

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЛЫХ РЕК БАСЕЙНА р. УРАЛ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ СОВОКУПНОСТИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ¹

© 2024 г. А. М. Гареев^{a,*}, Д. И. Ахмедьянов^a, Ю. В. Островская^b, А. М. Шевченко^a

^aУфимский университет науки и технологий, Уфа, 450076 Россия

^bРеспубликанский детский эколого-биологический центр, Уфа, 450112 Россия

*e-mail: aufar.gareev@mail.ru

Поступила в редакцию 22.03.2024 г.

После доработки 15.04.2024 г.

Принята к публикации 15.04.2024 г.

В бассейне р. Урал в течение последних десятилетий наблюдается довольно напряженная водохозяйственная и экологическая обстановка. Она характерна как для территории Российской Федерации, где происходит формирование основного количества водных ресурсов в целом по бассейну реки, так и для Казахстана. Количественное и качественное истощение водных ресурсов в последующем и резкое ухудшение экологических условий по многим участкам реки обуславливают необходимость широкомасштабного изучения имеющихся проблем на геосистемном уровне. Изложены результаты исследования малых рек бассейна р. Урал в пределах Российской Федерации, характеризующихся особенностями изменения речного стока и экологических условий в них в зависимости от влияния совокупности естественных и антропогенных факторов. В качестве методологической основы приняты геосистемный подход и бассейновый принцип, позволяющие всесторонне учитывать особенности влияния совокупности естественных и антропогенных факторов на формирование изменчивости количественных, качественных характеристик водотоков и экологических условий в них. Методы исследования следующие: обобщение и анализ материалов предшествующих исследований, проведение полевых изысканий и наблюдений, отбор проб воды и донных отложений, районирование изучаемой территории по видам и масштабам антропогенных нагрузок, определение характера загрязнения водотоков и изменения в них экологических условий в зависимости от влияния конкретных видов хозяйственной деятельности человека. В результате проведенного исследования выявлены особенности влияния хозяйственной деятельности человека на малые реки и природные комплексы их водосборов. Раскрыты характеристики пространственной и временной изменчивости факторов, влияющих на изменение склонового и речного стока. Изучены особенности влияния на качество воды в водных объектах и экологические условия в них антропогенных факторов, обоснованы предложения по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению малых рек — притоков различного порядка трансграничной р. Урал.

Ключевые слова: малая река, бассейн, хозяйственная деятельность, изыскания, деградация, влияющие факторы, экологические условия, бассейн реки Урал.

DOI: 10.31857/S0321059624050096 EDN: VXKFCY

ВВЕДЕНИЕ

Установление маловодной фазы на реках Южного Урала с начала 2000-х гг. и ее продолжение в настоящее время на фоне существенного изменения характера природопользования и усиления антропогенных нагрузок привели к резко неблагоприятным ситуациям.

Изменения, в основном проявляющиеся в ухудшении качества, а также в количественном истощении воды в водных объектах и резком ухудшении экологических условий в них, наблюдаются в бассейне р. Урал в пределах как Российской Федерации, так и Казахстана.

При выполнении данного исследования в качестве особо значимых приняты результаты комплексных изысканий в бассейнах малых рек, проведенных сотрудниками лаборатории водохозяйственных исследований и геоэкологии БашГУ (УУНиТ) в 2017, 2019, 2020 и 2023 гг.

¹ Работа выполнена в рамках научных исследований по договору между Институтом водных проблем РАН и Уфимским университетом науки и технологий в 2023 г. (тема “Научное обоснование предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной р. Урал (Жайык)”).

Характерная особенность бассейнов малых рек — притоков р. Урал в пределах Российской Федерации — их расположение в разных природно-климатических условиях. Анализ состояния природных комплексов на их водосборах позволил осуществить районирование изучаемой территории по степени и видам антропогенного воздействия и, соответственно, по сохранности речных экосистем (рис. 1).

Основные виды хозяйственной деятельности человека здесь следующие:

— сельское хозяйство — преимущественно организованный и неорганизованный выпас скота, растениеводство и водопользование в сельских населенных пунктах;

— горнодобывающая отрасль — горно-обогатительные комбинаты, обширные площади отвалов горных пород, хвостохранилищ, накопителей сточных вод и карьеров — оказывает сильное воздействие на природные комплексы речных водосборов и на сами малые реки;

— городские поселения, формирование урбанизированных ландшафтов, организация водопользования — влияющие на состояние малых рек и др.

Распределение указанных факторов по изучаемой территории неравномерно. В отдельных районах они накладываются друг на друга, что вызывает коренные нарушения многих характеристик малых рек, которые становятся

