

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА ДОНУЗЛАВ

Иванютин Н. М.

CURRENT ECOLOGICAL STATE OF LAKE DONUZLAV

Ivanyutin N. M.

Аннотация

Введение. Морская береговая зона Республики Крым постоянно подвергается интенсивной антропогенной нагрузке. В ее пределах сосредоточена значительная часть промышленного, сельскохозяйственного и рекреационного потенциала, в ней циркулируют интенсивные товарно-транспортные потоки, происходит добыча и использование природных ресурсов: биологических, минеральных, водных, рекреационных. В результате человеческой деятельности прибрежные экосистемы подвергаются сильному техногенному воздействию, а отсутствие научно-обоснованного плана развития морской береговой зоны и управление ее экономикой с игнорированием условий экологической безопасности (отсутствие полноценной системы экологического мониторинга) уже сейчас привели отдельные участки моря и береговой зоны к неблагоприятной экологической ситуации. **Методы.** В данной работе приведены результаты комплексного изучения экологического состояния озера Донузлав, которые охватывали исследования загрязнения морской воды, донных отложений, а также планктонных и бентосных сообществ. **Результаты.** В результате проведенных исследований было выявлено загрязнение донных отложений лимана тяжелыми металлами: медью, цинком, ртутью (1,1–1,2 ПДК), железом (1,2–2 ПДК), а также нефтепродуктами (1,6–14 ПДК). Водная среда верховья озера была загрязнена сульфатами до 3,8–4,2, хлоридами — до 2,2–2,9, фосфатами — до 1,22–1,64, БПК₅ — до 1,5, ХПК — до 5–29 ПДК, что может свидетельствовать о попадании в водоем хозяйственно-бытовых стоков. Одной из самых острых проблем озера является разработка подводного песчаного карьера, которая продолжается и в настоящее время. **Заключение.** Общегосударственная система мониторинговых наблюдений проводится по сокращенному перечню показателей, по которому невозможно судить о современном экологическом состоянии экосистемы лимана. В конце работы приведена карта-схема расположения точек наблюдения предлагаемой нами системы мониторинга акватории озера и прилегающей к нему части Черного моря.

Ключевые слова: озеро Донузлав, экологическое состояние, загрязнители, геологическая среда, донные отложения, система мониторинга.

Abstract

Introduction. The marine coastal zone of the Republic of Crimea is constantly exposed to intensive anthropogenic pressure. A significant part of the industrial, agricultural and recreational potential is concentrated within its borders, intensive commodity-transport flows circulate in the area, natural resources (biological, mineral, water, recreational) are extracted and used here. As a result of human activity, coastal ecosystems are exposed to severe anthropogenic impact, and the lack of a scientifically-based plan for the development of the marine coastal zone and its economic management with disregard for the conditions of environmental safety (lack of a comprehensive environmental monitoring system) have already led to an unfavorable environmental situation in certain areas of the sea and coastal zone. **Methods.** The paper presents results of a comprehensive study on the ecological state of Lake Donuzlav, which covered studies on seawater pollution, bottom sediments, as well as plankton and benthic communities. **Results.** As a result of the studies, contamination of the estuarine bottom sediments with heavy metals (copper, zinc, mercury — 1.1–1.2 MAC, iron — 1.2–2 MAC) and oil products (1.6–14 MAC) was revealed. The aquatic environment of the upper reaches of the lake was polluted with sulfates up to 3.8–4.2, chlorides — up to 2.2–2.9, phosphates — up to 1.22–1.64, BOD₅ — up to 1.5, COD — up to 5–29 MAC, which may indicate the ingress of domestic wastewater into the water body. One of the most acute problems of the lake is the development of an underwater sandpit, which continues to this day. **Conclusion.** Monitoring observations at the national level are conducted using a reduced list of indicators. Therefore, it is impossible to judge the current ecological state of the estuary ecosystem. At the end of the paper, there is a map showing the location of monitoring points of the monitoring system for the lake area and the adjacent part of the Black Sea.

Keywords: Lake Donuzlav, ecological state, pollutants, geological environment, bottom sediments, monitoring system.

Введение

Озеро Донузлав расположено в северо-западной части Крымского полуострова (рис. 1) и по географическому положению относится к Тарханкутской группе минеральных озер [15].

По происхождению лиман относится к водоемам морского типа. Он образовался в следствие

затопления морем прибрежной балки с последующим отделением её от моря песчаной косой (длина пересыпи около 12,5 км, ширина 0,3 — 1 км). Площадь озера составляет около 48 км². Большие размеры озера, удобные бухты и большая глубина стали главными основаниями для прокладки в 1961 году судоходного канала через

косу и постройки в его бассейне портов, развитие рекреационной деятельности.

Целевое назначение геоэкологических исследований связано с ухудшением экологического состояния озера Донузлав и прилегающей акватории Черного моря; необходимостью получения реальных данных о масштабах разработки подводного карьера строительных песков; проведением экологической экспертизы возможности постройки новой портовой инфраструктуры в районе озера.

Цель работы — изучить экологическое состояние геологической среды озера Донузлав, проследить изменения, произошедшие в ней под влиянием антропогенной деятельности, дополнить и дать рекомендации по внедрению системы экологического мониторинга.

Задачи исследования: собрать и проанализировать имеющуюся информацию по экологическому состоянию геологической среды (ГС) озера Донузлав; провести морские экспедиционные и полевые исследования озера с отбором проб донных отложений и воды с поверхностного и придонного горизонтов; проанализировать антропогенную деятельность в акватории и на побережье озера и выявить возможные источники поступления загрязнителей в ГС; дополнить систему экологического мониторинга и дать рекомендации по ее внедрению для улучшения экологического состояния в районе озера Донузлав.

История исследований. Начало изучения прибрежной зоны Западного Крыма относится к первой половине XIX века. Одной из первых публикаций является работа В. Ю. Руммеля

1889 г. [18], в которой приведены результаты наблюдений за литодинамической обстановкой в регионе. Подробное изучение озер Крыма, в том числе озера Донузлав, проводили А. И. Дзенс-Литовский [14], Н. А. Айбулатов [1] и др.

Одними из самых крупных работ по исследованию озера были отчеты В. М. Романенко, О. М. Туреги, А. Т. Черногора [25, 26]. В них представлены данные по гидрологии бассейна, геологии и геоморфологии, приведены результаты спектрального анализа донных отложений озера и его взморья.

В начале 2000-х годов выходит ряд статей по гидрологии и гидрохимии озера Донузлав [5, 10, 11, 17 и др.].

Результаты изучения техногенного загрязнения озера Донузлав, в том числе влияние на экосистему озера добычи песка, представлены в работах [8, 9, 12, 19, 23].

