

УДК: 574. 57.048

ББК: 26.22

Алфёров И.Н., Яковенко Н.В.

## ИЗМЕНЕННОСТЬ РУСЛА БАССЕЙНА РЕКИ УРАЛ ПОД АНТРОПОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Alferov I.N., Yakovenko N.V.

## MODIFICATIONS OF URAL RIVER BASIN CHANNELS UNDER ANTHROPOGENIC IMPACT

**Ключевые слова:** водная экосистема, бассейн реки, антропогенное воздействие, русло.

**Keywords:** aquatic ecosystem, river basin, anthropogenic impact, river channel.

**Аннотация:** в статье рассматриваются аспекты антропогенного влияния на водную экосистему бассейна реки Урал. Дана характеристика степени антропогенной измененности русел в результате прямого вмешательства в естественный русловой режим рек. Раскрыты косвенные антропогенные нарушения русел рек бассейна Урала с учетом трансформация гидрологического режима и стока наносов в результате хозяйственных мероприятий на водосборах.

**Abstract:** the aspects of anthropogenic influence on an aquatic ecosystem of the Ural river basin are considered at this article. The characteristic of degree of an anthropogenic modifications of river channels as a result of direct intervention in the natural flow regime is given. Indirect anthropogenic violations of river channels of the Ural river basin taking into account transformation of the hydrological regime and drain of alluvial deposits as a result of economic actions on water catchment areas are opened.

**Введение.** Современные геоэкологические исследования являются одним из наиболее востребованных приемов оценки русловых процессов рек, долины которых наиболее динамичны и довольно часто используемые для разнообразных видов хозяйственной деятельности. Локальные антропогенные воздействия оказывают наибольшее влияние на природные процессы в речных долинах. С учетом того фактора, что антропогенная нагрузка будет все более возрастать, становятся актуальными исследования в целях разработки научных основ, рационализации и оптимизации водопользования в вододефицитных регионах России. Бассейн реки Урала является типичным примером водного объекта, подвергающегося интенсивному антропогенному воздействию. Он является питьевым водисточником и основной водной артерией крупных промышленных регионо, в частности Оренбургской области (вододефицитного региона), и в то же время относится к типу водных объектов,

испытывающих мощный «антропогенный пресс».

### **Материалы и методы**

При сборе и анализе материалов использовались традиционные методы географических исследований. Решение основной цели работы – дать характеристику антропогенной измененности русла бассейна реки Урал основывалось на применении сравнительно-географического, картографического, экспедиционного, стационарного и других методов исследований динамичных природных объектов. Теоретическую базу исследования составили труды ученых в области гидроэкологии и гидрографии таких как Н.Е. Кондратьева, И.В. Попова, Б.Ф. Снисченко, 1982; Боровкова, 1989; Шикломанова, 1989; А.Я. Гаева и др., 2007; Барышникова, 2008, Чибилева, 2008; а также специалистов в области природопользования и гидрографии [Ржаницына, 1960; Берковича, Иванова, 1993; Сидорчук, 1996; Антипова, 2000; Черняева, 2000; Ямашкина и др., 2004; Данилова-Данильяна,

Пряжинской, 2013].

Результаты и их обсуждение

Всю хозяйственную деятельность, так или иначе оказывающую влияние на речные русла и поймы (половодное русло), можно разделить на две категории: деятельность, прямо влияющая на русловой комплекс, и деятельность, влияние которой передается на него опосредованно (косвенно). К последней относятся вообще любые хозяйственные мероприятия, влияющие на факторы русловых процессов. Распашка территории, вырубка лесов трансформируют и т.д. Создание прудов и водохранилищ в известном смысле также являются косвенным воздействием, т.к. меняют характеристики стока воды и наносов на большом участке реки. К деятельности, прямо влияющей на русло и пойму, относится физическое изменение их морфологии посредством строительства сооружений или выполнения каких-либо работ. Эта деятельность является, как правило, вполне осознанной и запланированной, хотя многие ее последствия не учитываются на стадии проектирования и потому становятся неожиданными.

