

УДК 338:502

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БАСЕЙНОВ РЕК
В ИНТЕГРИРОВАННОМ УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ****Гудкова Н.К., Матова Н.И., Горбунова Т.Л.***ФГБНУ «Институт природно-технических систем» (филиал), Сочи, e-mail: lelj06@yandex.ru*

В целях научно обоснованной адаптации принципов и инструментов интегрального управления водными ресурсами к конкретным условиям территории поставлена задача разработки алгоритма выявления и анализа воздействия геологических процессов (как природного, так и антропогенного генеза), происходящих в бассейне водотока, на качество воды реки, состояние речных геобиоценозов и последствий данных процессов для основных водопользователей. Задача решалась на основе сбора, обобщения и анализа архивных, фондовых и публичных материалов геологических, геохимических и геофизических изысканий и других доступных данных мониторинга окружающей среды объекта исследования – бассейна реки Мзымта (Краснодарский край, г. Сочи). Уставлено, что объект характеризуется сложной геоэкологической обстановкой. Наибольшее воздействие на экосистемы водотока оказывает часть геологической среды, вовлекаемая в миграцию в результате техногенеза. Представлен разработанный авторами алгоритм исследований по выявлению негативного влияния геологических процессов на экосистемы рек, а также схема причинно-следственных связей этого процесса с указанием наиболее эффективных комплексных подходов и методов биологического контроля состояния водного объекта, предназначенная для использования лицами, принимающими решение в сфере управления природопользованием и экологии.

Ключевые слова: интегрированное управление водными ресурсами, бассейн водотока, экзогенные геологические процессы, техногенные факторы, биоиндикаторы, биотестирование, алгоритм исследований

**ACCOUNTING FOR THE IMPACT OF THE GEOLOGICAL PROCESSES
OF CATCHMENT BASIN APPLYING INTEGRATED
WATER RESOURCES MANAGEMENT****Gudkova N.K., Matova N.I., Gorbunova T.L.***Branch of Institute of natural and technical systems, Sochi, e-mail: lelj06@yandex.ru*

The goal of identifying and analyzing the impact of geological processes (both natural and anthropogenic genesis) on the river's water quality, state of the river's geobiocenoses and the consequences of these processes for the main water users, occurring within the watercourse catchment area, is stated and solved. The goal was resolved on the basis of collecting, generalizing and analyzing archival, reserved and public materials of geological, geochemical and geophysical surveys and other available environmental monitoring data of the research object – the Mzymta River basin (Krasnodar Territory, Sochi). It was established that the object is characterized by a complex geoeological condition. The most significant impact affecting aquatic ecosystems is caused by the segment of the geological environment that is involved in migration during the technogenesis processes. The research algorithm developed by the authors is presented to identify the negative impact of geological processes on river ecosystems, as well as a scheme of cause-and-effect relationships of this process, indicating the most effective integrated approaches and methods of biological control of the watercourse state. It is intended for use by decision-makers in the field of environmental management and ecology.

Keywords: integrated water resources management, watercourse basin, exogenous geological processes, technogenic factors, bioindicators, biotesting, research algorithm

Прошедшее десятилетие ознаменовалось для агломерации города-курорта Сочи осуществлением крупномасштабного строительства – созданием функциональных сооружений и объектов инфраструктуры для проведения Зимних Олимпийских игр 2014 года, а также трех новых горнолыжных курортов: «Роза Хутор», «Красная Поляна», «Газпром». Основные объекты капитального строительства располагались в бассейне реки Мзымта и ее притоков (Адлерский район города-курорта Сочи).

Последствия массивной строительной деятельности [1], освоения природных территорий в долинах рек с уничтожением природных лесных массивов [2], неадекватные практики утилизации промышленных

и бытовых отходов и землепользования, разработки грунтов в руслах рек, активизации опасных геологических процессов являются весомыми факторами загрязнения водотоков и прибрежной полосы моря.