Огромный вклад в решение экологических проблем Крыма, в том числе и района озера Донузлав внесли известные крымские ученые В. С. Тарасенко, А. Н. Олиферов, В. Г. Ена, В. В. Юдин, Ю. Г. Юровский и др. По их мнению, на базе Донузлавского региона необходимо создать новый крупный природоохранно-рекреационный комплекс [20, 21].

Одними из последних работ, посвященных озеру Донузлав, являются работы Н. Н. Дьякова [6] и С. С. Жугайло, Т. М. Авдеева и др. [8].

Методы и материалы

Климатические условия. Климат района обусловлен особенностями атмосферной циркуляции, влиянием суши и моря. Район Западного

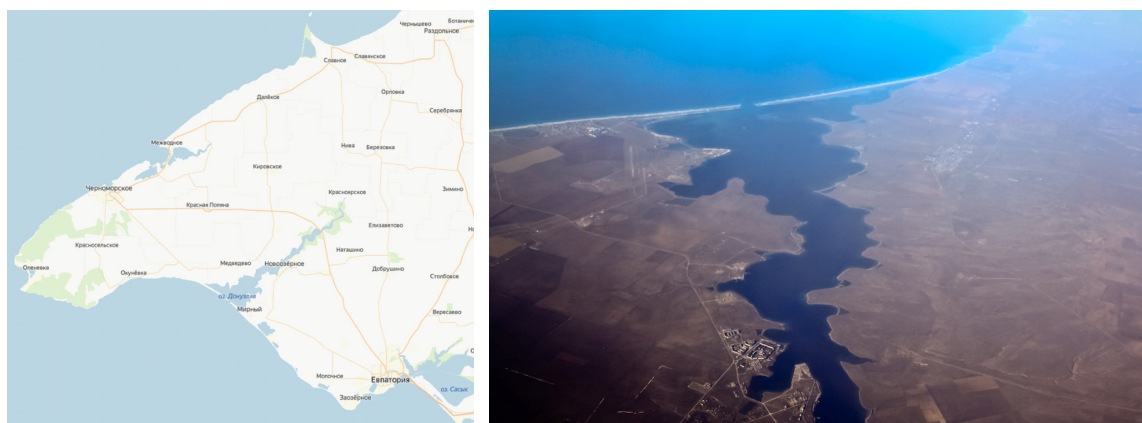


Рис. 1. Месторасположение озера Донузлав

Крыма расположен в умеренном климатическом поясе. Оценивая климатические условия Западного Крыма, следует отметить, что они весьма благоприятны для различных видов человеческой деятельности (рекреация, сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность и пр.), которые ведут к загрязнению акватории и берегов региона.

Гидрологический и гидрохимический режим вод озера Донузлав. Донузлавский лиман до соединения с Черным морем представлял собой водоем с соленостью около 90 ‰. После прорытия канала соленость воды стала понижаться и за 10 лет сравнялась со значениями в Черном море — 18–19 ‰. Только в верховье лимана из-за регулярного притока пресных подземных и поверхностных вод соленость снижается до 3–5 ‰. Из-за высоких диапазонов солености озеро характеризуется большим видовым разнообразием, которое включает морские, пресноводные и солоноватоводные виды [22]. Исследования М. С. Немировского и Н. П. Ковригиной [17], посвященные системе водной циркуляции, позволяют сделать вывод о том, что воды лимана, загрязненные различными поллютантами (НП, СПАВ, фенолами, тяжелыми металлами и др.) могут свободно, через канал, оказываться в Черном море и вовлекаться в систему циркуляции.

Геоморфологические условия. Западное побережье Крыма простирается по равнинному побережью от Севастополя до м. Тарханкут. Морфологический анализ берегов Западного Крыма свидетельствует о деградации всех аккумулятивных образований береговой зоны, что связано с возросшей антропогенной деятельностью (добыча строительных материалов, рекреационная деятельность) в регионе. Стихийная индивидуально-санаторная организация берегозащиты и неупорядоченное строительство бун и волноотбойных стенок, дноуглубительные работы в порту, рефулирование песков (перекачка землесосом-рефулером разжиженного грунта по трубопроводу) без обеспечения байпасинга (перемещение береговых наносов от наветренной стороны залива к его подветренной стороне и наоборот) привели к активизации абразии и размыву берегов Евпаторийской аккумулятивной дуги, а также к загрязнению этого региона раз-

личными видами поллютантов, которые попадают в акваторию при проведении морских работ.

Морские экспедиционные исследования проводились на судне «БГК-1569», в мелководных заливах озера на шлюпке «BRIG 6С». В соответствии с целями и задачами исследований проводились: изучение химического состава донных отложений, поверхностного и придонного горизонтов морских вод; гидробиологические исследования, гидроакустическое профилирование (с помощью профилографа «Stratabox» изучался геологический разрез приповерхностного горизонта пород); эхолотирование (с использованием эхолота «Simrad EA-400P» была создана трехмерная модель рельефа морского дна). Анализ материалов эхолотирования позволил установить реальные границы подводного карьера, давно уже вышедшие за допустимые контуры добычи песков.

Отбор проб донных осадков проводился согласно ГОСТ 17.1.5.01–80 [3] с использованием дночерпателя ДЧ-0,025 и драги. Учитывая специфику и опыт проведения экологических исследований, в донных осадках определялись: тяжелые металлы: свинец, ртуть, кадмий, медь, хром, СПАВ, НП, фенолы.

Пробы воды согласно ГОСТ 17.1.3.07–82 [4] отбирали из придонного и поверхностного горизонтов пластиковым батометром Ван-Дорна. В пробах воды определяли следующие показатели: температуру, pH, соленость, концентрацию взвешенных веществ, БПК₅, тяжелые металлы (свинец, ртуть, кадмий, медь, хром), НП, фенолы, СПАВ.

Пробы морской воды и донных осадков отбирались по сети станций, равномерно распределенных по району исследований (рис. 2).

Гидробиологические исследования выполнялись для изучения видового и количественного состава бентосных организмов. В ходе этих работ живые организмы в донных отложениях были выявлены только в одной из 15 проб.

Одни из наиболее информативных объектов при экологическом мониторинге морских экосистем — донные отложения. Поступающие в водоем поллютанты аккумулируются именно в донных осадках, которые являются своеобразным индикатором экологического состояния экосистем и интегральным показателем уровня загрязнения водного объекта [13].

