

УДК [528.92:004.9]+574(470.620)  
DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-6-86-95

## КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ БУХТЫ

*Ольга Николаевна Николаева*

Московский государственный университет геодезии и картографии, 105064, Россия, г. Москва, Гороховский пер., 4, доктор технических наук, профессор кафедры картографии; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования; Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А. Н. Костякова, 127550, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 19, профессор кафедры экологии, тел. (913)744-36-37, e-mail: onixx76@mail.ru

*Алексей Викторович Евграфов*

Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А. Н. Костякова, 127550, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 19, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии, тел. (499)976-09-37, e-mail: Evgrafov-aleksey@mail.ru

*Ирина Михайловна Евграфова*

Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет), 129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инженерных изысканий и геоэкологии, тел. (495)287-49-14, e-mail: irina-sen811@yandex.ru

В статье рассмотрен опыт создания серии цифровых экологических карт Геленджикской бухты. Указана роль экологического картографирования при исследовании состояния и причин загрязнения морских вод. Приведено описание объекта исследования и источников техногенного воздействия на окружающую среду в районе исследования. Кратко охарактеризованы гидрологические и гидрохимические исследования, проводившиеся в районе работ для получения исходных данных, перечислены организации – участники исследования и использовавшиеся методы сбора данных. Охарактеризовано общегеографическое и тематическое содержание цифровых экологических карт, созданных по материалам исследований, представлены фрагменты и легенды карт. Изложены выводы, сделанные с помощью созданных карт в сфере установления возможных причин формирования различных типов загрязнения морских вод в Геленджикской бухте. Намечены дальнейшие перспективы исследования.

**Ключевые слова:** картографический метод исследования, экологическое картографирование, цифровые карты, ГИС, морская экология, морские порты, загрязнение морских вод, гидрохимические наблюдения

### *Введение*

Прибрежные экосистемы Черного моря подвергаются постоянному и интенсивному техногенному воздействию. Российские регионы, имеющие выход к Черному морю, активно развивают широкий спектр морехозяйственной деятельности, такие как водный и трубопроводный транспорт различного назначения, рыболовство, подводная добыча нефти и газа, туризм (в том числе неорганизованный) и рекреация [1, 2]. Берега Черного моря густо заселены, что формирует допол-

нительную нагрузку на морскую экосреду в виде промышленных и коммунально-бытовых сточных вод (причем последние часто осуществляются в форме незаконных спусков) [3]. Контролю экологического состояния водной среды на различных участках черноморского побережья посвящено значительное количество работ [4–7].

В решении научно-исследовательских и практических задач по изучению и оптимизации состояния морских экосистем важную роль играет картографический метод исследования, позволяющий визуализировать и моделиро-

вать закономерности пространственного распространения существующих и возможных  $Cl_1, \dots, n$  загрязнений акваторий и толщи морских вод. На сегодняшний день ведется ряд международных и российских программ по наблюдению за экологическим состоянием Черного и Азовского морей, и во многих случаях именно картографическая продукция выступает как результат наблюдений и обработки данных. Например, НИЦ «Планета» с 2003 г. осуществляет аэрокосмический мониторинг Черного и Азовского морей, результаты которого предоставляются в виде фотокарт и картосхем, характеризующих ряд гидрологических и гидрохимических показателей [8, 9]. Методы дистанционного зондирования играют важную роль при мониторинге береговой линии [9] или положения техногенных объектов [10], а также при определении различных показателей качества морских вод [11].

Картографический метод исследования широко используется и при оценке различных аспектов состояния природной среды Черного моря [12–14]. В данной статье представлен опыт использования приемов геоинформационного картографирования экологического состояния Геленджикской бухты. Исследования проводились в рамках социально-экологического мониторинга, предшествовавшего строительству в морском порту Геленджик комплекса сооружений береговой и морской инфраструктуры.

### **Объект исследования**

Геленджикская бухта расположена на восточном побережье Черного моря и имеет форму почти правильного овала, ориентированного с запада-северо-запада на восток-юго-восток. Вход в бухту защищен симметричными выступами береговой линии, что делает ее прекрасным естественным портом. Относительная замкнутость и отрезанность бухты от основной акватории Черного моря обуславливает однородную вертикальную структуру ее вод в плане температуры и солености. Значения оптической мутности в среднем составляют 1,0–2,2 ед. FTU. Во время преобладания северо-восточного ветра силой от 3 до 7 м/с в бухте формиру-

ется выносное течение в сторону Черного моря [15]. Согласно наиболее актуальным данным о физико-географическом районировании акватории Черного моря, бухта входит в северо-восточный район, который отличается наиболее холодным климатом (в силу преобладания в зимний период ветров северо-восточного направления средняя январская температура воздуха колеблется от +2 до +7 °С) и максимальной биологической продуктивностью (биомасса планктона составляет 200–400 мг/м<sup>3</sup> в открытом море, и более 400 мг/м<sup>3</sup> у побережья) [16].