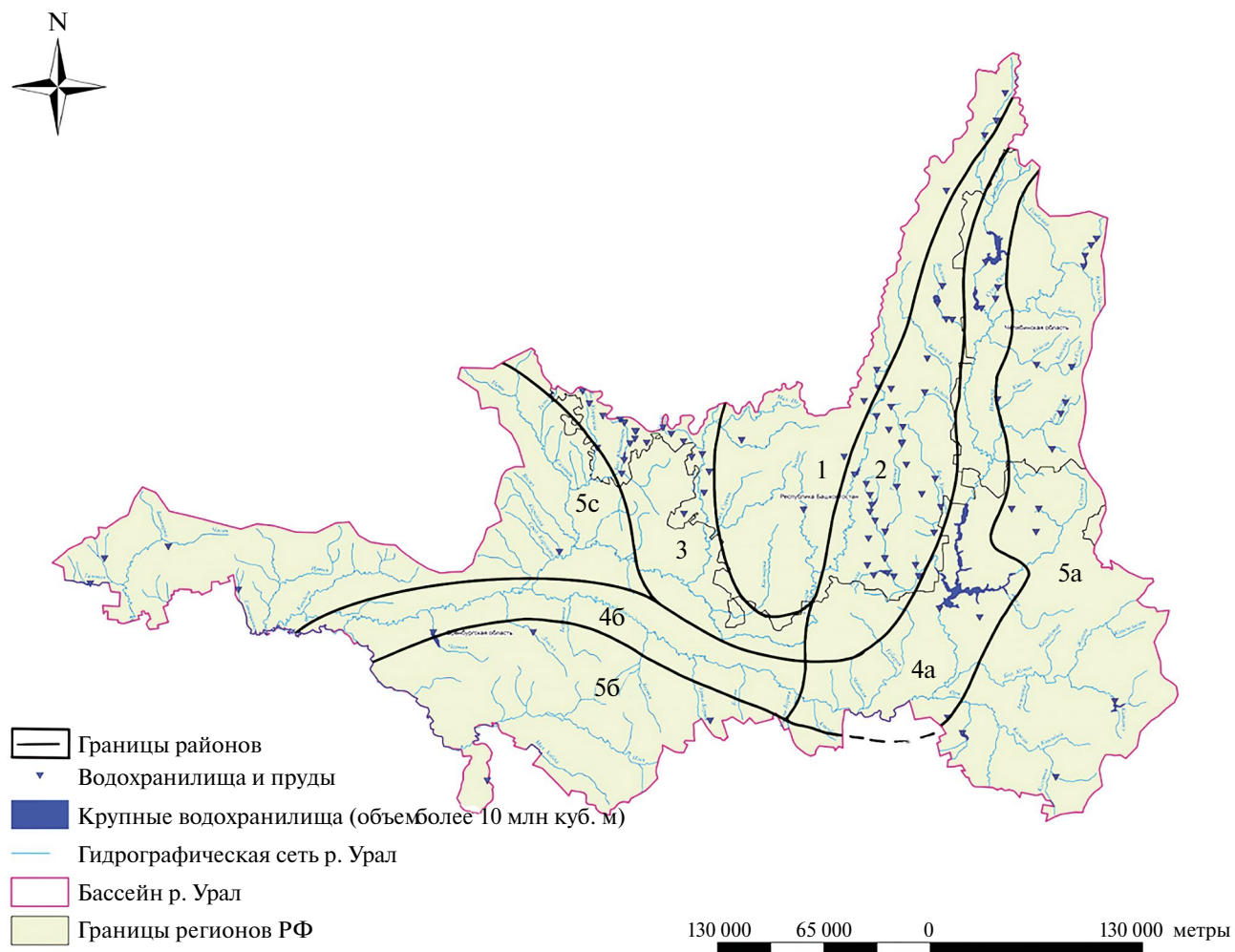


Рис. 1. Районирование бассейна р. Урал в пределах Российской Федерации по степени и видам преимущественного влияния хозяйственной деятельности на малые реки.

в этих случаях особо уязвимыми. Масштабы воздействия деятельности человека на природные комплексы, в том числе и водные экосистемы, имеют объективные причины. С одной стороны, это определяется пространственной дифференциацией физико-географических условий (показателей увлажнения, орографии местности, естественной водорегулирующей способности речных водосборов и др.), с другой — родом деятельности самого человека. Антропогенные факторы, связанные с коммунальным и сельским хозяйством, а также с рекреацией, приурочены, как правило, к наиболее легко доступным местам. Степень воздействия горнодобывающей отрасли связана с расположением разрабатываемых месторождений полезных ископаемых. В районе исследований они сосредоточены в меридиональной зоне, которая простирается в бассейне р. Урал преимущественно в пределах Зауральского пенеплена (в пределах Республики Башкортостан и Оренбургской области).

Следует обратить внимание на то, что бассейны большого количества малых рек подвергаются преимущественному влиянию животноводства. На изучаемой территории после распада СССР произошли большие изменения в способах содержания скота. Так, в бывшем Советском Союзе в бассейне р. Урал (в пределах РФ) преобладало содержание скота на животноводческих фермах и в комплексах. Для них были отведены пастбища, в ряде хозяйств проводились организация и эксплуатация долговременных культурных пастбищ (ДКП). Однако после распада СССР все изменилось не в лучшую сторону. Животноводческие фермы и комплексы были ликвидированы. В сельской местности возникли социально-экономические проблемы, местное население стало адаптироваться к меняющимся условиям. Распространились экстенсивные способы хозяйствования, жители вынуждены увеличить поголовье скота в личном (подсобном) хозяйстве, так как это часто стало единственным способом выживания жителей. При этом изменились места и способы выпаса. Так, в течение последних десятилетий, характеризующихся усилением засушливости климата, травостой на склонах долин рек в июле—августе засуш-

ливых лет (2010, 2012, 2014, 2020, 2022 гг.) высыхает. В этих условиях водоохранные зоны становятся единственным местом, где можно пасти скот. Местные жители так и поступают. В результате, с одной стороны, чрезмерный выпас крупного рогатого скота, овец и лошадей приводит к вытаптыванию травостоя, переуплотнению верхних слоев почвенного покрова, становится причиной активизации эрозионных и русловых процессов, стимулируя трансформации склонового и речного стока, заиление русел рек в низовьях; с другой — способствует чрезмерному загрязнению вод веществами органического происхождения. Эти закономерности раскрыты в большом количестве опубликованных работ [5–13].

Под влиянием предприятий горнодобывающей промышленности формируются коренным образом нарушенные ландшафты территорий: карьеры и отвалы горных пород, хвостохранилища, свалки. Многие из этих объектов расположены в непосредственной близости к рекам, в том числе и в пределах водоохранных зон. Степень нарушенности природных комплексов на водосборах ряда рек достигает той величины, когда эти территории можно отнести к категории бедлендов. Например, это четко обнаруживается на водосборах рек Худолаз и Карагайлы под влиянием объектов горнодобывающей и других отраслей в пределах городского округа г. Сибая.

В ходе полевых изысканий и наблюдений летом 2023 г. внимательно изучались характерные виды влияния хозяйственной деятельности на малые реки и их водосборы. При выборе мест расположения точек наблюдений учитывался характер и масштабы влияния хозяйственной деятельности человека на водотоки и их водосборы. С учетом этого выделены следующие категории малых рек:

— с достаточно высоким уровнем сохранности природных комплексов на их водосборах при слабом или умеренном влиянии преимущественно экстенсивного выпаса скота, хорошо сохранившимся гидрологическим режимом, гидрохимическими характеристиками и экологическими условиями;

– с преимущественным влиянием объектов сельскохозяйственного производства (пастбищ, пашен и др.);

– с разной степенью изменения и трансформации под совместным влиянием объектов горнодобывающей и других отраслей (чрезмерного выпаса скота).