Как косвенные, так и прямые нарушения вызывают ответную реакцию русла в виде изменения интенсивности русловых деформаций. Во многих случаях прямое и косвенное нарушение происходит совместно. Изменение водоносности реки и ее режима является фоном, на котором развивается деятельность человека в речной долине. Нарушения могут быть кратковременными (увеличение расходов воды вследствие сброса воды в нижних бьефах гидроузлов, последствия разработок землечерпательных прорезей, траншей переходов трубопроводов) и устойчивыми (длительными), когда внезапная смена условий сопровождается последующим сохранением нового состояния (создание водохранилища, спрямление русла) [Маккавеева, 1955].

Для оценки форм и степени антропогенной измененности русел рек бассейна Урала был проведен сбор информации об основных гидротехнических объектах в пределах исследуемого бассейна.

Отдельно был собран материал по расположению гидротехнических объектов (прудов) на малых реках, не отображенных на картографической основе 1:1000000 масштаба. Также выделялись районы, подвергнувшиеся мелиоративным мероприятиям и масштабным спрямлениям русел малых рек.

Для непосредственной оценки антропогенной измененности русел наиболее крупных рек бассейна Урала использовались результаты выделения морфодинамических типов русел.

В качестве основного интегрального критерия, определяющего степень антропогенного преобразования русловых процессов на крупных и средних реках, выступает скорость вертикальных русловых деформаций – врезание или аккумуляция наносов. В нижних бьефах крупных гидроузлов, при интенсивной разработке русловых карьеров, наблюдается врезание русел, которое в последствии приводит к угрозе обсыхания оголовков водозаборов, созданию аварийных ситуаций на линейных переходах через реки, остепнению пойменных ландшафтов, ухудшению качества воды.

Современный уровень антропогенного преобразования речной сети, связанный с заилением малых рек и верхних звеньев речной сети, средних и крупных рек, оценивается по доли заиленных русел малых рек на данной территории. Районирование проводится по следующим критериям: «сильное заиление» – заилены почти все малые реки на какой-либо территории (80-100%); «умеренное заиление» выделяется для территорий, в пределах которых речная сеть малых рек заилена на 20-80%; «слабое заиление» характерно для районов, где доля заиленных русел не превышает 20%.

Частота расположения крупных гидротехнических объектов (мостовые переходы, трубопроводы, плотины водохранилищ) является индикатором степени механического изменения речных русел. Наибольшее сосредоточение линейных переходов через реки отмечается в местах расположения промышленных объектов и крупных населенных пунктов (в районе городов Оренбург, Орск,

Магнитогорск, Верхнеуральск, в верхних течениях рек Урал, Таналык, Сакмара). Крупные магистрали нефте- и газопроводов пересекают основную водную артерию региона – р. Урал на участке между устьями рек Сакмара и Илек. Густая сеть автомобильных дорог и сопутствующих им мостовых переходов характерна для северной, северо-восточной и центральной части Оренбургской области, юга Башкортостана, западной части Челябинской области (бассейны рек Салмыш, Сакмара, Бол. Ик, Таналык, Гумбейка, верхнее течение Урала). В наименьшей степени воздействие от гидротехнических объектов испытывает Илек в пределах территории России.

На реках бассейна Урала широкое распространение получило сооружение искусственных водоемов, представляющих собой подпруженные низконапорными, в большинстве случаев земляными, плотинами участки русел малых рек. По уровню концентрации искусственных водоемов (прудов) можно выделить несколько районов с высокой, средней и малой их плотностью. Наибольшая плотность прудов отмечается в верхней левобережной части бассейна Урала (выше впадения р. Янгельки). Пруды, распространенные в этом районе, преимущественно небольшие (площадь зеркала 0,03-0,05 км<sup>2</sup>); имеют как водохозяйственное, так сельскохозяйственное и промышленное значение. Более крупные водоемы приурочены к населенным пунктам.