Геленджикская бухта подвергается интенсивному техногенному воздействию. На восточном и юго-восточном побережье бухты расположен город Геленджик с населением около 76 000 чел. (данные 2021 г.). Являясь значимым курортным центром и отличаясь низким уровнем организации коммунально-бытовых сточных вод [17, 18], Геленджик является одним из основных источников биологического загрязнения бухты. Во многих местах селитебная зона города подступает вплотную к береговой линии, что дополнительно усложняет задачи инженерно-экологического проектирования на данной территории. Северный и северо-западный берег бухты также густо обжит, и занят поселками сельского типа с высоким процентом незаконного строительства в водоохраной зоне [2, 19]. Это вносит дополнительный вклад в загрязнение вод бухты соединениями азота [20]. В целом береговая линия бухты сильно сглажена и переработана в ходе человеческой деятельности, местные береговые экосистемы заменены искусственными (пляжами и промышленными зонами). Многочисленные молы, причалы и аналогичные линейные портовые сооружения, глубоко вдающиеся в акваторию, оказывают дополнительное воздействие на процессы морской абразии берегов.

Главным источником техногенного воздействия на воды Геленджикской бухты является ЗАО «Геленджикский морской порт», который занимает акваторию площадью в 18 га в западной части бухты. Здесь находятся гидроаэродром, питомник по разведению рыб, проходит рекомендованный путь для следования судов (рис. 1).

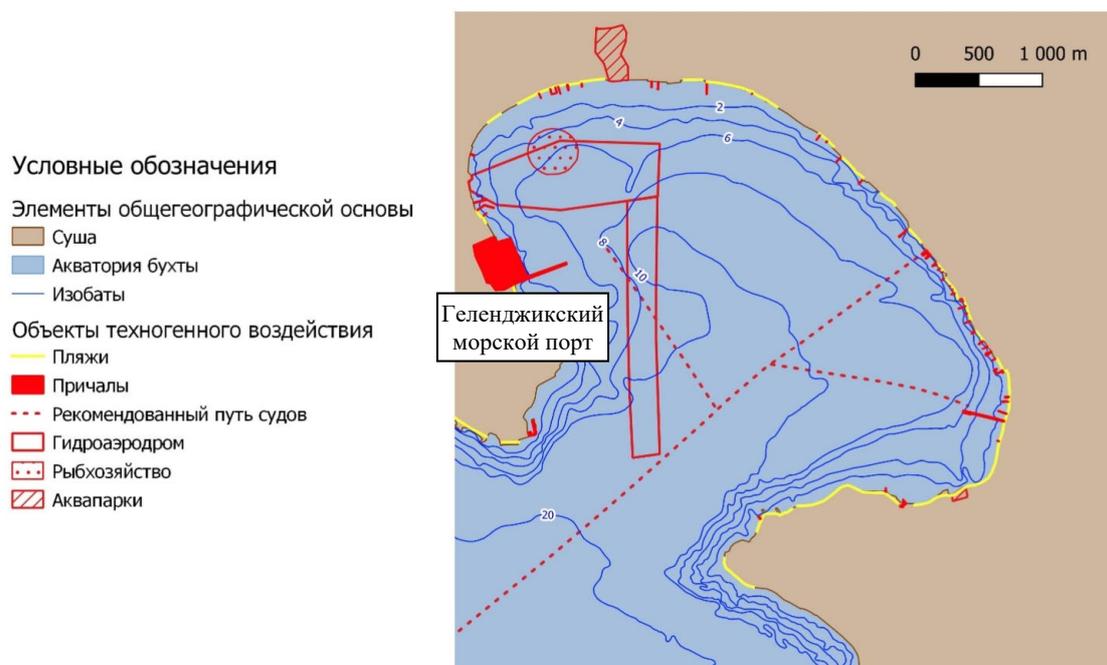


Рис. 1. Источники техногенного воздействия на окружающую среду акватории Геленджикской бухты

В 2015 г. были начаты работы по оптимизации инженерно-технического обустройства Геленджикского морского порта, в связи с чем была начата обширная программа социально-экологического мониторинга, которая включала в себя обширные гидрологические исследования. Ее необходимым этапом являлось получение пространственно привязанных сведений о гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметрах окружающей среды. Поэтому дальнейшим закономерным шагом явилось использование картографического метода исследования для установления закономерностей пространственного распространения полей загрязнения и взаимосвязей между ними.