К первой категории относятся реки Безымянный (с. Бурангулово), Бирся (выше д. Калканово), Малый Кизил (выше д. Новоабзаково). Их бассейны полностью или в основном находятся на территориях хорошо сохранившихся ландшафтов восточных склонов Южного Урала. Здесь распространены лесные и лесостепные сообщества, слабо затронутые хозяйственной деятельностью. В последнем факторе доминирует неорганизованный выпас скота. Эти реки находятся в пределах района 1 (рис. 1).

Ко второй категории относятся реки Урал (с. Рысаево, выше д. Уразово), Янгелька (исток из оз. Чебаркуль), Худолаз (п. Казанка) и др. Бассейны указанных рек, включая водосборы, водоохранные зоны, прибрежные полосы и русла рек, преимущественно подвержены чрезмерному влиянию выпаса крупного рогатого скота и лошадей. Соответственно, загрязнение указанных рек в основном происходит веществами биогенного происхождения.

К третьей категории относятся реки Худолаз (с. Калинино), Карагайлы, Таналык, Бузавлык, Блява и др., протекающие в зоне массивированного влияния добычи руд цветных металлов и их обогащения на горно-обогатительных комбинатах. На это влияние также накладываются чрезмерный (неуправляемый) выпас скота на речных водосборах, а также другие виды хозяйственной деятельности человека. В связи с этим в течение продолжительного времени наносится большой ущерб данным малым рекам и их экосистем, как сосредоточенно (локально), так и рассредоточенно (диффузно).

Таким образом, к категориям малых рек с наибольшими, коренными изменениями гидрологического режима, гидрохимических, гидробиологических характеристик и экологических

условий, следует отнести саму р. Урал в верховьях, а также ее притоки – реки Худолаз с притоком Карагайлы, Таналык, Бузавлык, Блява.

Территории протекания малых рек, отнесенных авторами статьи ко второй и третьей категориям, соответствуют району 2 на рис. 1.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности состояния и изменения гидролого-экологических характеристик малых рек в зависимости от разного влияния совокупности естественных и антропогенных факторов изучались на 17 участках. Участки размещались на местности с учетом возможности проведения сравнительного анализа сформировавшихся и измененных экологических условий, с определением, с одной стороны, фоновых показателей, с другой – специфики и масштабов влияния антропогенных факторов на сообщества гидробионтов. На них проведен отбор проб воды и донных отложений, фитопланктона, фито- и зообентоса, а также выявлен состав ихтиофауны. В местах отбора проб измеряли расход, температуру и прозрачность воды, глубину, определяли тип донных отложений. Химический анализ проб воды и донных отложений проводился в аттестованной испытательной лаборатории Филиала по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урал “Центррегионводхоза”. Отбор и обработку гидробиологических проб осуществляли по общепринятым методикам [4, 23]. Для идентификации гидробионтов, расчета частоты встречаемости видов использовали имеющиеся руководства и определители [15, 19, 26–30, 31]. Для индикации качества воды по структурно-функциональным характеристикам сообществ применялись система сапробности Кольквитца–Марсона и метод Пантле–Букк [1, 4, 20, 22, 25, 34].

Оценка влияния хозяйственной деятельности на качество вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям показала, что значения комплексного показателя загрязнения (КПЗ) по всем участкам наблюдений не соответствуют предъявляемым требованиям. Так, по участкам наблюдений они достигают значений от 18.57 до 284.02, что характеризует качество воды как “грязная” и “чрезвычайно грязная”.

Реки первой категории (район 1)

Расположение участков, на которых проводились комплексные изыскания и исследования, показаны на рис. 2. К ним относились: р. Урал – 300 м выше д. Рысаево (участок 1), руч. Безымянный – выше д. Бурангулово (2), р. Бирся – 2.2 км выше д. Калканово (3), р. Урал – 2.5 км выше д. Уразово (4), р. Малый Кизил – 3.9 км выше с. Новоабзаково (5), р. Янгелька – д. Давлетово (6), р. Худолаз – д. Казанка (7), р. Таналык – ниже г. Баймак (8), Р. Таналык – выше г. Баймак (9), р. Худолаз – д. Калинино (10), р. Карагайлы – устье (11), р. Бузавлык – выше сброса сточных вод из карьера “Юбилейного” (12), р. Бузавлык – ниже сброса сточных вод (13), р. Таналык – выше пос. Бурибай (14), р. Тана-

лык – ниже сброса сточных вод (15), р. Блява – выше г. Медногорск (16), р. Блява – ниже сброса сточных вод Медногорским ГОК в створе д. Бляватамак (17).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований выявлено, что по ряду фоновых створов, выше которых степень влияния хозяйственной деятельности на ландшафты мала, наблюдаются высокие концентрации отдельных веществ, превышающие ПДК в несколько раз. Например, это выявлено на руч. Безымянном – притоке р. Урал первого порядка, выше небольшого населенного пункта Бурангулово Учалинского района Республики Башкортостан (участок 2). Так, здесь concentra-