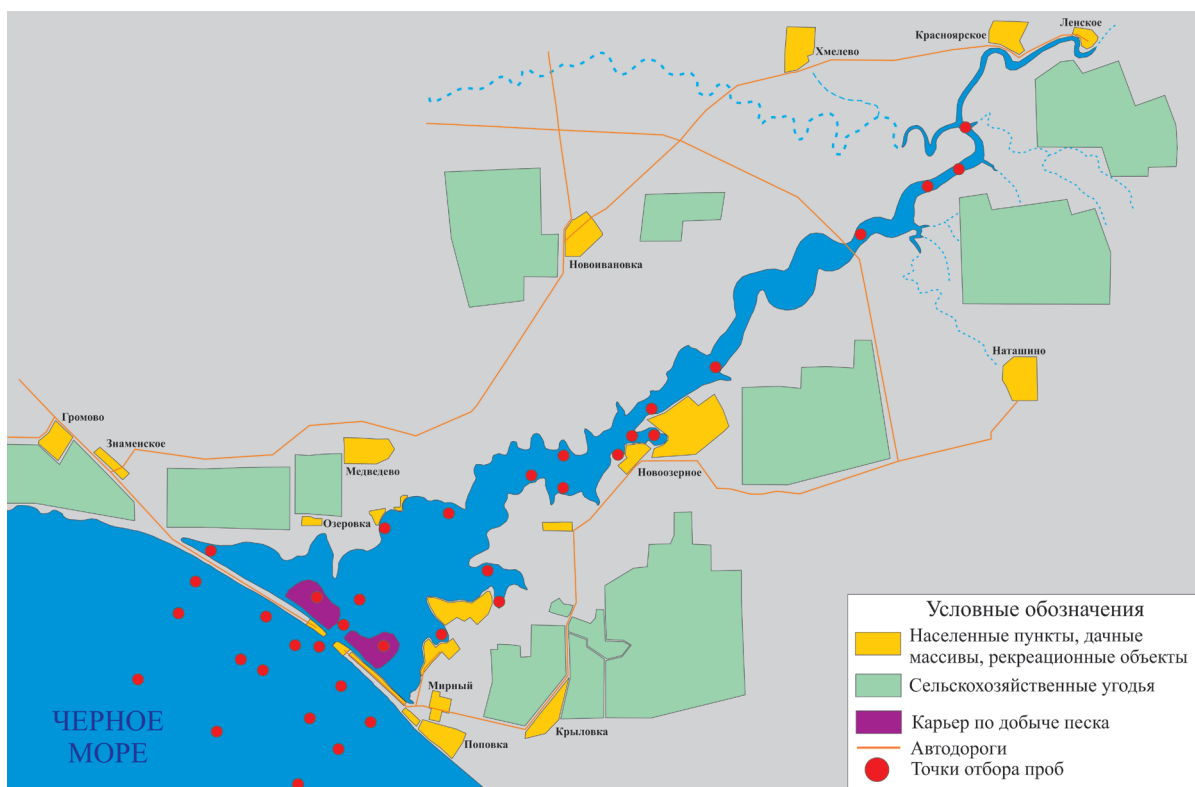


Рис. 2. Расположение станций отбора проб воды и донных осадков в районе озера Донузлав и его взморья

Для морских донных отложений в России в настоящее время не существует нормативно закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ, поэтому оценка степени загрязнения донных отложений проводилась в соответствии с европейскими нормативами загрязненности грунтов [27]. Оценка экологического состояния водной толщи проводилась в соответствии с [16]. Содержание тяжелых металлов определялось в стационарной лаборатории атомно-абсорбционным методом на приборе «Hitachi Z-7000».

Результаты исследования и обсуждение

В связи с усилением антропогенной деятельности в регионе (увеличение численности населения, нарастающая рекреационная активность в береговой зоне, продолжающаяся добыча песка в озере и др.) особенно остро встали экологические проблемы озера. Все эти виды человеческой деятельности привели к загрязнению берегов, вод и донных осадков лимана несвойственными природной среде поллютантами и, в конечном итоге, к деградации морских экосистем.

Донные отложения. После изучения архивных материалов [25, 26], нам удалось провести статистические расчеты распределения тяжелых металлов в донных отложениях и установить их фоновые концентрации (табл. 1, рис. 3).

Таким образом установлено, что большинство исследуемых элементов I и II классов опасности (**Pb, Cu, Ni, Cr, Mo**) достигали **аномальных концентраций**, превышающих фоновые показатели (Сф) и европейские нормативы.

В распределении аномалий по акватории выявлены закономерности, которые в первую очередь связаны с распространением илистых отложений и приуроченностью к мелководным частям озера. Так, например, аномалии Pb в донных отложениях выявлены на мелководных участках (глубины менее 5 м). Наибольшее количество аномалий было обнаружено в северо-западной приустьевой части лимана [22]. Выявленные аномалии были как моно-, так и полиэлементные. Наиболее часто встречающейся была ассоциация Cr, V, Ti, иногда дополняемая Ni и Zn. Pb, в основном, встречался в виде моноэлементных аномалий небольших размеров. Средние концен-

Таблица 1

Статистические характеристики распределения тяжелых металлов в донных отложениях озера Донузлав в 80-е годы XX века, мг/кг

Элемент	ПДК по [27]	Класс опасности	Содержание элемента			Медиана, Сф	Стандартное отклонение, S	Сф+S	Сф+2 S	Сф+3 S
			Среднее	Минимальное	Максимальное					
Pb	85	I	93,4	5	500	80	48,4	128,4	176,8	225,2
Zn	140	I	85	50	500	50	63	113	176	239
Ni	35	II	96,7	5	400	80	63,9	143,9	207,8	271,7
Mo	–	II	11	5	100	10	9,9	19,9	29,8	39,7
Cu	35	II	85,2	4	500	80	53,2	133,2	186,4	239,6
Cr	100	II	77	5	700	50	82,9	132,9	215,8	298,7
Ba	200	III	6660	500	120000	5000	7900	129000	20800	28700
V	–	III	49,1	5	350	30	53,7	83,7	137,4	191,1
Mn	–	III	13840	320	50000	10000	9150	19150	28300	37450

Примечание. Жирным выделены концентрации элементов, превышающие ПДК.

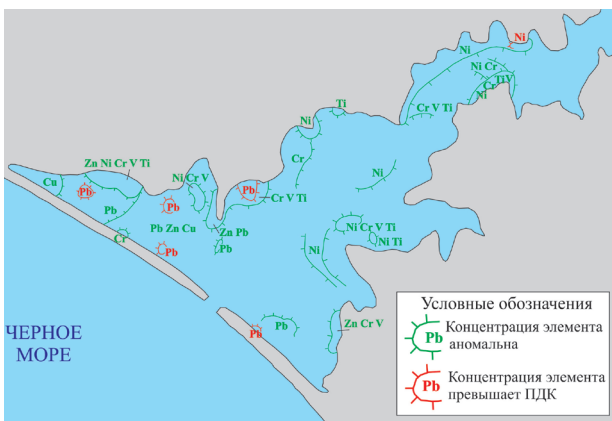


Рис. 3. Схема распределения повышенных концентраций тяжелых металлов в донных осадках озера Донузлав по архивным данным 1980–1989 гг.

трации Pb, Ni, Cu и Ba превышали допустимые нормы.