### Материалы и методы

Процесс социально-экологического мониторинга Геленджикской бухты заключался в регистрации исходных параметров гидрофизических, гидрохимических и санитарно-бактериологических показателей состояния окружающей среды (преимущественно аквальной). Наблюдения проводились следующими организациями: ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемио-

логии в Краснодарском крае»; Геленджикский филиал ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Краснодарском крае»; ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория»; Испытательная лаборатория «АНАЛЭКТ» ФГБУН «Институт токсикологии» ФМБА России; ОАО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ».

На территории бухты было организовано 16 наблюдательных станций, из которых станции 1–9 находились на внутренней акватории бухты, станции 10–12 – в промежуточной зоне между внутренней акваторией и главным входным фарватером и станции 13–16 – на оси входного фарватера. Для каждой станции определены ее координаты (в градусах, минутах и тысячных долях минут географической широты и долготы).

На каждой станции определялись следующие параметры:

- прозрачность воды (с помощью датчика мутности и белого диска);
- скорость и направление течения (с помощью доплеровского профилографа);
- концентрация сульфатов, хлоридов, сухого остатка, взвешенных веществ, нитритного, нитратного и аммонийного азота, фосфора минерального, нефтепродуктов, меди,

марганца, никеля, СПАВ, фенолов, магния, агрессивной углекислоты, а также водородный показатель, биохимическая потребность вод в кислороде, бикарбонатная щелочность. Использовались фотометрический, гравиметрический, титриметрический, турбодиметрический, атомно-абсорбционный, ИК-спектрометрический, экстракционно-фотометрический, потенциометрический методы, а также метод пламенно-эмиссионный спектрометрии. Работы велись в соответствии с РД 52.24.643–2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». Отбор проб воды выполнялся с поверхностного и с придонного слоя морской воды.

Картографическая часть исследований выполнялась в ГИС QGIS, выбранной по причине ее бесплатности и доступности. В качестве исходной картографической основы выступала растровая геопривязанная карта OpenStreetMap, которая является свободно

распространяемой и общедоступной, а потому используется для реализации многих научных проектов в России и за рубежом.

Методами геоинформационного картографирования на основе вышеупомянутой карты была создана базовая векторная основа на район работ, включавшая в себя общегеографическую информацию о береговой линии, селитебной и зеленой зонах, основных объектах техногенного воздействия на акваторию и положении наблюдательных станций. На рис. 2 представлен фрагмент навигационной карты Геленджикской бухты, на котором показано размещение наблюдательных станций.

Дальнейшие исследования также выполнялись в среде QGIS. Были использованы приемы тематического картографирования (способ локализованных диаграмм и построение статистической поверхности) для визуализации данных, полученных на наблюдательных станциях в виде набора цифровых слоев.