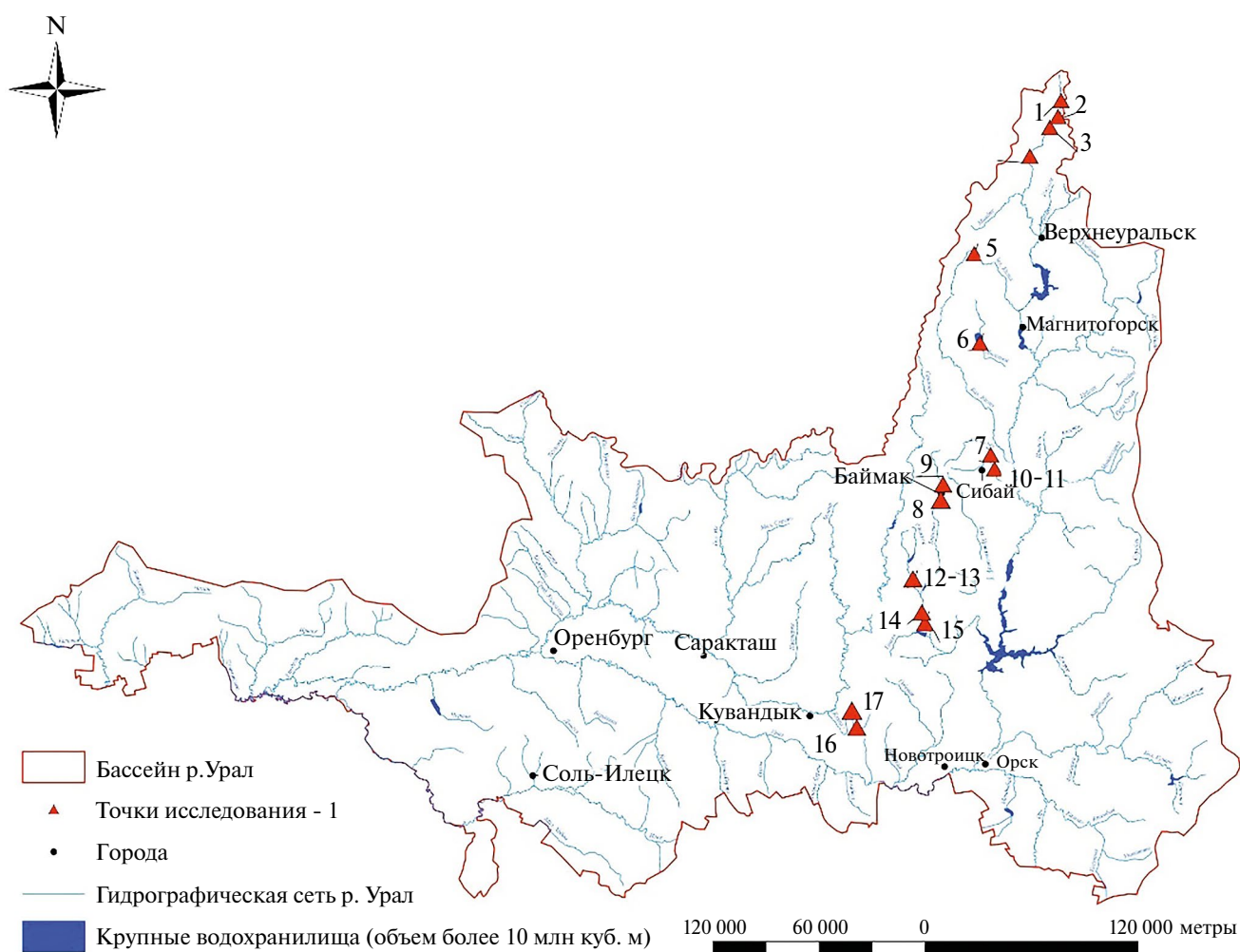


Рис. 2. Места расположения участков изысканий и наблюдений на малых реках бассейна р. Урал (в пределах Российской Федерации).

ции марганца $> \text{ПДК}_{\text{рх}}$ в 2,8, железа — в 8 раз. Это, очевидно, связано с естественным вымыванием элементов металлической группы из коренных пород в горах Урала. Из рыб здесь обнаружен гольян в довольно большом количестве. Как известно, этот вид считается индикатором чистой воды, однако ему может быть свойственна определенная экологическая пластичность [20]. По фитопланктону, фито- и зообентосу показатели качества воды здесь оцениваются как β -мезосапробные, по ихтиофауне — олигосапробные. Это связано с тем, что ихтиофауна, в отличие от бентоса, живет в различных горизонтах, а также она намного более мобильна, нежели планктон и бентос. По совокупности признаков вода в ручье относительно чистая.

Кроме того, по отдельным участкам, выше которых водосборы испытывают небольшие антропогенные нагрузки (пастбищ, населенных пунктов), реки относятся к категории наименее загрязненных при расчете индекса сапробности Пантле—Букк по зообентосу. Например, к таким относятся участки 3 (р. Бирся) и 6 (р. Янгелька в верховьях). Аналогичную картину на этих створах показала и оценка по фитопланктону (рис. 2). На р. Бирсе в 2,2 км севернее д. Калканово из рыб также обнаружен только гольян, но в меньшем количестве, чем на предыдущем участке (на руч. Безымянном). Также здесь ниже содержание кислорода (6,26 ppm), а в грунте — повышенное содержание марганца (231 ± 58 мг/кг). Расчет индексов сапробности, проведенный по фитопланктону, а также фито- и зообентосу, позволяет отнести данный водоток к β -мезосапробной зоне, присутствие единственного вида рыб (гольяна) характеризует ее как олигосапробную. Причины данных различий аналогичны причинам на предыдущей станции. По совокупности признаков экологическая обстановка менее благоприятна, чем на предыдущем водотоке.

На р. Малый Кизил из рыб обнаружен только пескарь в небольшом количестве, хотя ихтиофауна в подобных водотоках должна быть более разнообразной и включать в себя по крайней мере гольяна, хариуса, форель, ельца и другие виды [2, 16, 17]. Вода была замутнена, наблюдались обильные обрастания нитчатых водорослей на подводных предметах, что не характерно для

чистых горных рек. В воде выявлено довольно низкое содержание растворенного кислорода (4,90 ppm) и повышено количество нитратов ($3,8 \pm 0,5$ мг/дм³). Все вышеуказанное свидетельствует о чрезмерно высоком уровне эвтрофикации водотока. Это обусловлено локализацией здесь относительно крупных населенных пунктов, горнолыжного центра Абзаково, ряда предприятий (ООО “Абзаково”, ООО “Строительство и производство”). Ниже сбросов сточных вод обнаружены высокие концентрации нитрит-иона, которые $> \text{ПДК}$ в 2,75 раза. Качество воды, определенное в совокупности по фитопланктону, фито- и зообентосу и ихтиофауне, соответствует β -мезосапробным условиям.