Высокая плотность прудов характерна также для западной части бассейна. Она приурочена к междуречьям рек Чаган и Иртек, Урал и Илек, Илек и Мал. Хобда, а также на участке бассейна Сакмары между устьями рек Чебенька и Бол. Ик. Для юго-восточной части бассейна также характерна высокая сеть прудов; при этом здесь чаще встречаются крупные водоемы с площадью зеркала 0,1-0,5 км<sup>2</sup>.

Малая плотность прудов отмечается в горных районах. Как правило, они являются небольшого размера, с площадью зеркала 0,02-0,04 км<sup>2</sup>, и имеют сильно вытянутую форму. К такими районами относятся бассейн Сакмары выше слияния с р. Бол. Ик,

бассейн р. Бол. Ик, бассейны правобережных притоков в верховьях р. Урал. К территориям со средней плотностью прудов относятся бассейны рек Салмыш, Чаган, Кумак, верхнее и среднее течение реки Таналык, бассейн реки Урал между устьями рек Бол. Уртазымка и Янгелька.

Мелиоративно-преобразованные участки рек, осушительные и оросительные каналы в пределах бассейна Урала распределены крайне неравномерно. Основное распространение они получили в его восточной и юго-восточной части. Они приурочены к осваиваемым в пределах степных территорий сельскохозяйственным угодьям. Наибольшее распространение они получили в нижнем течении реки Гумбейки, вдоль реки Урал ниже Верхнеуральского водохранилища и в нижнем течении реки Орь.

Если оценивать степень антропогенной измененности русел в результате прямого вмешательства в естественный русловой режим рек, то наиболее сильно подвержено трансформации русло Урала между Верхнеуральским водохранилищем и г. Магнитогорском, где было выполнено большое количество спрямлений, осуществлялась разработка русловых карьеров. Берега рек Урал и Мал. Кизил в г. Магнитогорске застроены и укреплены, особенно левый берег, где деформации русла полностью ограничены насыпями, дамбами, строениями, имеется много водозаборных сооружений. Пойма испещрена дренажными канавами. Сильному антропогенному преобразованию подверглось русло Гумбейки в среднем и нижнем течении. Урал в верхнем течении (пос. Ильтебаново, пос. Юлдашево) перекрыт плотинами, застроены берега в Верхнеуральске. Ниже Магнитогорской плотины русло Урала изменено в меньшей степени.

Сильно механически трансформировано русло Урала в районе г. Орск; берега укреплены и застроены, на них расположены предприятия, подъездные пути, дамбы и насыпи; высока густота линейных коммуникаций, имеются русловые карьеры. Также сильно изменено русло р. Орь на приустьевом участке.

Русло Урала от устья р. Орь до устья

р. Илек изменено незначительно, за исключением района г. Оренбурга, где высока концентрация разнофункциональных гидротехнических сооружений – мостовые переходы, трубопроводы; пойма стеснена жилыми и промышленными постройками. Выше

г. Оренбурга есть пойменные карьеры, местами пойма обвалована.

Другие крупные реки изменены незначительно, особенно на горных отрезках (Сакмара, Зилаир). Исключение представляет Таналык в верхнем и среднем течении, где промышленный комплекс пос. Баймак подвергает русло реки мощному техногенному воздействию. В пределах равнинной части мало изменены механически Мал. Кизил, и др. русло р. Илек у пос. Акбулака несколько изменено противопаводковыми валами на пойме.