Принципы интегрального управления водными ресурсами (ИУВР) взяты в качестве методологической платформы данного исследования в силу того, что ИУВР определяется как «процесс, который способствует скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними ресурсами с целью максимизации результирующего экономического и социального благосостояния на справедливой основе без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем» [3], что осо-

бенно актуально на исследуемой территории. В то же время анализ результатов исследований, проектов и программ в области ИУВР, осуществлявшихся в нашей стране и за рубежом, показал, что вопросу влияния геологических процессов, в том числе опасных, происходящих в бассейне водотока, на состояние гидробиоценозов, условия водопользования и интересы водопользователей отдельного внимания не уделялось [4, 5]. Актуальность разрабатываемой методики заключается в том, что она предназначена для использования лицами, принимающими решение в сфере управления природопользованием и охраной окружающей природной среды и не являющимися специалистами в области наук о Земле, с акцентом на использование возможностей, предоставляемых цифровизацией экономики, в том числе проектом Минстроя РФ «Умный город».

Цель исследования – учесть влияние геологических процессов бассейнов рек в интегрированном управлении водными ресурсами с помощью алгоритма идентификации и анализа основных геологических процессов бассейна водотока, оказывающих значимое воздействие на состояние воды и развитие биогеоценозов реки. Это исследование представляет собой второй этап формирования инструмента ИУВР – научно обоснованной методики оперативной интерпретации данных мониторинга состояния реки, основанного на интегральных индикаторах динамики естественных биологических сообществ водоемов и методах управления качеством [6].

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования была выбрана река Мзымта, поскольку по этому объекту уже накоплено достаточно большое количество информации, которая может быть использована для анализа. Кроме того, строительство олимпийских объектов в долине р. Мзымты является очень характерным примером интенсивного антропогенного воздействия на водные системы. Начиная с 2000-х гг. авторами проводились исследования природных процессов, развивающихся в долине р. Мзымты, в том числе в ходе комплексных геологических и геоэкологических изысканий Северо-Кавказского геоэкологического центра ГУП «Кубаньгеология» за период с 2000 по 2005 г., проводившихся под руководством одного из авторов статьи Н.К. Гудковой. Начиная с 2015 г. авторами проводились исследования природных процессов, развивающихся в долине р. Мзымты, а также характера природопользования в зоне ее водостока как пример комплекс-

ного, мультифакторного воздействия техногенеза на реку и качество водных ресурсов в период масштабного олимпийского строительства и экспансии туристической индустрии на ранее малонарушенные природные территории. Кроме этого, для анализа были привлечены материалы, касающиеся мониторинга геоэкологического состояния Черноморского побережья Кавказа за период с 2005 по 2020 г. [7–9]. В 2019 г. было проведено рекогносцировочное обследование территории. На основе обобщения и анализа всей совокупности собранных данных методом экспертной оценки была проведена идентификация наиболее значимых геологических факторов негативного влияния на водные экосистемы. Для определения комплексного воздействия выявленных геологических и техногенных факторов на гидробиоценозы были применены методы биоиндикации и биотестирования.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного анализа были идентифицированы три группы геологических факторов, потенциально оказывающих наиболее негативное воздействие на биотопы р. Мзымты (таблица).

Геологические факторы негативного влияния и его последствия для водных экосистем

Факторы	Последствия для водных экосистем
Экзогенные геологические процессы	Увеличение мутности вод за счет взвешенных веществ, заиление донного субстрата, увеличение концентраций загрязнителей в воде, аккумуляция токсикантов и биогенов в донных осадках
Геохимические аномалии	Загрязнение воды и донных осадков растворенными в воде примесями
Техногенез	Взвешенные вещества, заиление дна, загрязнение воды и донных осадков растворенными в воде примесями

Экзогенные геологические процессы. Эрозия наиболее активно проявляется в низовьях реки, где боковая эрозия захватывает высокую пойму и первую надпойменную террасу. В последнее время для горной части исследуемой территории был выявлен рост оползневой и селевой активности, что связано со строительными работами на склонах реки, сопровождающимися рубкой деревьев, подрезкой склонов и, как следствие, активизацией опасных склоновых процессов [2]. Кроме того, эти процессы участву-

ют в переносе химических веществ и тем самым в расширении загрязнения водных экосистем.

Геохимические аномалии. Долина р. Мзымты расположена в зоне, характеризующейся наличием в горных породах геохимических аномалий – участков с повышенным содержанием ртути, меди, свинца, цинка, хрома, марганца и др. Во время строительства новых объектов и сооружения дорог склоны подрезаются на глубину 3–5 м, в зависимости от уклона рельефа, что ведет к активизации обвально-осыпных и оползневых процессов и переносу загрязняющих веществ в русло реки.