Распределение тяжелых металлов в период проведения исследований было неравномерное, что может указывать на точечные источники поступления поллютантов (рис. 4). Донные отложения юго-восточной части лимана загрязнены в большей степени, чем северо-западной. Аномалии образуют почти все изученные элементы, в том числе I и II классов опасности.

У северо-западного побережья озера выявлена аномальная ассоциация элементов — Cr, Ni. В северо-западной приустьевой части она допол-

няется As, Zn, Cu, V, Ti, НП. У юго-восточного побережья к указанным ассоциациям присоединяются Hg, Cd и Pb. Наиболее загрязненным является участок лимана, который расположен северо-восточнее пгт. Новоозерное, у бывших причалов военной базы. Здесь выявлены высокие концентрации Hg, Cd, As, Zn, Pb, Cu, Ni, НП, что ведет к созданию катастрофической экологической ситуации. Осадки восточного приустьевых залива загрязнены меньше.

Данные ФГБНУ «ЮгНИРО» [12] подтверждают продолжающееся загрязнение отдельных участков лимана тяжелыми металлами, НП и хлорорганическими соединениями. Если сравнивать концентрацию НП с европейскими нормативами, то окажется, что эти значения превышали норму в 1999 г. в 21,4, а в 2015 г. в 5,8 раз.

Исследования Азовского НИИ рыбного хозяйства [8] также свидетельствуют, что экосистема лимана испытывает высокую антропогенную нагрузку. Даже после ликвидации базировавшейся там базы Черноморского флота, последствия ее существования испытываются экосистемой озера до настоящего времени. Основные факторы антропогенного пресса: эксплуатация подводного песчаного карьера, сброс недостаточно очищенных сточных вод, рекреационная и сельскохозяйственная деятельность. Согласно результатам химического анализа превышают норматив-

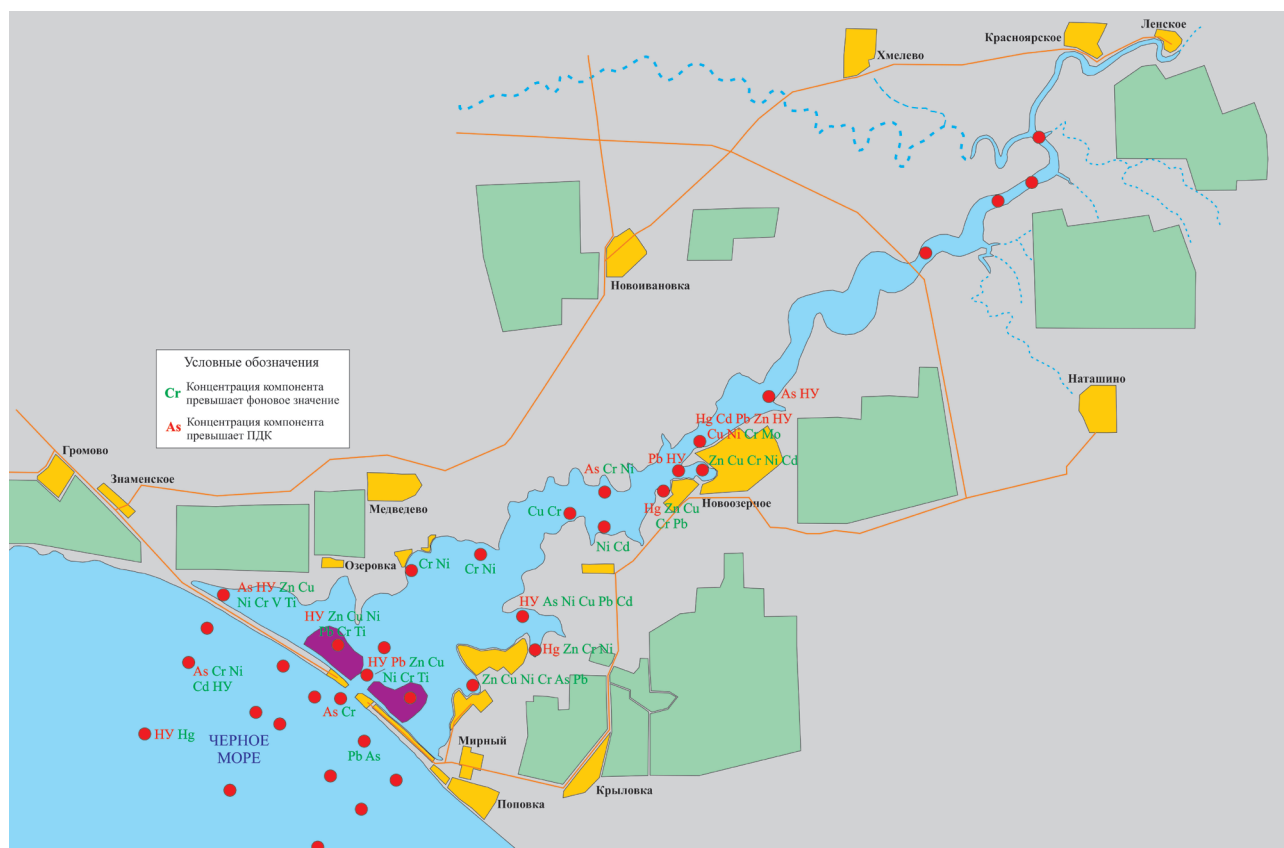


Рис. 4. Схема распространения повышенных концентраций загрязнителей в донных отложениях лимана Донузлав и прилегающей части Черного моря

ные значения содержания меди (1,3 ПДК), цинка (1,2 ПДК), НП (14 ПДК).

Сопоставляя все приведенные в разделе данные о содержании загрязнителей в донных отложениях озера, можно констатировать, что, начиная с 80-х годов прошлого века, произошло увеличение концентраций всех исследуемых компонентов, что является следствием постоянного возрастания антропогенной нагрузки на экосистему водоема. Это связано с ежегодным ростом численности населения, постоянно проживающего в районе, а также с повышением рекреационной популярности и промышленного освоения территории.

Водная среда. В придонном слое воды были изучены наиболее опасные тяжелые металлы I и II классов опасности (Cu, Hg, As, Cd, Cr, Pb, Zn, Ni, Co). Кадмий в количестве $<0,001$ – $0,13$ мкг/дм³ (среднее содержание $0,055$ мкг/дм³) в водах лимана был обнаружен в трех пробах. В Черном море Cd обнаружен в четырех пробах из четырнадца-

ти с максимальным содержанием $0,108$ мкг/дм³. Повышенная концентрация была приурочена к каналу и распространялась на взморье к северо-западу вдоль Северной косы. Содержание свинца в лимане достигало $0,68$, в море — $0,78$ мкг/дм³. В фарватере судоходного канала концентрация свинца составляла $0,42$ – $0,68$ мкг/дм³. В море небольшое обогащение придонных вод Pb также наблюдалось возле прорана и по обе стороны от него. Средняя концентрация в море составляла $0,27$ мкг/дм³, что значительно ниже ПДК. Цинк с концентрацией до $4,1$ мкг/дм³ был выявлен в двух пробах в озере и с содержанием $1,0$ – $8,8$ мкг/дм³ в шести пробах в море. Такие значения не превышают нормативные и составляют $0,176$ ПДК. Хром с концентрацией $0,13$ – $0,55$ мкг/дм³ был обнаружен только в трех пробах моря возле пролива. Концентрация Co, Ni, As, Cu, СПАВ, НП находилась ниже чувствительности аналитического метода, что не позволило выявить закономерности их распределения.