Первостепенную роль в косвенных антропогенных нарушениях русел рек бассейна Урала играет трансформация гидрологического режима и стока наносов в результате хозяйственных мероприятий на водосборе. Для степных и лесостепных районов Оренбургской области характерен процесс деградации малых рек, который достиг высокой интенсивности уже к концу 1980-х годов. Основной причиной заиления их русел послужило увеличение стока наносов в результате усиленной эрозии на склонах. В бассейне Урала в пределах России преобладают площади пашни с интенсивностью смыва 0,5-1,0 т/га в год, а в бассейне Сакмары интенсивность смыва повышается до 2-3 т/га в год. В малых бассейнах лесостепной и степной зон ежегодный вынос взвешенных веществ может достигать 50-80 т/га в год. Мутность Урала относительно невелика: средний модуль стока взвешенных наносов в Оренбурге составляет 15 т/км<sup>2</sup>. Сток наносов Сакмары и Илека значительно больше – соответственно 67 и 83 т/км<sup>2</sup>, что отражает интенсивную эрозию почв в этих бассейнах, при этом наносы Сакмары формируются, очевидно, в западной части бассейна.

Малые реки степной зоны Оренбургской области заиливаются вследствие поступления огромного потока наносов со склонов, особенно после начала

освоения целины и увеличения площади пашни. Сильная деградация малых равнинных рек отмечена на Урало-Тобольском междуречье, что связано с очень быстрым массовым освоением, высокой распаханностью водосборов и малыми уклонами рек (бассейны рек Ташла, Суундук, Бол.Кумак и др.). Заилению подверглись малые реки левобережья бассейна Урала в Челябинской области: Бол. и Мал. Караганки, Гумбейка. Заилены малые реки в бассейнах р. Илек и р. Орь. В горной части бассейна малые реки сохраняют естественное состояние; лишь местами отмечается слабое их заиление (левобережные притоки р. Бол. Ик). Вместе с тем, следует отметить вырубку лесов, которая сказывается на усилении склоновых процессов, увеличении неравномерности стока (верхнее течение р. Сакмара и р. Урал). Территория бассейна характеризуется значительным развитием овражной эрозии, которая снижается в западном направлении. Густота овражно-балочной сети колеблется от 0,17 до 0,33 км/км<sup>2</sup>.

Среди больших и средних рек наиболее зарегулирован сток Урала. Большой Кумак зарегулирован в верхнем течении Верхнекумакским водохранилищем. Илек зарегулирован Актюбинским водохранилищем (Казахстан), плотина которого расположена в 500 км от устья, что не оказывает значительного регулирующего влияния на сток воды в нижнем течении (в пределах РФ).

Измененность русла реки в результате регулирования стока и задержки в водохранилищах наносов незначительна. В верхнем течении Урал представляет собой горную реку с быстрым течением и сравнительно небольшим количеством наносов.

Ниже г. Верхнеуральска Урал становится равнинной рекой, но от г. Магнитогорска до Ириклинского водохранилища русло реки все еще устойчивое, ограничено скалистыми берегами.

Нижний бьеф Ириклинской плотины располагается в сужении речной долины, берега и дно сложены породами, устойчивыми к размыву. Сужение – беспойменная долина – протягивается по

крайней мере на 20-30 км вниз по течению. Учитывая это, а также наличие буферной плотины (с. Уральск – 10 км от Ириклинской плотины), можно полагать, что существенной эрозии в нижнем бьефе плотины не произошло. Небольшая аккумуляция в виде дельты обнаруживается на Верхнеуральском водохранилище (протяженностью не более 2 км).

Повышенная аккумуляция наносов наблюдается в верхних бьефах местных прудов-водохранилищ, построенных в руслах малых рек. Врезание русел в нижних бьефах таких водохранилищ в силу незначительности размеров последних, практически не проявляется.