Реки второй категории (район 2)

По рекам, относящимся ко второй категории, наблюдается влияние чрезмерного выпаса скота, соответственно — загрязняющих веществ биогенного происхождения. Наиболее характерный здесь участок — р. Урал у с. Рысаево, где обнаруживается превышение ПДК по NH_4^+ . Кроме того, здесь и в р. Урал выше д. Уразово, а также в реках Янгельке (исток из оз. Чебаркуль), Худолаз (п. Казанка) обнаружены тяжелые металлы в высоких концентрациях ($> \text{ПДК}$ в 2,8–15 раз).

По сосредоточенным сбросам, влияющим на р. Урал, оценена деятельность “Учалыводоканала”. Это первое предприятие, сбрасывающее свои стоки после очистки на очистных сооружениях в верховьях р. Урал. В пробах воды, отобранных из реки ниже сброса указанного предприятия (выше д. Уразово Учалинского района), выявлено превышение ПДК по меди и марганцу в 9 раз, железу в 3 раза. Из специфических загрязнителей в р. Урал фиксируются азотистые соединения нитрит-иона с превышением ПДК в 3 раза. При сравнении показателей загрязненности речных вод с фоновыми концентрациями (руч. Безымянный у с. Бурангулово Учалинского района) можно выявить превышение загрязнения по этому ингредиенту в 12 раз. Следует обратить внимание на то, что в бассейнах указанных водотоков крупных объектов, относящихся к горнодобывающей отрасли, нет. Следует полагать, что в формировании химического состава вод принимают участие месторождения горных

пород, а также отвалы, содержащие значительные концентрации указанных элементов.

Расчет индекса сапробности по Пантле—Букк по зообентосу позволил отнести створ р. Урал (выше д. Рысаево) к числу умеренно загрязненных. Аналогичную картину здесь показала и оценка состояния вод по фитопланктону. Условия по зообентосу в р. Урал на 1.5 км севернее от с. Уразово можно характеризовать как α -мезосапробные (“грязные”). Здесь отчетливо проявляется влияние сброса сточных вод г. Учалы после их очистки в очистных сооружениях. Показательно то, что на данном участке выявлены высокие концентрации растворенного кислорода (10 ppm), что связано с активными процессами фотосинтеза водной растительности (макрофитов и водорослей) в летнее время.

В ихтиофауне р. Янгельки обнаружено 6 видов рыб. Показатель содержания кислорода в воде составил 6.24 ppm, в донных отложениях наблюдается повышенное содержание марганца (796 ± 199 мг/кг), а также цинка (236 ± 71 мг/кг). Налицо также признаки устойчивой эвтрофикации: высокая степень зарастания водотока высшей водной растительностью (большое количество рдестов, водокраса, урути, элодеи), а также распространение нитчатых водорослей, заметное замутнение воды, слой ила на каменисто-галечном ложе реки. Показатели сапробности, рассчитанные по фитопланктону, фито- и зообентосу, позволяют отнести воду р. Янгельки к β -мезосапробной зоне. Индекс Кольквитца—Марссона, рассчитанный по ихтиофауне, также показывает β -мезосапробные условия, индекс Пантле—Букк — 3.08, что соответствует α -мезосапробной зоне.

В р. Худолаз (д. Казанка) — выше зоны выклинивания Худолазовского водохранилища и промышленных предприятий г. Сибая — обнаружены 6 видов рыб: плотва, окунь, серебряный карась, язь, налим, сом. Преобладающие виды — плотва и окунь. Содержание кислорода в воде составило 5.57 ppm, по результатам химического анализа воды и грунта, условия вполне благоприятные, за исключением некоторого повышения содержания цинка в донных отложениях (106 ± 32 мг/кг). Показатели качества воды

р. Худолаз на данном участке, рассчитанные по фитопланктону и фитобентосу, соответствуют β -мезосапробной зоне, по зообентосу — α -мезосапробной. Индекс Кольквитца—Марссона, рассчитанный для ихтиофауны, показывает также β -мезосапробные условия, а Пантле—Букк — α -мезосапробные.

Реки третьей категории (район 2 на рис. 1)

По всем участкам рек, расположенным в зонах массивированного влияния объектов горнодобывающей отрасли (8–17), наблюдаются высокие концентрации тяжелых металлов. Наибольшие обнаружены в водах рек Карагайлы — с. Калинино (медь — 240 ПДК), Худолаз — с. Калинино (медь — 87 ПДК), Таналык — ниже г. Баймак (медь — 33 ПДК), Бузавлык (створы 12 и 13 — медь 25–32 ПДК), Бляве — г. Медногорск (марганец — 260 ПДК), Бляве — с. Бляватамак (цинк — 160 ПДК), что обусловило формирование чрезвычайно высоких комплексных показателей загрязнения (КПЗ) — 31.96–284.02.

Наиболее интенсивное загрязнение специфическими ингредиентами выявлено в водах р. Таналык у г. Баймака ниже сброса “Баймакского водоканала”. В проанализированной пробе воды из этой реки выявлено превышение по аммоний-ионам — в 5.2 раза, нитрит-ионам — в 5.25 раз, концентрация сухого остатка — в 1.5 раза. В то же время по участку выше г. Баймака (в 2.2 км выше створа сброса сточных вод города) качество воды по этим показателям $\leq$ ПДК.