В 2016 году автором проведены исследования вод верховья озера Донузлав, результаты которого приведены в табл. 2.

В результате проведенных исследований выявлено загрязнение верховья озера различными поллютантами. Так, содержание сульфатов во всех пробах превышало допустимые нормы в 3,8–4,2, хлоридов — 2,2–2,9, фосфатов — в 1,22–1,64, БПК₅ — 1,5, ХПК — 5–29 раз, что может свидетельствовать о попадании в водоем хозяйственно-бытовых стоков. Также выявлена повышенная концентрация магния — до 3,3 ПДК. Содержание фторидов превышало нормы в 6–7,4 раз. Такая высокая концентрация вероятно связана со сбросом в озеро коллекторно-дренажных вод с сельскохозяйственных полей (фторид натрия (в составе с другими компонентами) широко применяется в качестве средства для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур и грызунами). Содержание цинка в 3 пробах превышало нормативы в 1,6–2,2 раза.

Приведенный химический состав свидетельствует о высоком уровне антропогенной нагрузки, оказываемой на верховье озера, что может отрицательно влиять на всю экосистему водоема, так как эти воды распространяются на весь водоем.

В процессе исследований выявлены источники поступления поллютантов в ГС озера. Наиболее крупные техногенные объекты — порт «Донузлав» и Евпаторийский грузовой порт с их

инфраструктурой, канал, соединяющий озеро Донузлав с Черным морем, а также карьер по добыче песка площадью около 7,5 % акватории лимана. Добыча песка в озере началась в 1962 году и на начало 1998 года было извлечено всего около 16,5 млн м³ песка, что позволяет продолжать разработку месторождения [9]. Добыча осуществляется методом рефулирования, который приводит к заилению лимана, взмученности толщи воды, изменению рельефа дна и увеличению глубины. Кроме этого, возникает потенциальная опасность вторичного загрязнения водной толщи и животного мира минеральными, органическими и токсическими компонентами, которые содержатся в добываемых строительных материалах [7]. С целью изучения влияния добычи песка на состояние экосистемы лимана сотрудниками института морских биологических исследований проводились комплексные гидробиологические исследования [2, 9]. Авторы пришли к выводу, что подводная добыча песка методом рефулирования приводит к полному разрушению донных сообществ. Самым негативным фактором добычи является полное исчезновение Плоской (европейская или рядовая) устрицы, которая занесена в Красную книгу Республики Крым. По данным исследований ИМБИ в лимане происходит размножение, нагул и зимовка ряда ценных промысловых видов рыб, таких как кефалевые, камбалы, сельдь, осетровые и черноморские

Таблица 2

**Результаты химического анализа вод озера Донузлав, мг/дм³
(в таблице приведены элементы концентрации которых превышали ПДК)**

Компонент	ПДК [16]	Точка № 1	Точка № 2	Точка № 3	Точка № 4
Сухой остаток	–	2228	2072	1900	1812
Сульфаты	100	422	413	413	384
Хлориды	300	888	817	710	667
Кальций	180	188	176	188	168
Магний	40	126	131	112	117
Натрий	120	117,49	122,65	107,16	112,31
БПК ₅	2,0	1,3	2,99	1,32	2,95
ХПК	15	390	225	435	75
Нитриты	0,08	0,058	<0,03	0,142	0,182
Фосфаты	0,05	0,048	0,082	0,061	0,061
Фториды	0,05	0,37	0,34	0,31	0,3
Марганец	0,01	0,12	0,05	0,08	0,07
Цинк	0,01	0,009	0,021	0,016	0,022
НП	0,05	0,025	0,026	0,019	0,019

Примечание. Жирным выделены концентрации элементов, превышающие ПДК.

креветки. Ихтиофауна лимана составляет более 1/4 части всех видов и подвидов рыб, встречающихся в Черноморско-Азовском регионе [7].

Морскими исследованиями также было выявлено нарушение пространственного размещения геохимических видов ландшафтов в приустьевом районе лимана [22], там, где в 80-х годах XX века преобладали песчаные отложения, в настоящее время картируются илы. Это можно связать с переотложением в этом районе илистой фракции мутьевых потоков, которые формируются при разработке песчаного карьера с использованием рефулеров. Анализ модели рельефа морского дна, полученной при эхолотировании показал, что разработка песка в подводном карьере уже происходит за пределами месторождения.

Несмотря на возражения представителей крымской науки, экологов и общественности, добыча песка продолжается до настоящего времени, на что указывают космоснимки, представленные на рис. 5.

По мнению специалистов, Донузлав характеризуется высоким уровнем биологической продуктивности, благоприятными природными условиями, является перспективным водоемом для организации естественного рыбоводства и развития марикультуры водорослей, беспозво-

ночных и рыб. Поэтому мониторинг состояния прибрежного макрофитобентоса и сообществ основных первичных продуцентов в комплексе с исследованием химического состава водных ресурсов и донных отложений является экологически важной региональной задачей.

Мониторинг района озера Донузлав и предложения по его усовершенствованию. Одной из главных задач, на решение которой направлена программа Общегосударственной системы наблюдений за состоянием окружающей среды (ОГСН), является регулярный фоновый мониторинг экологического состояния морских экосистем.

Шельфовая зона Крыма входит в «зону влияния» Севастопольского отделения Государственного океанографического института имени Н. Н. Зубова (СО ГОИН). Также в рамках государственного задания исследования в регионе проводит Керченский филиал Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»).

В прибрежной зоне Крыма в 2000–2013 гг. в связи с отсутствием финансирования, выходом из строя и износом практически всего имеющегося лабораторного оборудования, а также отсутствием научного флота мониторинговые



Рис. 5. Колонна грузовиков, готовящаяся к погрузке песка на Северной косе озера Донузлав (в колонне насчитывается 45 автомобилей)

исследования были почти полностью свернуты и только в 2015–2016 гг. были проведены исследования по сокращенному перечню показателей [6], по которому невозможно судить о современном экологическом состоянии экосистемы лимана. В период апрель–октябрь 2015–2017 гг. сотрудниками ФГБНУ «АзНИИРХ» проводились исследования в южной части (6–13 станций), а в 2017 г. в верховье (3 станции) и срединной части (6 станций) озера [8].