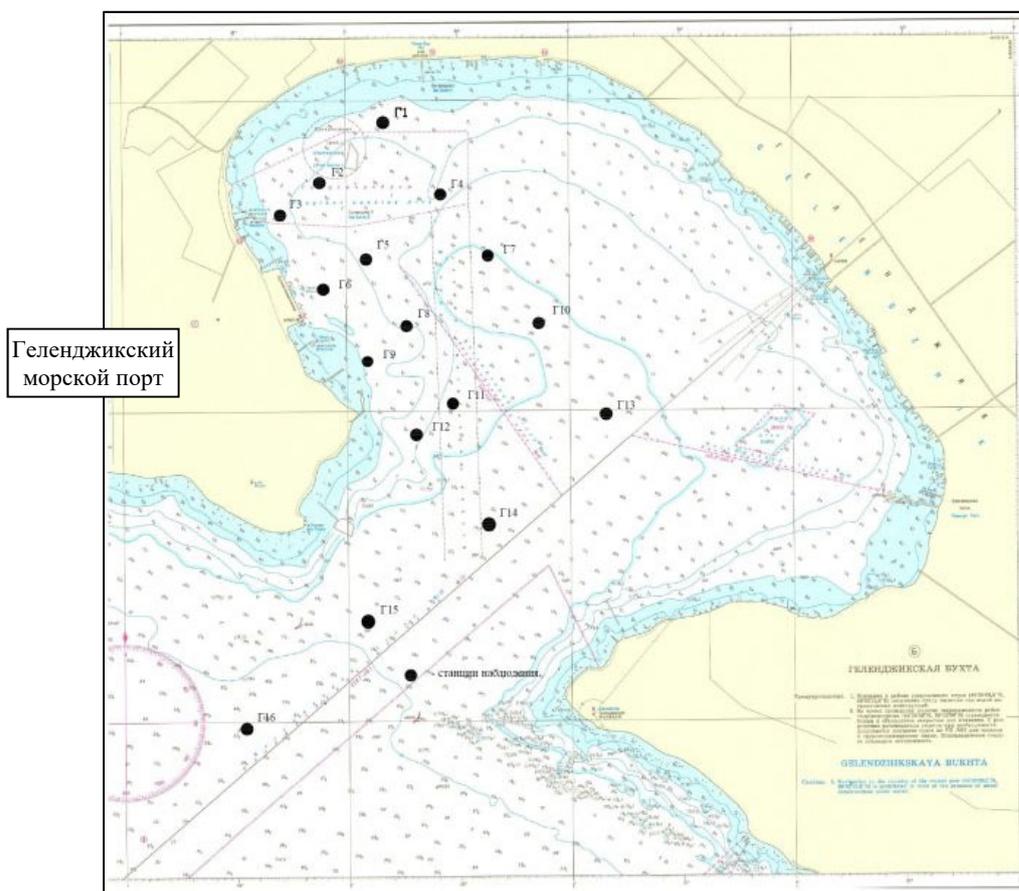


Рис. 2. Схема размещения наблюдательных станций по акватории Геленджикской бухты

### Результаты и обсуждение

В результате картографических работ была сформирована база экологических данных на акваторию Геленджикской бухты, содержащая сведения, определенные в ходе мониторинговых исследований. Выполненная комплексная оценка загрязненности морских вод [15] выявила единичные превышения ПДК минерального фосфора (1,06 ПДК), устойчивую загрязненность нефтепродуктами (до 11,8 ПДК), а также устойчивое повышение концентрации ряда тяжелых металлов в пробах вод придонного горизонта, взятых на станциях 13–15, по сравнению с концентрацией этих же металлов в пробах вод поверхностного горизонта на этих же станциях. Картографическая часть исследований была сконцентрирована на двух последних фактах и посвящена интегрированию и визуализации сведений об источниках техногенного воздействия на акваторию бухты для установления возможных причин формирования вышеописанной экологической обстановки.

Загрязнение нефтепродуктами является одной из наиболее болевших экологических проблем Черного моря [21]. Следует отметить, что Черное море всегда характеризовалось изначально высоким уровнем концентрации углеводородов в воде [22], однако наблюдаемые превышения ПДК нефтепродуктов [15] настолько эпизодичны, что их трудно отнести на счет автохтонного загрязнения углеводородами. К тому же превышение ПДК наблюдается только в поверхностном слое вод внутренней части бухты. На станциях 1–12 количество проб воды из поверхностного горизонта с превышением ПДК нефтепродуктов составляло порядка 60 %, при этом максимальные значения (от 5,4 до 11,8 ПДК) отмечались на станциях Г1, Г3 и Г4, расположенных вблизи побережья. На остальной части района работ превышение ПДК нефтепродуктов колебалось от 1 до 2,6 ПДК.

Картографирование концентраций нефтепродуктов в поверхностном горизонте вод Геленджикской бухты позволило установить, что основной очаг превышений ПДК (наблюдательная станция 1) находится в зоне совместного влияния четырех основных источников воздействия: рыбопитомника, гидроаэропорта, аквапарка «Золотая бухта» и пля-

жей трех санаториев (рис. 3). Второй значительный очаг (наблюдательная станция 3) также расположен в береговой зоне, занятой санаторными и дикими пляжами. Это позволяет предположить, что загрязнение нефтепродуктами формируется за счет водного транспорта, и прежде всего – туристского назначения (в особенности массового неорганизованного туризма). Что касается негативного воздействия Геленджикского морского порта, то на наблюдательных станциях 6 и 9, которые так же, как и станция 3, расположены вблизи него, концентрация нефтепродуктов превышает ПДК незначительно, что может свидетельствовать о достаточной эффективности организации мероприятий по охране морских вод от негативного воздействия регулярного судоходства.

Загрязнение экосистем Геленджикской бухты тяжелыми металлами заключается в наличии меди, марганца и никеля в пробах воды, взятых из поверхностного и придонных горизонтов. По результатам исследований авторов [15], а также альтернативным исследованиям [23, 24], концентрация перечисленных химических элементов незначительно превышает ПДК. Однако на ряде наблюдательных станций отмечается устойчивое превышение концентрации тяжелых металлов в придонном слое воды над их концентрациями в поверхностном слое (станции 7, 10, 13–15, рис. 4), хотя поверхностный слой представляется более подверженным техногенным воздействиям.