Техногенез, включающий всю совокупность техногенной деятельности, усиливает потоки химических элементов и соединений, которые вносят дисбаланс в процессы водных экосистем. В дополнение к тому, что техногенез обуславливает химическое и физическое загрязнение водного объекта, он часто приводит к дестабилизации водных экосистем, нарушая механизмы их саморегуляции, изменяя скорость протекания геологических и геохимических процессов.

Для оценки нагрузки на водоем необходим интегральный подход, позволяющий определить влияние загрязнителей на биоту [10, 11]. В наших предыдущих работах отражена динамика деградации водотока р. Мзымты от верхнего течения к устью [12]. Результаты исследований указывают на то, что воздействие фактора геохимической аномалии на показатели токсичности воды усиливается в присутствии другого фактора – наличия повышенного содержания взвешенных веществ, вызванного как экзогенными геологическими процессами, так и техногенезом [13, 14].

Группа техногенных факторов, появляющихся в связи с хозяйственной деятельностью человека, находится во взаимодействии с геологическими факторами, часто интенсифицирует их. Кроме того, последствия, вызванные геологическими факторами, в природном водоеме обычно проявляются в комплексе, синергично влияя друг на друга. В дополнение к тому, что техногенез вызывает химическое и физическое загрязнение водного объекта несравнимо в большей степени, чем природные причины, он часто является причиной изменения условий развития биоценозов в относительно короткое время, а также изменения прибрежных биологических сообществ, тесно связанных с гидробиоценозами, температуры воды и направления потока.

В результате был сделан вывод о том, что механизм управления водопользованием должен совершенствоваться с учетом

негативного воздействия геологических процессов на водные экосистемы [15]. Исследование данного процесса рекомендуется проводить по следующему алгоритму действий.

1. Сбор архивных, фондовых и опубликованных материалов геологических, геохимических и геофизических изысканий и других доступных данных о результатах мониторинга окружающей среды исследуемого бассейна природного водотока за период 15–20 лет.

2. Рекогносцировочное обследование исследуемого бассейна реки с использованием топографической основы в масштабе 1:25 000 или 1:10 000.

3. Обобщение и анализ всех собранных материалов и результатов рекогносцировочного обследования бассейна природного водотока.

4. Идентификация факторов негативного влияния на экосистему исследуемого водотока, связанных с геологическими процессами, аномалиями и техногенезом.

5. Оценка степени и характера негативного влияния выявленных групп факторов на экосистемы реки с использованием интегральных методов биологического анализа.

6. Создание матрицы в форме таблицы, содержащей геологическую, геохимическую и экологическую информацию, а также сведения о последствиях негативного влияния трех групп факторов на водные экосистемы.

7. Создание на основе полученных данных векторного слоя «Геологические процессы» в территориальной геоинформационной системе. Рекомендуется детализировать представление информации об объектах слоя (выявленных опасных геологических процессах и явлениях) с целью отображения синергизма воздействия на гидробиоценозы различных геологических факторов. Для удобства различных групп пользователей рекомендуется обобщение и представление полученной информации в виде схем, содержащих три цвета: красный – территории, где выявлено активное действие всех трех групп факторов, желтый – выявлено активное действие двух групп факторов, зеленый – выявлено активное действие только одной группы факторов.

На основании проанализированного в работе материала разработана схема, описывающая последствия воздействия основных геологических факторов на экосистемы реки, реакции биологических сообществ на измененные условия обитания, а также представляющая наиболее эффективные комплексные подходы и методы контроля

экологического состояния водного объекта, учитывая, что физико-химические методы позволяют оценить характеристики воды/грунта/седиментов в конкретный момент времени, но не дают представления о процессах, протекающих в гидробиоценозах, как реакция на изменения среды обитания (рисунок). Схема определяет геологические факторы как первичные, так как именно они, как правило, определяют дальнейшие цепи взаимосвязей процессов, происходящих в естественном водотоке и зоне его бассейна, ими определяется естественный химический состав воды и ее изначальные физические свойства. Геологические параметры служат своего рода фундаментом для формирования любого естественно-геобиотопа. Так как ответные реакции на изменения условий существования биотопа чрезвычайно сложны, то, чтобы понять динамику в структуре и функционировании биологических сообществ, необходимо применение ряда интегральных биоиндикаторных подходов – наиболее информативные и целесообразные для применения в условиях горных рек теплого влажного климата приведены на рисунке.