К категории малых рек, в наибольшей степени деградированных по морфометрическим характеристикам их русел, степени загрязненности, прежде всего тяжелыми металлами, следует отнести р. Карагайлы в зоне влияния объектов г. Сибая. В бассейне среднего (частично) и нижнего течения этой реки обнаружено высокое сосредоточение разных хозяйственных объектов и урбанизированных территорий. К их числу относятся сам г. Сибай, отвалы горных пород на значительных площадях, карьеры, хвостохранилища, свалки и др. В речной воде и донных отложениях обнаружены высокие концентрации загрязняющих веществ, относящихся к разным группам по лимитирующему признаку вредно-

сти. Так, влияние сточных вод города может быть оценено по степени загрязнения речных вод фосфат-ионом — в 3.75 раз, сухому остатку — в 4.5 раз. Подотвальные воды северных отвалов Сибайского рудника поступают в карьер и вместе с шахтными водами откачиваются на поверхность и далее по коллектору сбрасываются в р. Карагайлы. В нее же без очистки направляются стоки южных отвалов. Подотвальные воды высокоминерализованы — до 515 г/л; pH — 2.1–2.6; концентрации сульфат-иона достигают 29500 мг/л; содержание меди — 330–645, цинка — 718–890, железа — 188–731, магния — 190 мг/л; повышены концентрации марганца, никеля, кобальта, кадмия, ртути и др. Объем подотвальных вод Сибайского рудника составляет 650 тыс. м³ в год. До 2019 г. суммарный расход шахтных и карьерных вод колебался в пределах от 200 до 800 м³/ч. Объем откачиваемых дренажных вод во время разработки месторождения составлял 3.2–3.5 млн м³ в год.

По ориентировочным оценкам, за год с подотвальными и шахтными стоками в поверхностные водные объекты сбрасывается до 10 тыс. т химических веществ, включая сотни тонн тяжелых металлов в ионной форме. В р. Карагайлы, куда непосредственно сбрасывались сточные воды Сибайского ГОК до его закрытия в 2019 г., наблюдались экстремально высокие концентрации ионов тяжелых металлов и сульфатов.

В донных отложениях рек Карагайлы и Худолаз (ниже г. Сибая) установлено увеличение содержания тяжелых металлов в десятки и сотни раз по сравнению с фоновыми концентрациями. Следует отметить то, что отдельные участки бассейнов этих рек представляют собой зоны экологического бедствия.

Бузавлык ниже сброса ООО “Башкирская медь” загрязнена солями меди до 32 ПДК.

По результатам анализа проб воды из реки Таналык у пос. Бурибай, где размещено производство горно-обогатительного комбината, выявлено превышение содержания специфических металлов в воде. Концентрация меди была выявлена по участку 14, где она была >ПДК в 20 раз, по марганцу >ПДК в 8 раз.

Накопители сильно загрязненных сточных вод Бурибаевского ГОК расположены в непосредственной близости к р. Таналык. В их использовании в составе замкнутых систем водоснабжения промышленного предприятия наблюдаются серьезные нарушения. По телу обваловок образовались промоины, на низинах со стороны сухого откоса (с внешней стороны) местами образовались лужи с сильно концентрированными сточными водами. Фильтрация концентрированных сточных вод через тело дамбы, а также формирование линий тока — причина чрезмерного загрязнения вод р. Таналык тяжелыми металлами.

Аналогичное загрязнение вод наблюдается и по р. Бляве, принимающей стоки Медногорского ГОКа. В пробе воды из р. Блявы ниже сброса “Медногорского медно-серного комбината” (у с. Бляватамак) выявлено превышение концентрации меди в 10 раз по сравнению со створом, расположенным выше г. Медногорска. Аналогичная ситуация обнаружена и по концентрациям цинка. Так, если в пробе воды, отобранной у с. Бляватамак (ниже города), она составила 1.6 мг/дм³, то выше зоны влияния сточных вод ГОКа она была ~0.03 мг/дм³, т. е. превышение — в 53 раза (участки 16 и 17).

Анализ степени сапробности по фитопланктону и фитобентосу на указанных участках показал уменьшение сапробности, а также стабильно низкое видовое разнообразие [3, 32, 33]. Кроме того, в обеих пробах обнаружены тератологические формы диатомовой водоросли *Nitzschia sp.* с искривленным панцирем. Все это выражает высокий уровень загрязненности водотока и неблагоприятность среды обитания для гидробионтов [3, 4, 23].

Следует обратить внимание на то, что на сильно загрязненных участках рек: Худолаз — ниже устья р. Карагайлы (участок 10), Карагайлы — устье (участок 11), Блява — г. Медногорск, ниже сброса (участок 17) — зарегистрировано наименьшее среди всех исследованных точек видовое разнообразие зообентоса. У выявленных личинок хирономид *Chironomus gr. dorsalis*, *Ch. gr. tentans*, *Procladius ferrugineus* и *P. choreus* отмечены деформация элементов ротового аппарата (ментума и мандибул) и их покрытие

смолоподобным веществом, что, скорее всего, связано с накоплением загрязняющих веществ в донных отложениях водотоков [1, 21].

Обращают на себя внимание достаточно высокие показатели численности биомассы зообентоса на участках 10 и 17 (рис. 2) на фоне небольшого количества видов. Известно, что при возрастании антропогенной нагрузки резко снижается видовое разнообразие донных сообществ на фоне доминирования отдельных видов [4], что и наблюдается на данных участках. Так, в р. Худолаз (створ 10) максимум численности и биомассы имеет полисапробный вид — олигохета *Tubifex tubifex*, а в створе 17 (р. Блява) — полисапробные виды хирономид.

Согласно расчетам индекса Пантле—Букк по зообентосу, условия в водотоках на створах 9 (р. Таналык, севернее на 1.3 км от г. Баймак), 12 (р. Бузавлык, на 2.2 км юго-восточнее от д. Петропавловский, в зоне комбината Башнефти) и 16 (Оренбургская область, р. Блява) можно характеризовать как α -мезосапробные (“грязные”).

Самыми загрязненными по данному показателю оказались участки рек на створах 10 (р. Худолаз — ниже устья), 11 (р. Карагайлы — устье) и 17 (р. Блява, г. Медногорск, ниже сброса). На них индекс сапробности колебался в пределах 4.0–4.5, что соответствует полисапробной зоне.

При анализе изменения уровня сапробности в створах отдельных рек можно заметить ее явное увеличение при повышении степени антропогенного воздействия. Так, для р. Таналык в створе 10, расположенном выше сброса загрязняющих веществ, значение индекса сапробности — 1.9, что характеризует данный участок как умеренно-загрязненный (β -мезосапробный); в точке 9, расположенной после сброса загрязняющих веществ, значение индекса Пантле—Букк соответствует α -мезосапробной (“грязной”) зоне. Аналогичную картину показывает и оценка состояния р. Таналык по фитопланктону, фитобентосу и ихтиофауне [1–4].