Повышение концентраций тяжелых металлов в придонном слое воды может являться проявлением многолетнего накопления этих металлов в донных отложениях. Однако представляется, что в этом случае пространственная картина распределения загрязняющих веществ должна коррелировать с основными особенностями рельефа данной территории. Тем не менее сопоставление данных мониторинга загрязнения акватории бухты и гипсометрической ситуации (см. рис. 4) не подтвердило эту гипотезу. Вышеперечисленные наблюдательные станции находятся на равнинном участке морского дна либо на входе в бухту, который характеризуется значительной шириной и малыми перепадами высот.

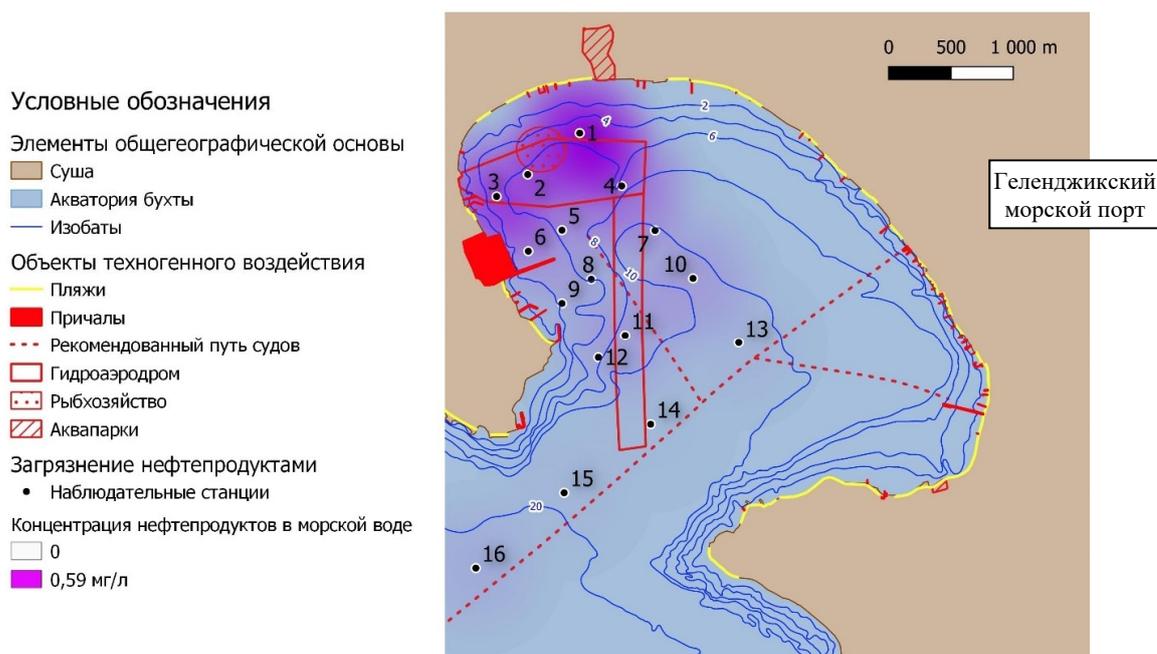


Рис. 3. Загрязнение нефтепродуктами акватории Геленджикской бухты

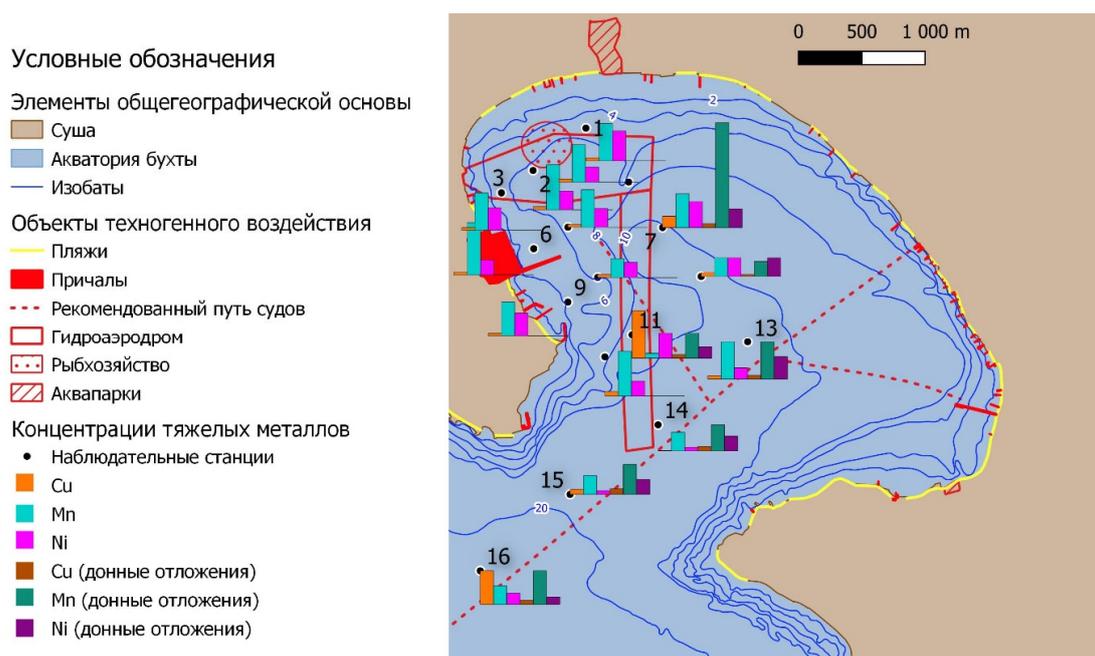


Рис. 4. Загрязнение тяжелыми металлами акватории Геленджикской бухты

Таким образом, местные условия рельефа не способствуют неравномерному накоплению донных отложений.

Комплексирование сведений о загрязнении тяжелыми металлами и техногенных объектах на акватории бухты (см. рис. 4) позволило предположить, что повышенная концен-

трация тяжелых металлов в придонных водах устья бухты связана с воздействием морского транспорта [25] (станции 13–15 лежат рядом с рекомендованным для данной бухты путем следования судов) либо с негативным воздействием линейных инфраструктурных объектов на дне бухты (кабели связи и передачи

электроэнергии). Это предположение будет подтверждено или опровергнуто в ходе дальнейших исследований.

### Выводы

Картографическая визуализация является эффективным инструментом установления взаимосвязей между источниками техногенного воздействия на окружающую среду и формирующихся в ней полей загрязнения. В ходе работ были сформированы цифровая общегеографическая основа, база экологических данных и набор цифровых карт, отображающих пространственные закономерности техногенного загрязнения аквальной среды, и подтверждены ранее выдвинутые гипотезы о влиянии основных источников загрязнения на концентрацию нефтепродуктов и тяжелых металлов в воде и донных отложениях.

Созданные цифровые картографические произведения закладывают основу для формирования ГИС экологического состояния Геленджикской бухты, которая станет инструментарием для решения не только научных, но и производственных задач, связанных с планированием природоохранных мероприятий в прибрежной зоне и обеспечением инженерно-экологических изысканий при проектировании различных инженерных сооружений.