Набор биологических методов включает в себя как собственно биоиндикаторные,

определяющие характеристики видового богатства, устойчивости сообщества и его толерантности к эвтрофикации, так и методы биотестирования среды с использованием в качестве тест-объектов организмов различных экологических групп.

Заключение

Долина реки Мзымты как объект исследования характеризуется интенсивным развитием экзогенных геологических процессов, наличием локальных геохимических аномалий техногенного и природного генеза и высокой техногенной нагрузкой, связанной в первую очередь с капитальным расширением туристской деятельности в бассейнах рек.

Выявлено, что негативное воздействие геологических процессов заключается в повышении концентраций в реке взвешенных веществ, токсикантов и биогенов, а также в пролонгации их действия в водных системах и аккумуляции в донных субстратах, что служит причиной негативных реакций гидробионтов как на организменном уровне, так и на уровне необратимых последствий для гидробиоценозов реки при повторяющихся или постоянных воздействиях.

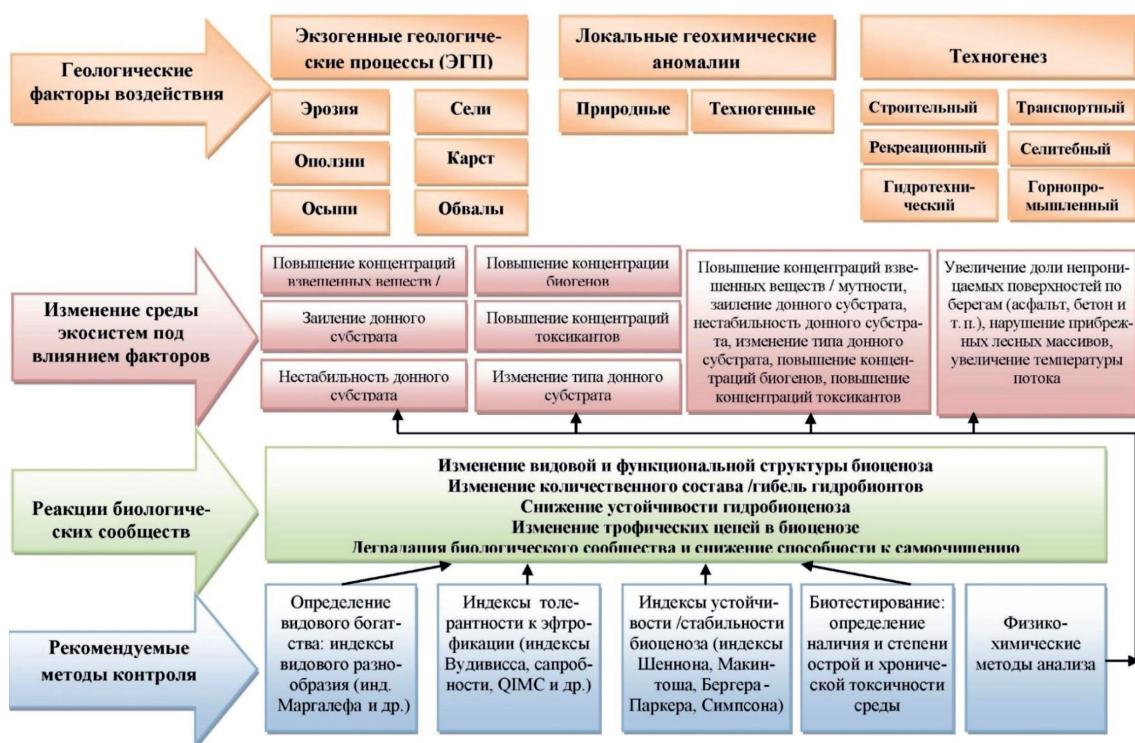


Схема процесса воздействия основных геологических факторов на экосистемы реки и формирования реакции биологических сообществ на измененные условия обитания с указанием методов контроля экологического состояния водного объекта (составлена авторами)

На основании проанализированного в работе материала разработан алгоритм исследований по выявлению негативного влияния геологических процессов на экосистемы рек и схема, описывающая последствия воздействия основных геологических факторов на реки, а также представляющая наиболее эффективные комплексные подходы и методы контроля состояния водного объекта.

