. журн. Вестн. МГУ. Геогр.; Г.А. Зайцев. - М., 1997. - Деп. в ВИНТИ 02.06.97, N 1788-B97.
376. *Экосистемный подход к анализу состояния малых водосборов* / А.Е. Косолапов, Д.С. Гузькин, А.И. Плотницкий, А.В. Кувалкин // Мелиорация и вод. хоз-во. - М., 1996. - N 1. - С. 40 - 41.
377. *Энциклопедический словарь географических терминов.* - М.: Сов. энцикл., 1968. - 435 с.
378. *Юровская Т.Н.* Охрана малых рек от стока с мелиорируемых земель // Межвуз. сб. науч. тр. / Ленингр. гидрометеорол. ин-т. - 1986. - N 94. - С. 111 - 115.
379. *Янин Е.Н.* Структурно-морфологические особенности антропогенных потоков рассеяния химических элементов в донных отложениях малых рек // Геохимия техногенеза: 1 Всесоюз. совещ.: Тез. докл. - Иркутск, 1985. - Т. 2. - С. 112 - 115.
380. *Янин Е.П.* Введение в экологическую геохимию. - М.: ИМГРЭ, 1999. - 68 с.
381. *Янин Е.П.* Геохимические особенности малых рек сельскохозяйственных ландшафтов // География и природ. ресурсы. - 1985. - N 1. - С. 167 - 168.
382. *Ясинский С.В.* Геоэкологический анализ антропогенных воздействий на водосборы малых рек // Изв. РАН. Серия геогр. - 2000. - N 4. - С. 74 - 82.
383. *Garczyński F.* Influence du taux boisement sur le regime hydrologique dans frois region des U.S.A. // Intern. Symp. on the Influence of man on the Hydrological Regime. - Helsinki: UNESCO-JAHS, 1980. - P. 1 - 11.
384. *Schreve R.L.* Variation of main stream length with basin area in river network // Water Res. Res. - 1974. -Vol. 10, N 6. - P. 1167 - 1177.

385. *Schultz G.A.* Relationship between theory and practice of real time river flow forecasting // River flow modelling and forecasting, D. Reidel Publishing company, Dordrecht. - Holland, 1986. - P. 181 - 193.
386. *Strahler A.N.* Hypsometria (area-altitude) analysis of erosional topography // Geol. Soc. Amer. Bull. - 1952. - Vol. 63. - P.1167 - 1177.
387. *The Restoration of Rivers and Streams: Theor. and Exper.* [Восстановление рек и малых водотоков: Теория и практика] / James A. Gore. - Boston e.a.: Butterworth Publ., 1985. - XII - 280 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Булатов Валерий Иванович - доктор географических наук, главный научный сотрудник Института водных и экологических проблем Сибирского отделения РАН
- Ткачев Борис Павлович - кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой географии Ишимского государственного педагогического института

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ МАЛЫХ РЕК	5
1.1. Проблемы малых рек в СССР и России	5
1.2. Ландшафтная информация в гидрологических моделях	16
1.3. Расчеты и прогнозы стока	20
1.4. Морфология и динамика русел малых рек и их антропогенные изменения	24
Глава 2. СОСТОЯНИЕ МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ	33
2.1. Условия формирования речного стока малых водосборов	33
2.2. Роль болот	35
2.3. Роль леса	38
2.4. Ландшафтно-гидрологические исследования на малых водосборах	44
2.5. Хозяйственная деятельность на малых водосборах	53
Глава 3. ОХРАНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ РЕК	63
3.1. Охрана ресурсов	63
3.2. Использование малых рек	67
3.3. Повышение эффективности использования и охраны ресурсов малых рек	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
ЛИТЕРАТУРА	94
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	112

Булатов Валерий Иванович
Гкачев Борис Павлович

МАЛЫЕ РЕКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Аналитический обзор

Компьютерная верстка выполнена Т.А. Калужной.

Лицензия ИД N 04108 от 27.02.01

Подписано в печать 30.05.2001. Формат 60x84/16.
Бумага писчая. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 6,8. Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 300 экз.
Заказ N 146.

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, ул. Восход, 15, комн. 407, ЛИСА.
Полиграфический участок ГПНТБ СО РАН. 630200, Новосибирск,
ул. Восход, 15.