Дальнейшие направления исследований планируются в сфере 3D-моделирования распространения загрязнителей в толще морских вод, а также в дополнении и уточнении сведений об источниках техногенного воздействия и экологическом состоянии компонентов окружающей среды прибрежной полосы суши для детализации исследований их влияния на состояние аквальных экосистем.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кропянко Л. В. Совместимость деятельности приморских городов юга России // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2012. – № 11. – С. 136–141.
2. Вильчинская О. В. Экологические проблемы Азово-Черноморского побережья Краснодарского края // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2010. – № 3. – С. 216–221.
3. Сорокин Ю. И., Закусина О. Ю. Кислотно-растворимые сульфиды в верхнем слое донных осадков северо-восточного шельфа Черного моря: связь с загрязнением и экологические последствия // Океанология. – 2008. – Т. 48, № 2. – С. 224–231.
4. Науменко Т. Н., Штонда И. Ю. Экологическая безопасность прибрежной зоны Черного моря в восточном регионе Большой Алушты // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2010. – № 48. – С. 122–125.
5. Горячих М. В., Андрущенко Е. С. Проблемы модернизации коммунальной инфраструктуры в Республике Крым // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2018. – № 9 (95). – С. 138–145.
6. Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Загрязнение водных объектов Крыма сточными водами // Экология и строительство. – 2018. – № 1. – С. 4–8. doi: 10.24411/2413-8452-2018-00001.
7. Chasovnikov V. K., Chjoo V. P., Ocherednik O. A. et al. Evaluation of the level of technogenic pollution in the coastal zone of the Black Sea near Gelendzhik // Oceanology. – 2016. – Vol. 56. – P. 70–74. doi: 10.1134/S0001437016010021.
8. Карты спутникового мониторинга Черного и Азовского морей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yugmeteo.donpac.ru/monitoring/seasmaps/>.
9. Крыленко В. В., Крыленко М. В. Мониторинг берега Вербяной косы по спутниковым данным // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 169–180.
10. Гарибин П. А., Ольховик Е. О. Разработка методики и аппаратуры для автоматизированного мониторинга планового положения морских причальных сооружений // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 2 (34). – С. 55–64.
11. Аскерова С. А., Гусейнова Р. О. Исследование информативности дистанционного зондирования взвешенных частиц в морских водах при использовании спектрорадиометров со средним пространственным разрешением // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 1. – С. 7–15.
12. Bedritskii A. I., Asmus V. V., Krovotyntsev V. A. et al. Space monitoring of pollution of the Russian sector of the Azov-Black Sea basin in 2008 // Russian Meteorology and Hydrology. – 2009. – Vol. 34. – P. 137–147. doi: 10.3103/S1068373909030017.