В результате смешения и разбавления сильно загрязненных вод притоков в принимающих эти воды реках обнаруживаются благоприятные

по показателям ихтиофауны гидролого-экологические условия. Так, в р. Худолаз (ниже устья р. Карагайлы) обнаружено 7 видов рыб, из которых самой многочисленной была плотва. Примерно в равных количествах встречались елец, пескарь, красноперка и окунь, наиболее редкими оказались щука и голавль. Показатели качества воды, рассчитанные по ихтиофауне, соответствуют β -мезосапробной зоне с уклоном в олигосапробную, в то время как в самой р. Карагайлы (приток р. Худолаз) ихтиофауна отсутствовала.

Для р. Бузавлык (участки 13 и 14) также отмечен рост индекса сапробности — с 2.3 (нижняя граница β -мезосапробной зоны) в створе выше водохранилища до 2.6 (α -мезосапробная зона) на участке ниже сброса с отстойника “Башнефть”. В этой реке, как и в р. Карагайлы, ихтиофауна отсутствует.

По р. Бляве в окрестностях г. Медногорска (точки 16 и 17) в целом отмечен один из самых высоких уровней сапробности (значение индекса — 3.4–4.2). Если в точке выше сброса реку еще можно охарактеризовать как “грязную” (α -мезосапробную), то ниже сброса вода реки соответствует категории “очень грязная” (полисапробная). Выше сброса также обнаружено небольшое количество пескаря, ниже сброса какая-либо ихтиофауна отсутствовала полностью. По многим показателям это один из самых экологически неблагополучных участков.

По подрайонам 5а, 5б, 5с (рис. 1) основные виды хозяйственной деятельности, оказывающие влияние на химические показатели речных вод, — сельскохозяйственные объекты (населенные пункты, пашни, пастбища и др.). В отсутствие материалов непосредственных наблюдений экологические условия в малых реках могут быть определены по аналогии, что было раскрыто ранее по районам 1, 2. Район 3 характеризуется аналогичными условиями. Отличительная особенность — наличие значительного количества прудов и водохранилищ, обуславливающих коренные изменения гидрологического режима и экологических условий в водотоках.

Малые реки, впадающие непосредственно в Урал в пределах разных участков в подрайонах

4а и 4б, характеризуются большой разницей степени антропогенного влияния. Как известно, бассейны одних из них расположены в зонах непосредственного влияния промышленных узлов (города Верхнеуральск, Магнитогорск, Орск, Оренбург), других — в условиях преимущественного влияния сельскохозяйственных объектов. При необходимости изучение их характеристик может быть осуществлено отдельно.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что малые реки, особо чувствительные к влиянию как естественных, так и антропогенных факторов на их водосборах, достаточно ярко отражают особенности влияния указанных факторов на количественные и качественные характеристики воды в водотоках. Это позволяет объективно обосновать необходимые водоохранные мероприятия, особенно с учетом специфики и масштабов влияния антропогенных факторов, приуроченных к водосборам рек и влияющих на качество речных вод и экологические условия в водотоках. Следует констатировать, что различия направлений, масштабов и ареалов влияния отдельных видов хозяйственной деятельности могут проявляться при районировании изучаемых бассейнов больших рек, в которых можно выявлять отличающиеся процессы формирования и изменчивости экологических условий в малых реках. Указанные положения достаточно четко отражены в данной работе на примере бассейна р. Урал в пределах Российской Федерации.

Следует обратить внимание на то, что в механизмах управления водопользованием и водоохранными мероприятиями в соответствии с требованиями, отраженными в Схемах комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО), учтены результаты исследований показателей воздействия локализованных (сосредоточенных) источников. В то же время в отдельных бассейнах малых рек масштабы влияния рассредоточенных источников (например, сельскохозяйственных объектов, урбанизированных территорий и др.) могут быть преобладающими или основными. Это отражается на соответствующих неблагоприятных процессах как на водосборе, так и в самих водных объек-

тах, проявляется в соответствующем изменении показателей загрязнения и экологических условий в них. Таким образом, дальнейшее совершенствование методов и способов управления водопользованием и водоохранными мероприятиями в бассейнах рек должно учитывать указанные положения. В свою очередь, дифференцированный подход при этом будет в максимальной степени способствовать обоснованию необходимых водоохранных мероприятий, что осуществлено в ходе выполнения научно-исследовательских работ в 2023 г. по обоснованию предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной р. Урал (Жайык). Необходимо рассмотрение вопроса об их внедрении на уровне Министерства природопользования и экологии РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баканов А.И.* Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов / А.И. Баканов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–82.
2. *Бакланов М.А.* Фауна и особенности рыб малых рек урбанизированных территорий Прикамья. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2002. 18 с.
3. *Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.* Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 500 с.
4. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / Под ред. *О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга*. М.: Наука, 2007. 403 с.
5. *Гареев А.М.* Методические вопросы пространственно-временного анализа развития ускоренной эрозии // Четырнадцатое пленарное межвуз. координацион. совещ. по проблемам эрозионных, русловых и устьевых процессов. Уфа: Изд-во БашГУ, 1999. С. 14–17.
6. *Гареев А.М.* Методические указания по оптимизации выделения капиталовложений на водоохранные мероприятия на водосборе бассейна реки. Уфа: РИО Башкирского ун-та, 1991. 19 с.
7. *Гареев А.М.* Некоторые характеристики изменения склонового и речного стока в условиях деградации природных комплексов на водосборе // Вод. хоз-во России. Спецвып. Екатеринбург: РосНИИВХ, 2003.
8. *Гареев А.М.* Оптимизация водоохранных мероприятий в бассейне реки (географо-экологический аспект). СПб.: Гидрометеиздат, 1995. 190 с.