Результаты данного междисциплинарного исследования могут стать основой совершенствования системы информационного обеспечения для принятия управленческих решений в сфере природопользования и охраны окружающей среды, эффективность которых зависит от понимания направлений, механизмов и последствий реакции природы на усиливающееся антропогенное воздействие.

Список литературы

1. Гудкова Н.К. Идентификация факторов негативного влияния на водные экосистемы в условиях расширения курортов в Сочинском регионе // *Успехи современного естествознания*. 2020. № 9. С. 46–51. DOI: 10.17513/use.37469.
2. Битюков Н.А., Шагаров Л.М. Влияние рубок главного пользования на водный баланс малых водосборов в буковых лесах Северо-Западного Кавказа // *Лесоведение*. 2020. № 4. С. 314–326. DOI: 10.31857/S0024114820040026.
3. Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership. Technical Advisory Committee (TAC). TAC Background Paper. Stockholm. 2000. No. 4. 71 p. P. 22.
4. What is the IWRM ToolBox? Global Water Partnership. 2 February 2017. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gwp.org/en/learn/iwrm-toolbox/About_IWRM_ToolBox/What_is_the_IWRM_ToolBox (дата обращения: 25.08.2021).
5. Тарасенко В.С., Волкова Н.Е., Иванютин Н.М. Интегрированное управление водными ресурсами – путь к улучшению водохозяйственной обстановки в Республике Крым // *Экология и промышленность России*. 2020. № 9. Т. 24. С. 64–71. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-9-64-71.
6. Горбунова Т.Л., Матова Н.И. Методология мониторинга и управления экологическим состоянием рек с использованием интегральных биоиндикаторов и методов управления качеством // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2020. Т. 12. № 4 (46). С. 483–492. DOI: 10.21117/1998-4502-2020-12-4-483-492.
7. Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2014 г. / Информационный сайт о состоянии недр Российской Федерации. 2015. [Электронный ресурс]. URL: http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html (дата обращения: 25.08.2021).
8. Государственный мониторинг состояния недр территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в 2015 г. / Информационный сайт о состоянии недр Российской Федерации. 2016. [Электронный ресурс]. URL: http://geomonitoring.ru/Sochi/aboutotchet_29.html (дата обращения: 25.08.2021).
9. Результаты гидрохимических и гидробиологических наблюдений за состоянием поверхностных вод рек, расположенных в зоне строительства олимпийского комплекса г. Сочи за 2010 г. / РОСВОДРЕСУРСЫ. Технический отчет ФГУ «Кубаньмониторингвод» и НИИ прикладной, экспериментальной экологии Кубанского госагроуниверситета. 7 с. 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://voda.mnr.gov.ru/activities/detail.php?ID=6021> (дата обращения: 25.08.2021).
10. Grdzlishvili N., Kvaratskhelia L. Methodological features and problems of assessment of tourist and recreational resources of the territory. *Science of Europe*. 2020. No. 60–3. P. 3–5. DOI: 10.24412/3162-2364-2020-60-3-3-5.
11. Галачиева С.В., Соколов А.А., Соколова О.А., Махашева С.А. Система оценки устойчивого развития региональных народнохозяйственных комплексов горных территорий // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2018. № 3 (37). Т. 10. С. 329–335. DOI: 10.21117/1998-4502-2018-10-3-329-335.
12. Горбунова Т.Л. Анализ трансформации гидробиоценозов рек в регионах с рекреационно-туристской специализацией // *Актуальные направления сбалансированного развития горных территорий в контексте междисциплинарного подхода: материалы I Международной научной конференции (г. Карачаевск, 27–29 сентября 2019 г.)*. 2019. С. 232–237.
13. Gorbunova T.L. Analysis of toxicity of iron-titanium opencast mining and concentration site discharge. Actual problems of humanitarian and natural science. 2017. Т. 6. С. 7–16.
14. Folorunso O.P., Daramola A.S. Understanding the Influence of Stream-Flow, Suspended Solids, and Turbidity on Water Quality of OSE River, ONDO State. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*. 30 October 2020. Vol. 7, Issue 10. P. 28–32. DOI 10.17148/IARJSET.2020.71004.
15. Гудкова Н.К., Ренева М.И. Алгоритм исследования территорий с опасными геологическими процессами в Сочинском регионе // *Грозненский естественнонаучный бюллетень*. 2019. Т. 4. № 3(17). С. 34–40. DOI: 10.25744/genb.2020.17.3.004.