13. Römer M., Sahling H., dos Santos Ferreira C. et al. Methane gas emissions of the Black Sea—mapping from the Crimean continental margin to the Kerch Peninsula slope // *Geo-Marine Letters*. – 2020. – Vol. 40. – P. 467–480. doi: 10.1007/s00367-019-00611-0.
14. Kilicoglu A. Gravity Anomaly Map over The Black Sea Using Corrected Sea Surface Heights from ERS1, ERS2 and Topex/Poseidon Satellite Altimetry Missions // *Studia Geophysica et Geodaetica*. – 2005. – Vol. 49. – P. 1–12. doi: 10.1007/s11200-005-1621-9.
15. Евграфов А. В., Евграфова И. М. Гидрологические и гидрохимические наблюдения в составе работ по инженерно-экологическим изысканиям для объектов морских портов // *Природообустройство*. – 2015. – № 3. – С. 86–90.
16. Скребец Г. Н., Павлова С. М. Физико-географическое районирование открытой акватории Черного моря с помощью корреляционного анализа // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 87–96.
17. Беляева О. И. О загрязнении ливневых стоков, поступающих в прибрежную зону Черного моря (обзор) // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 20–27.
18. Никифоров Д. А. Загрязнение Геленджикской бухты сточными водами // *Всероссийский журнал научных публикаций*. – 2011. – № 3 (4). – С. 88–90.
19. Кропянко Л. В. Применение ГИС-технологий для оценки демографической нагрузки на береговую зону южных морей // *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты*. – 2012. – № 1. – С. 35–38.
20. Бородулина П. А., Часовников В. К. Сезонная динамика азотсодержащих веществ в прибрежной зоне Черного моря на примере Геленджикской и Голубой бухт // *Экология гидросферы*. – 2020. – № 1 (5). – С. 10–20.
21. Миронов О. Г. Современные данные по загрязнению прибрежной акватории Азово-Черноморского региона России нефтяными углеводородами // *Юг России: экология, развитие*. – 2020. – № 3 (56). – С. 77–85.
22. Немировская И. А., Полякова А. В., Юхимук В. Д. Распределение и состав углеводородов в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. – 2013. – № 6. – С. 16–22.
23. Часовников В. К., Чжу В. П., Очередник О. А. Анализ концентраций загрязняющих веществ (нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, ХОП, ПАУ, тяжелых металлов и др.) в водной толще и в донных осадках Геленджикской и Голубой бухт // *Некоторые результаты комплексной прибрежной экспедиции «Черное море – 2017» на МНИС «АШАМБА»*. – М. : Институт океанологии им. П. П. Ширшова Российской академии наук, 2018. – С. 67–78.
24. Рябинин А. И., Шибаева С. А., Данилова Е. А. Особенности распределения тяжелых металлов в донных отложениях северо-восточного региона Черного моря // *Морской гидрофизический журнал*. – 2011. – № 1. – С. 67–78.
25. Гурский Ю. Н. Выявление и оценка уровня антропогенных загрязнений на основе геохимического изучения иловых вод морских и пресноводных отложений // *Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология*. – 2017. – № 5. – С. 49–58.