Бассейн Урала охватывает как горную территорию Южного Урала, так и равнинные предгорья по обе стороны от него. В горах преобладают горные реки в беспойменных и узкопойменных V-образных долинах, образующих, чаще всего, врезанные излучины, чередующиеся с относительно прямолинейными отрезками, резкие повороты которых обусловлены пересекающимися системами разломов горных пород. В таких руслах преобладают галечные донные наносы, смещающиеся на порядок медленнее, чем песчаные. Опасность в таких долинах может исходить лишь от склоновых процессов на их бортах; природной опасности русловых процессов на таких реках нет. Лишь Сакмара в своем верхнем течении располагается в продольной межхребтовой долине – широкопойменной и террасированной. Здесь водный поток имеет еще небольшую мощность, поэтому отмечаются лишь локальные размывы вогнутых пойменных и террасовых берегов излучин, являющиеся малоопасными.

Иная ситуация отмечается на равнинных реках Предуралья и Зауралья. Здесь можно выделить две группы территорий – районы, где рыхлые долинообразующие породы чередуются с выходами трудноразмываемых пород, и районы, в которых рыхлые породы в долинах преобладают. В рельефе первой группы районов встречаются низкогорья и отдельные горы (аналоги г. Магнитной), вторая представлена степными равнинами.

Первая группа районов расположена в ближних предгорьях Уральского хребта, обрамляя его с запада и востока. Кроме того, районы этой группы захватывают систему субмеридиональных межгорных котловин восточного мегасклона Южного Урала, в которых расположены долины верхних течений Сакмары, Таналыка, Бол. Кизила, Янгельки. На реках любых размеров здесь отмечается чередование устойчивых русел с неразмываемыми берегами, практически неопасных в природном отношении, и рек с малоопасными проявлениями природных русловых процессов. Последние заключаются, в основном, в локальных размывах вогнутых берегов излучин. Реки в районах предгорий протекают, в основном, малые (как по длине, так и, особенно, по водности), поэтому скорости размывов берегов здесь весьма невелики (0,05-0,5 м/год), места размывов строго фиксированы в пределах русловой формы. Аллювиальные гряды на реках предгорий песчано-галечные, невысокие и малоподвижные.

Ещё одна особенность русловых процессов на малых реках предгорий Уральских гор, протекающих в рыхлых породах, – редкая периодичность горизонтальных русловых деформаций. Малые реки предгорной и равнинной части бассейна Урала имеют казахстанский тип гидрологического режима, характеризующийся резким и высоким половодьем и низкой меженью, во время которой сток воды может вообще отсутствовать, и реки превращаются в длинные стоячие озера. Морфология русел таких рек – наличие крутых излучин, указывает на существование здесь горизонтальных русловых деформаций, однако заросшие уступы вогнутых берегов излучин говорят, что горизонтальные русловые деформации – размыв берегов, происходят здесь только в экстремально высокие половодья, т.е. с интервалом не чаще, чем 1 раз в 10-20 лет. В такие годы русловые процессы на малых реках представляют определенную опасность, но в другие годы – со средними и низкими половодьями такая опасность снижается до минимума. Обобщая этот процесс по частоте проявления, ему присваивается 2-х балльная

степень опасности. На карте эти районы показаны с позиций опасности на малых реках, как территории с чередованием неопасных и малоопасных русловых процессов. Опасность русловых процессов на средних реках показана в масштабе карты. В целом малая природная опасность на таких реках реализуется в возможных разрушениях прибрежной хозяйственно-бытовой и промышленной инфраструктуры в том случае, если к ней сместится зона размыва берега какой-нибудь из излучин.

Во второй группе районов (место их расположения можно назвать внешними предгорьями) русловые деформации практически на всех реках развиваются свободно. На малых реках проявление опасности здесь такое же, как и в легкоразмываемых породах предгорий: на извилистых участках возможен в высокие половодья размыв и разрушение вогнутых берегов излучин, в маловодные годы размывов не происходит, и русла зарастают. Извилистые участки со следами размывов вогнутых берегов чередуются с относительно прямолинейными отрезками или излучинами с полностью заросшими уступами берегов. Последнее говорит о том, что в обозримом прошлом интенсивного размыва берегов и развития излучин здесь не происходило. Поэтому такие участки русла принимаются практически неопасными. В целом для малых рек внешних предгорий характерно чередование участков с неопасными и малоопасными проявлениями природных русловых процессов, хотя причина устойчивости неопасных участков здесь не литологическая, а связана с местными особенностями русловых деформаций.