На наш взгляд, исследований за счет существующего бюджетного финансирования для такого важного объекта республики недостаточно.

На рисунке 6 приведена карта-схема расположения точек предлагаемой нами системы мониторинговых исследований в акватории озера и его взморье.

Система точек мониторинга должна включать районы: судоходного канала, который расположен в центральной части озера, карьера, населенных пунктов и объектов рекреационного комплекса, верховья озера, а также участок Черного моря, расположенный вблизи лимана (для изучения влияния вод озера на море).

Заключение

В. Т. Трофимов [24] выделяет четыре экологические функции литосферы: ресурсную, геодинамическую, геохимическую, геофизическую. После проведенных исследований установлено, что все эти функции в регионе нарушены.

Во-первых, нарушена ресурсная функция, так как еще с середины прошлого столетия в Евпаторийском заливе и озере Донузлав идет добыча песка, а в последнее время стали интенсивно использоваться земельные и рекреационные ресурсы Западного Крыма.

Загрязнению от застройки побережья, туристско-экскурсионной деятельности подвергается береговая зона (отходы жизнедеятельности, бытовой и строительный мусор, пластик, стекло и т. д.), далее этот мусор зачастую попадает в акваторию моря. Морские работы приводят к загрязнению акватории и донных отложений тяжелыми металлами, НП и другими поллютантами. В процессе горнодобывающей и рекреационной деятельности в акваторию моря попадают различные виды загрязняющих веществ, которые нарушают геохимическую функцию, изменяя хи-

мические и физические свойства морской воды и донных отложений.

Добыча полезных ископаемых в акватории Каламитского залива и озере Донузлав, строительство вдольбереговых укреплений, зарегулирование рек (Кача, Черная, Булганак, Альма) привели к изменению геодинамической (уменьшение и перераспределение потока наносов, усилившие процессы абразии береговой зоны) и геофизической функций.

Для улучшения экологического состояния озера Донузлав необходимо:

- Провести полную перепись объектов, оказывающих влияние на экологическое состояние озера: не канализованные населенные пункты (с количеством населения и объемами хозяйственно-бытовых стоков), промышленные предприятия (карьеры, порты, объекты развития марикультуры и т. д.), объекты рекреационного комплекса (лагеря, пансионаты, санатории, базы отдыха и развлечений), сельскохозяйственные объекты (поля, сады, фермы и др.).

- Разработать стратегию (программу) развития рыбохозяйственного, рекреационного и промышленного освоения озера, которая учитывает интересы всех направлений и жестко регламентирует хозяйственную деятельность.

- Ликвидировать свалки хозяйственно-бытового и строительного мусора, которыми охвачена как северная, так и южная коса Донузлавской пересыпи.

- Запретить хищническую разработку подводного месторождения строительных песков, особенно способом рефулирования.

- Система комплексного геоэкологического мониторинга должна включать как морские (озерные), так и наземные исследования (для выявления возможных источников поступления поллютантов в акваторию озера, изучение современного экологического состояния береговой зоны).

- Морские экспедиционные исследования необходимо проводить с привлечением специалистов разного профиля (гидрохимии, гидробиологи, экологи, геологи). Это необходимо для удовлетворения одного из самых главных принципов мониторинга — комплексности.

- В состав комплексных морских мониторинговых исследований должны быть включены

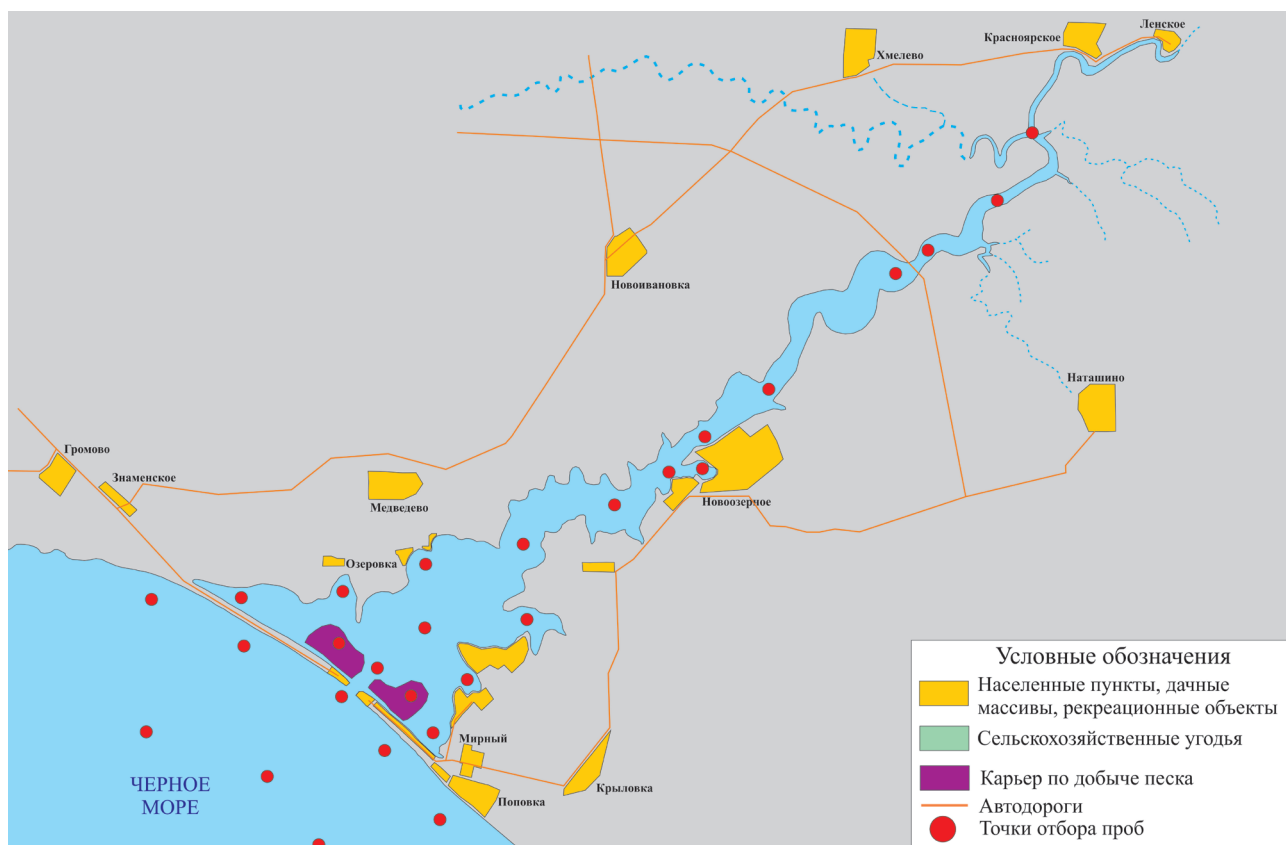


Рис. 6. Карта-схема расположения точек предлагаемой нами системы мониторинговых исследований в акватории озера и его взморье

ны следующие компоненты экосистем: аквальные, геолого-геоморфологические, азральные, газовые и гидробиологические. Для изучения современного геоэкологического состояния водных объектов необходимо исследовать: воды (придонный и поверхностный горизонт), донные отложения, зоо- и фитопланктон, зоо- и фитобентос.