9. *Гареев А.М.* Основы научных исследований. Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. 78 с.
10. *Гареев А.М.* Особенности активизации развития эрозионных процессов в зависимости от увеличения максимального стока на водосборе в условиях деградации природных комплексов // Чистая вода России. Екатеринбург: РосНИИВХ, 2005. С. 21–22.
11. *Гареев А.М.* Охрана вод суши. Уфа: РИЦ БашГУ, 2021. 336 с.
12. *Гареев А.М.* Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан. Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. 248 с.
13. *Гареев А.М., Белан Л.Н., Горячев В.С., Фархутдинов А.М., Барышев В.И., Шевченко А.М., Островская Ю.В., Ахмедьянов Д.И.* Основные характеристики трансформации гидролого-экологических условий в малых реках в зоне влияния объектов горнодобывающей отрасли (на примере рек Карагайлы и Худолаз в бассейне реки Урал) // Вестн. Академии наук Республики Башкортостан. 2021. Т. 39. № 2 (102). С. 49–57. DOI: 10.24412/1728-5283-2021-2-49-57
14. *Гареев А.М., Мусин С.Н.* Особенности трансформации склонового, речного стока и развития эрозионных процессов в зависимости от влияния пастбищной нагрузки на природные комплексы // Семнадцатое межвуз. координацион. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Краснодар, 2002. С. 79–80.
15. *Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. М.: Сов. наука, 1953. 654 с.
16. *Дьяченко И.П.* Рыбы и рыбные ресурсы Башкортостана: учебное пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. 152 с.
17. *Дьяченко И.П., Биккинин Р.Ф.* Рыбы Башкирии // Экология водоемов Башкирии. Уфа: Гилем, 1998. С. 94–135.
18. *Захаров В.Ю.* Состояние ихтиофауны в водоемах Удмуртии как отражение антропогенного прессы // Экологические проблемы Предуралья: стратегия изучения и пути решения. Материалы науч.-практ. конф. Ижевск, 1994. С. 135–137.
19. *Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С.* Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука, 1951. 620 с.
20. *Каплин В.Г.* Биоиндикация состояния экосистем. Самара: СГСХА, 2001. 144 с.
21. *Котегов Б.Г.* Видовой состав ихтиофауны и антропогенные сукцессии ихтиоценозов малых рек Удмуртии // Современные аспекты экологии и экологического образования. Материалы Всерос. науч. конф. Казань: КФУ, 2005. С. 240–241.
22. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
23. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. *В.Н. Митропольского, Ф.Д. Мордохай-Болтовского.* М.: Наука, 1978. 240 с.
24. *Никольский Г.В.* Экология рыб. М.: Высш. шк., 1974. 367 с.
25. *Олексив И.Т.* Показатели качества природных вод с экологических позиций. Львов: Свит, 1992. 232 с.
26. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. *С.Я. Цалолыхина.* СПб.: Наука, 1994. Т. 1. 395 с.
27. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. *С.Я. Цалолыхина.* СПб.: Наука, 1995. Т. 2. 628 с.
28. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. *С.Я. Цалолыхина.* СПб.: Наука, 1997. Т. 3. 440 с.
29. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. *С.Я. Цалолыхина.* СПб.: Наука, 2001. Т. 5. 836 с.
30. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. *С.Я. Цалолыхина.* СПб.: Наука, 2004. Т. 4. 987 с.
31. *Панкратова В.Я.* Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae (Diptera, Chironomidae) фауны СССР. Л.: Наука, 1983. 296 с.
32. *Соколов Л.И.* Антропогенные изменения ихтиофауны рек Центральной России // Соросовский образовательный журн. Т. 7. № 1. 2001. С. 19–25.
33. *Шевченко А.М.* Современные тенденции изменения состава ихтиофауны верховьев бассейна реки Урал // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. Науч. журн. Вып. XXI (декабрь) / Отв. ред. *В.А. Валуев.* Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. С. 119–129
34. *Sládeček V.* System of water quality from the biological point of view. Archiv für Hydrobiologie — Beiheft: Ergebnisse der Limnologie 7. Stuttgart, 1973. 218 s.

FEATURES OF THE FORMATION AND VARIABILITY OF HYDROLOGICAL AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SMALL RIVERS IN THE RIVER BASIN OF THE URAL RIVER UNDER THE INFLUENCE OF A COMBINATION OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

A. M. Gareev^{a, *}, D. I. Akhmedyanov^a, Yu. V. Ostrovskaya^b, A. M. Shevchenko^a

^a*Ufa University of Science and Technology,
Republic of Bashkortostan, Ufa, 450076 Russian*

^b*Republican Children's Ecological and Biological Center,
Republic of Bashkortostan, Ufa, 450112 Russian*

**e-mail: aufar.gareev@mail.ru*

In the Ural River basin, the water management and environmental situation has been rather tense over the past decades. It is typical both for the territory of the Russian Federation, where the main amount of water resources are formed in the river basin as a whole, and for Kazakhstan. The quantitative and qualitative depletion of water resources, and the subsequent sharp deterioration of environmental conditions in many sections of the river, necessitates a large-scale study of existing problems at the geosystem level. Based on the above, the article presents the results of a study of small rivers in the Ural River basin within the Russian Federation, characterized by features of changes in river flow and environmental conditions in them depending on the influence of a combination of natural and anthropogenic factors. The geosystem approach and basin principle are adopted as a methodological basis, allowing for a comprehensive consideration of the specific influence of a combination of natural and anthropogenic factors on the formation of variability in the quantitative and qualitative characteristics of watercourses and environmental conditions in them. Research methods include: generalization and analysis of materials from previous studies, conducting field surveys and observations, sampling water and bottom sediments, zoning the study area according to the types and scale of anthropogenic loads, determining the nature of pollution of watercourses and changes in their environmental conditions depending on the impact of specific types of human economic activity.

As a result of the conducted research, the features of the influence of human economic activity on small rivers and natural complexes of their catchments were revealed. The characteristics of spatial and temporal variability of factors influencing changes in slope and river runoff are revealed. The features of the influence of anthropogenic factors on the quality of water in water bodies and the ecological conditions in them were studied, proposals for the ecological rehabilitation, preservation and restoration of small rivers - tributaries of various orders of the transboundary Ural River – were substantiated.

Keywords: small river, basin, economic activity, research, degradation, influencing factors, environmental conditions, Ural River basin.