На средних широкопойменных реках равнинной части бассейна Урала, независимо от их положения в ближних или внешних предгорьях Уральских гор, процессы размыва берегов (преимущественно – вогнутых берегов излучин) становятся умеренно-опасными (3 балла опасности) или опасными (4 балла опасности). Такие участки русел характерны для рек Урал и Сакмара ниже выхода их из Уральских гор, р. Большой Ик, для отдельных участков рек Салмыш и Илек.

Здесь в силу подвижности самих излучин участки размыва их вогнутых берегов смещаются вниз по течению в процессе развития излучин, образуя протяженную «опасную» прирусловую полосу. Размывы берегов в отдельные годы могут достигать 5-10 м (при среднемаксимальных – 2-5 м/год). Подобная ситуация не дает возможности заблаговременного прогноза наиболее опасных мест опасных проявлений русловых процессов, способствует регулярному возникновению аварийных ситуаций на участках расположения линейных коммуникаций, промышленной и хозяйственно-бытовой инфраструктуры, приводит к значительным потерям сельхозугодий.

**Заключение.** В рамках данного исследования были установлены основные проблемы, связанные с негативным антропогенным воздействием на русловые процессы бассейна реки Урала. Расчистка русла от хозяйственно-бытового мусора, древесных завалов, пойменной растительности, его спрямление увеличивает пропускную способность, также уменьшая вероятность затопления расположенных в прибрежной зоне населенных пунктов. Наиболее эффективны подобные мероприятия будут на участках антропогенно-преобразованных русел, в верхних течениях рек Сакмара, Таналык, на левобережных притоках верхнего течения Урала. В частности, расчистка русла, его спрямление и углубление окажутся эффективными в среднем и нижнем течении р. Гумбейка, что позволит снизить негативные последствия прохождения весеннего половодья в пределах населенных пунктов Эстонский, Кассельский, Куропаткинский, Остроленский, Переселенческий, Фершампенауз.

Для бассейна Урала рекомендуется провести анализ условий прохождения ледохода в весенний период с целью выявления участков формирования ледовых заторов. В тех районах, где подпорные явления от них регулярно создают угрозу затопления населенных пунктов следует выполнить комплекс дноуглубительных (срезка побочной перекатов, удаление продуктов заиления русла) и

руслысправительных (спрямление русла) работ. Нередко стеснение русла и формирование ледовых заторов связано с местами расположения мостовых переходов, в пределах которых дноуглубительные мероприятия необходимо осуществлять с учетом возможного развития боковой и глубинной эрозии, которая может негативно отразиться на состоянии самого гидротехнического сооружения.

Спрямление отдельных участков в пределах меандрирующего русла само по себе также приводит к снижению уровней воды и уменьшению затопления пойменных территорий. Особенно эффективен такой метод на предгорных участках, где реки имеют достаточно большие уклоны.

Увеличение транспортирующей способности потока при спрямлении русла является одним из способов естественной очистки от продуктов заиления. Такую активизацию процесса самоочистки русла можно рекомендовать для выделенных неустойчивых и малоустойчивых к заилению участков рек Салмыш, Бол. Ик, Бол. Юшатырь, Кинделя, Иртек, Чаган.