В настоящее время слишком много примеров, когда чрезмерный антропогенный пресс, особенно на экосистемы полузамкнутых водоемов, приводит к снижению биологического разнообразия, нарушению структурно-функциональных характеристик, а в отдельных случаях к их полной деградации, утрате рыбохозяйственного, рекреационного, оздоровительного потенциала и естественной природной привлекательности.

Финансирование

Работы выполнены в рамках диссертационного исследования и государственного задания № АААА-А16-116022610115-4.

Литература

1. Айбулатов, Н. А. (1990). Динамика твердого вещества в шельфовой зоне. Л.: Гидрометеиздат, 272 с.
2. Болтачева, Н. А., Колесникова, Е. А., Малумзян, С. А. и Ревков Н. К. (2003). Влияние добычи песка на разнообразие макрозообентоса лимана Донузлав (западное побережье Крыма). Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор). Севастополь: Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины, сс. 283–288.
3. Государственный комитет СССР по стандартам (1980). ГОСТ 17.1.5.01–80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. М.: ИПК Издательство Стандартов, 7 с.
4. Государственный комитет СССР по стандартам (1982). ГОСТ 17.1.3.07–82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. М.: Издательство Стандартов, 10 с.
5. Гребнева, Е. А., Полонский, А. Б. и Серебренников, А. Н. (2016). Неоднородности гидрологических характеристик акватории, прилегающей к западному побережью Крыма, по данным экспедиционных исследований на ГС «Донузлав» в июне 2016 года. Системы контроля окружающей среды, № 4 (26), сс. 68–73.

6. Дьяков, Н. Н., Коршенко, А. Н., Мальченко, Ю. А., Липченко, А. Е. Жилиев, Д. П. и Боброва С. А. (2018). Гидрологические и гидрохимические условия шельфовых зон Крыма и Кавказа в 2016–2017 гг. Труды государственного океанографического института, № 219, сс. 66–87.
7. Еремеев, В. Н. и Болтачев, А. Р. (2005). Потенциальные перспективы Донузлава в качестве центра сохранения биоразнообразия, марикультуры, рекреации и экотуризма. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, № 13, сс. 151–158.
8. Жугайло, С. С., Авдеева, Т. М., Пугач, М. Н. и Аджиумеров, Э. Н. (2018). Состояние качества водной среды и донных отложений озера Донузлав в современный период. Водные биоресурсы и среда обитания, Т.1, № 1, сс. 32–38.
9. Зуев, Г. В. и Болтачев А. Р. (1999). Влияние подводной добычи песка на экосистему лимана Донузлав. Экология моря, Т. 48, сс. 5–9.
10. Ковригина, Н. П. и Немировский, М. С. (1999). Гидрохимическая характеристика вод озера Донузлав по данным 1990–1997 гг. Экология моря, Т. 48, сс. 10–14.
11. Кочергин, А. Т., Загайный, Н. А. и Крискевич, Л. В. (2017). Изменчивость гидрометеорологических характеристик озера Донузлав (п-ов Крым) в 2016 г. Труды ВНИРО, Т. 166, сс. 151–158.
12. Котельянец, Е. А., Гурув, К. И., Тихонова, Е. А. и Соловьева, О. В. (2017). Некоторые геохимические показатели донных отложений прибрежной акватории под влиянием антропогенного фактора (на примере бухты Казачья, г. Севастополь). Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о земле, Т. 27, № 1, сс. 5–13.
13. Кравченко, Е. И. и Назимко, Е. И. (2016). Экологотоксикологическое состояние толщи воды и донных отложений озера Донузлав и их влияние на рекреационные возможности. В: Сборник научных трудов научно-практической конференции для студентов и молодых ученых «Молодая наука», сс. 230–232.
14. Курнаков, Н. С., Кузнецов, В. Г., Дзенс-Литовский, А. И. и Равич М. И. (1936). Соляные озера Крыма. Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 278 с.
15. Курнаков, Н. С., Кузнецов, В. Г., Дзенс-Литовский, А. И. и Равич М. И. (1936). Соляные озера Крыма. Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 278 с.
16. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (2016). Приказ № 552 от 13.12.2016 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 153 с.
17. Немировский, М. С. и Ковригина, Н. П. (2000). Динамика вод озера Донузлав. Экология моря, Т. 51, сс. 10–13.
18. Руммель, В. Ю. (1900). Керчь — глубокий порт, судоходный канал от р. Кубани к Анапе, Сухум: результаты изысканий, произведенных в 1896–1897 гг. Материалы для описания русских коммерческих портов и истории их сооружения, выпуск 30. СПб.: Управление водяных и шоссейных сообщений и торговых портов, 42 с.
19. Соловьева, О. В., Тихонова, Е. А. и Миронов, О. А. (2017). Содержание нефтяных углеводородов в прибрежных водах Крымского полуострова. Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия, Т. 3 (69), № 3, сс. 147–155.
20. Тарасенко, В. С. и др. (2014). Экология Крыма. Угрозы устойчивому развитию. План действий. Симферополь: Ариал, 183 с.
21. Тарасенко, В. С. и др. (2014). Устойчивый Западный Крым. Крымские золотые пески. Симферополь: Бизнес-Информ, 472 с.
22. Тихоненкова, Е. Г. и Иванютин, Н. М. (2008). Влияние антропогенной деятельности на экологическое состояние геологической среды и геохимические ландшафты озера Донузлав. Ученые записки Таврического Национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География, Т. 21 (60), № 3, сс. 359–365.
23. Тихоненкова, Е. Г., Пасынков, А. А. и Иванютин, Н. М. (2010). Закономерности распределения загрязняющих веществ в водах озера Донузлав и сопредельных участков Черного моря. Геология и полезные ископаемые мирового океана, № 4, сс. 75–84.
24. Трофимов, В. Т. и Зилинг, Д. Г. (2002). Экологическая геология. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 415 с.
25. Турега, О. Н. (1982). Отчет по предварительной и детальной разведке Донузлавского месторождения строительных песков Крымской области по состоянию на 01.09.1981. Симферополь: Крымгеология, 82 с.
26. Черногор, А. Т. (1989). Поисково-оценочные работы на строительные пески в северной части лимана Донузлав Крымской области. Отчет Керченской морской поисково-съёмочной партии за 1987–1989 гг. Симферополь: Крымгеология, 109 с.
27. Warmer, H. and van Dokkum, R. (2002). Water pollution control in the Netherlands: policy and practice 2001. Lelystad: RIZA, 75 p.