Если анализировать современное состояние расположенных в пределах пойменно-руслых комплексов объектов производственной и социальной сферы с точки зрения существующей опасности проявлений русловых процессов, то следует обратить внимание на целый ряд населенных пунктов в бассейне Урала, для которых существует реальная угроза разрушения жилых построек. К ним следует отнести населенные пункты Октябрьское (р. Бол. Юшатырь), Мраково (р. Бол. Ик), Благословенка (р. Урал), юго-восточные окраины г. Оренбурга (р. Урал), Пехотное (р. Урал), Кондуровка (р. Сакмара), Озерки (р. Илек), Остроленский (р. Гумбейка). Вопрос целесообразности проведения на этих участках берегозащитных мероприятий стоит рассматривать на стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) при сопоставлении стоимости выполнения защитных работ и возможности отселения жителей аварийных домов.

Для учета и контроля состояния линейных инженерных коммуникаций,

пересекающих реки (мосты, трубопроводы, ЛЭП), целесообразно провести их инвентаризацию с занесением в единую базу данных водохозяйственных объектов. Такой подход потребует проведения регулярного мониторинга состояния линейных переходов, однако позволит заблаговременно прогнозировать развитие русловых деформаций и предотвращать аварийные ситуации на них. При планировании новых хозяйственных мероприятий в прибрежной зоне следует учитывать результаты анализа степени опасности проявления русловых процессов.

На участках рек с 4-й степенью опасности в пределах зоны активных русловых переформирований (пояса меандрирования) строительство жилых или гидротехнических объектов следует проектировать в комплексе с берегозащитными и руслорегулирующими сооружениями. Сельскохозяйственное использование пойменных угодий, прокладку дренажных и оросительных систем в пределах участков 3-4 степени опасности следует осуществлять с учетом темпов и направленности развития русловых деформаций.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов, А.Н. Ландшафтно-гидрологическая организация территории / А.Н. Антипов, В.Н. Федоров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. - 254 с.
2. Барышников, Н.Б. Руслвые потоки. - СПб.: Изд-во РГГМУ, 2008. - 439 с.
3. Беркович, К.М., Иванов, В.В. Экологическая напряженность, возникающая при антропогенных изменениях гидрологического и руслового режима рек // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. - М.: МГУ, 1993. - С. 53-60.
4. Беркович, К.М., Сидорчук, А.Ю. Оценка устойчивости русел рек Европейской России и ее оценка в связи с антропогенными нагрузками на реки и их бассейны // Проблемы оценки экологической напряженности Европейской территории России: факторы, районирование, последствия. - М., 1996. - С. 1-11.
5. Боровков, В.С. Руслвые процессы и динамика речных потоков на урбанизированных территориях. - Л.: Гидрометеоздат, 1989. - 286 с.
6. Вода России. Речные бассейны / под науч. ред. А.М. Черняева; ФГУП РосНИИВХ. - Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2000. - 536 с.
7. Гаев, А.Я., Алферов, И.Н., Гацков, В.Г. и др. Экологические основы водохозяйственной деятельности (на примере Оренбургской области и сопредельных районов) / под ред. А.Я. Гаева. - Пермь; Оренбург, 2007. - 327 с.
8. Геоэкологический анализ состояния природно-социально-производственных систем / А.А. Ямашкин, А.В. Кирюшин, А.К. Коваленко и др.; науч. ред. и сост. А.А. Ямашкин. - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. - 260 с.
9. Кондратьев, Н.Е., Попов, И.В., Смищенко, Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. - Л.: Гидрометеоздат, 1982. - 272 с.
10. Маккавеев, Н.И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. - М.: МГУ, 1955. - 347 с.
11. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна // Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Урал. - Екатеринбург, 2013. - 183 с.
12. Ржаницын, Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. - Л.: Гидрометеоздат, 1960. - 238 с.
13. Чибилев, А.А. Бассейн Урала: история, география, экология. - Екатеринбург: УрО РАН, 2008. - 312 с.
14. Шикломанов, И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. - Л.: Гидрометеоздат, 1989. - 334 с.
15. Экономические и территориальные аспекты управления водохозяйственным комплексом России / под ред. В.И. Данилова-Данильяна, В.Г. Пряжинской. - М.: РАСХН, 2013. - 311 с.