References

1. Aibulatov, N. A. (1990). Dynamics of solid matter in the shelf zone. Leningrad: Gidrometeoizdat, 272 p.
2. Boltacheva, N. A., Kolesnikova, E. A., Malumzyan, S. A. and Revkov, N. K. (2003). Sand output influence on the macrozoobenthos diversity in the Donuzlav shallow bay (western Crimean coast). In: Modern condition of biological diversity in near-shore zone of Crimea (the Black Sea sector). Sevastopol: Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine, pp. 283–288.
3. State Committee of the USSR for Standards (1980). State Standard GOST 17.1.5.01–80. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis. Moscow: ИПК Издательство Standartov, 7 p.
4. State Committee of the USSR for Standards (1982). State Standard GOST 17.1.3.07–82. Nature protection. Hydrosphere. Procedures for quality control of water in reservoirs and stream flows. Moscow: Издательство Standartov, 10 p.
5. Grebneva, E. A., Polonsky, A. B. and Serebrennikov, A. N. (2016). Hydrological characteristics of the waters adjacent to

the west coast of Crimea, according to research expeditions to the HS "Donuzlav" in June 2016. *Monitoring Systems of Environment*, No. 4 (26), pp. 68–73.

6. Dyakov, N. N., Korshenko, A. N., Malchenko, Yu. A., Lipchenko, A. E., Zhilyaev, D. P. and Bobrova, S. A. (2018). Hydrological and hydrochemical conditions of the Crimean and Caucasus shelf zones in 2016–2017. *SOI Proceedings*, No. 219, pp. 66–87.

7. Eremyev, V. N. and Boltachev, A. R. (2005). Potential prospects of Donuzlav as the center for preservation of biodiversity, mariculture, recreation and ecotourism. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources*, No. 13, pp. 151–158.

8. Zhugaylo, S.S., Avdeeva, T. M., Pugach, M. N. and Adzhumerov, E. N. (2018). Current state of water quality and bottom sediments in lake Donuzlav. *Aquatic Bioresources and Environment*, Volume 1, No. 1, pp. 32–38.

9. Zuev, G. V. and Boltachev, A. R. (1999). Influence of underwater quarrying of sand on the Donuzlav estuary ecosystem. *Ecology of the Sea*, Volume 48, pp. 5–9.

10. Kovrigina, N. P. and Nemirovsky, M. S. (1999). Hydrochemical characteristic of the Lake Donuzlav waters based on data of 1990–1997. *Ecology of the Sea*, Volume 48, pp. 10–14.

11. Kochergin, A. T., Zagayny, N. A. and Kriskevich, L. V. (2017). Variability of hydrometeorological conditions in Donuzlav Lake (Crimea) in 2016. *Trudy VNIRO*. Volume 166, pp. 151–158.

12. Kotelyanets, E. A., Gurov, K. I., Tikhonova, E. A. and Soloveva, O.V. (2017). Some geochemical indicators of sea bottom sediments in coastal waters under the influence of anthropogenous factor (using Kazachya bay, Sevastopol, as an example). *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, Volume. 27, No. 1, pp. 5–13.

13. Kravchenko, E. I. and Nazimko, E. I. (2016). Ecological and toxicological state of the water column and bottom sediments in Donuzlav Lake and their influence on recreational opportunities. In: Proceedings of the Scientific and Practical Conference for Students and Young Scientists "Young Science" ("Molodaya Nauka"), pp. 230–232.

14. Kurnakov, N. S., Kuznetsov, V. G., Dzents-Litovskiy, A. I. and Ravich M. I. (1936). Salt lakes of the Crimea. Moscow, Leningrad: USSR Academy of Sciences Publishing House, 278 p.

15. Kurnakov, N. S., Kuznetsov, V. G., Dzents-Litovskiy, A. I. and Ravich M. I. (1936). Salt lakes of the Crimea. Moscow, Leningrad: USSR Academy of Sciences Publishing House, 278 p.

16. Ministry of Agriculture of the Russian Federation (2016). Order No. 552 dd. 13.12.2016 "Concerning approval of water quality standards for fishery water bodies, including maximum allowable concentrations of hazardous substances in waters of fishery water bodies". Moscow: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 153 p.

17. Nemirovsky, M. S. and Kovrigina, N. P. (2000). Dynamics of Lake Donuzlav waters. *Ecology of the Sea*, Volume 51, pp. 10–13.

18. Rummel, V. Yu. (1900). Kerch — a deep-water port, navigation canal from the Kuban River to Anapa, Sukhum: results of researches conducted in 1896–1897. Materials for description of Russian commercial ports and history of their construction, Issue 30. Saint Petersburg: Department of Waterway and Land Communications, Commercial Ports, 42 p.

19. Soloveva, O. V., Tikhonova, E. A. and Mironov, O. A. (2017). The concentrations of oil hydrocarbons in coastal waters of Crimea. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, Volume 3 (69), No. 3, pp. 147–155.

20. Tarasenko, V. S. et al. (2014). Ecology of Crimea. Threats to sustainable development. Action plan. Simferopol: Arial, 183 p.

21. Tarasenko, V. S. et al. (2014). Sustainable Western Crimea. Crimean golden sands. Simferopol: Biznes-Inform, 472 p.

22. Tikhonenkova, E. G. and Ivanyutin, N. M. (2008). Influence of anthropogenic activity on the ecological state of geological environment and geochemical landscapes of the Donuzlav lake. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Series: Geography*, Volume 21 (60), No. 3, pp. 359–365.

23. Tikhonenkova, E. G., Pasyukov, A. A. and Ivanyutin, N.M. (2010). Peculiarities of the distribution of contaminating matters in the waters of the Lake Donuzlav and adjacent areas of the Black Sea. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, No. 4, pp. 75–84.

24. Trofimov, V. T. and Ziling, D. G. (2002). Ecological geology. Moscow: ZAO Geoinformmark, 415 p.

25. Turega, O. N. (1982). Report on the preliminary and detailed survey of the Donuzlav deposit of construction sands in the Crimea Region as of 01.09.1981. Simferopol: Krymgeologiya, 82 p.

26. Chernogor, A. T. (1989). Prospecting and evaluation works regarding construction sands in the northern part of the Donuzlav estuary in the Crimea Region. Report of the Kerch offshore exploration survey crew for 1987–1989. Simferopol: Krymgeologiya, 109 p.

27. Warner, H. and van Dokkum, R. (2002). Water pollution control in the Netherlands: policy and practice 2001. Lelystad: RIZA, 75 p.

Автор

Иванютин Николай Михайлович

ФГБУН «Научно исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

E-mail: redkolya@mail.ru

Author

Ivanyutin Nikolay Mihaylovich

Research Institute of Agriculture of Crimea

E-mail: redkolya@mail.ru

ORCID: 0000-0001-8009-3857