Получено 22.07.2021

© О. Н. Николаева, А. В. Евграфов, И. М. Евграфова, 2021

## **MAPPING THE MARINE POLLUTION: A CASE STUDY IN THE GELENDZHİK BAY**

*Olga N. Nikolaeva*

Moscow State University of Geodesy and Cartography, 4, Gorokhovskiy Per. St., Moscow, 105064, Russia, D. Sc., Professor, Department of Cartography; Siberian State University of Geosystems and Technology, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, Russia, 630108, Professor, Department of Ecology and Environmental Management; Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Institute of Amelioration, Water Management and Construction named after A. N. Kostyakov, 19, Pryanishnikova St., Moscow, 127550, Russia, Professor, Department of Ecology, phone: (913)744-36-37, e-mail: onixx76@mail.ru

**Aleksey V. Evgrafov**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Institute of Amelioration, Water Management and Construction named after A. N. Kostyakov, 19, Pryanishnikova St., Moscow, 127550, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Ecology, phone: (916)814-87-19, e-mail: evgrafov-aleksey@mail.ru

**Irina M. Evgrafova**

Moscow State University of Civil Engineering, 26, Yaroslavskoye Shosse St., Moscow, 129337, Russia, D. Sc., Associate Professor, Professor, Department of Engineering Surveys and Geoecology, phone: (495)287-49-14, e-mail: irina-sen811@yandex.ru

The article describes a case-study in environmental mapping of the Gelendzhik Bay. The role of map representation in the study of causes and effects of marine pollution is indicated. The research object and sources of anthropogenic impact on the environment in the research area are given. Hydrological and hydrochemical studies carried out to obtain the initial data are briefly described, the participators and used methods are listed. The geographic and thematic content of digital environmental maps created on the basis of obtained data is characterized, fragments and legends of maps are presented. The conclusions drawn from created maps on possible reasons of various types of marine pollution in the Gelendzhik Bay are presented. Further research prospects are outlined.

**Keywords:** cartographic method, environmental mapping, digital map, GIS, marine ecology, sea port, marine pollution, hydrochemical observations

#### REFERENCES

1. Kropyanko, L. V. (2012). Compatibility of the activities of coastal cities in the south of Russia. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii [Strategy for Sustainable Development of Russian Regions]*, 11, 136–141 [in Russian].
2. Vilchinskaya, O. V. (2010). Ecological problems of the Azov-Black Sea coast of the Krasnodar Territory. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii [Strategy for Sustainable Development of Russian Regions]*, 3, 216–221 [in Russian].
3. Sorokin, Yu. I., & Zakuskina, O. Yu. (2008). Acid-soluble sulfides in the upper layer of bottom sediments of the northeastern shelf of the Black Sea: connection with pollution and environmental consequences. *Okeanologiya [Oceanology]*, 48(2), 224–231 [in Russian].
4. Naumenko, T. N., & Shtonda, I. Yu. (2010). Ecological safety of the coastal zone of the Black Sea in the eastern region of Big Alushta. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta [Bulletin of the Kharkov National Automobile and Road University]*, 48, 122–125 [in Russian].
5. Goryachikh, M. V., & Andryushchenko, E. S. (2018). Problems of modernization of communal infrastructure in the Republic of Crimea. *Regional'nyye problemy preobrazovaniya ekonomiki [Regional Problems of Economic Transformation]*, 9(95), 138–145 [in Russian].
6. Ivanyutin, N. M., & Podovalova, S. V. (2018). Pollution of Crimean water bodies with sewage. *Ekologiya i stroitel'stvo [Ecology and Construction]*, 1, 4–8. doi: 10.24411/2413-8452-2018-00001 [in Russian].
7. Chasovnikov, V. K., Chjoo, V. P., Ocherednik, O. A., & et al. (2016). Evaluation of the level of technogenic pollution in the coastal zone of the Black Sea near Gelendzhik. *Oceanology*, 56, 70–74. <https://doi.org/10.1134/S0001437016010021>.
8. Maps of satellite monitoring of the Black and Azov seas. (n. d.). Retrieved from <https://yugmeteo.donpac.ru/monitoring/seasmaps/>.
9. Krylenko, V. V., & Krylenko, M. V. (2020). Monitoring of the Verbyany Foreland using satellite data. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(3), 169–180 [in Russian].
10. Garibin, P. A., & Olkhovik, E. O. (2016). Development of methods and equipment for automated monitoring of the planned position of marine berthing facilities. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(34), 55–64 [in Russian].
11. Askerova, S. A., & Guseinova, R. O. (2019). Investigation of the information content of remote sensing of suspended particles in sea waters using spectroradiometers with an average spatial resolution. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(1), 7–15 [in Russian].

12. Bedritskii, A. I., Asmus, V. V., Krovotyntsev, V. A., & et al. (2009). Space monitoring of pollution of the Russian sector of the Azov-Black Sea basin in 2008. *Russian Meteorology and Hydrology*, 34, 137–147. <https://doi.org/10.3103/S1068373909030017>.
13. Römer, M., Sahling, H., dos Santos Ferreira, C., & et al. (2020). Methane gas emissions of the Black Sea-mapping from the Crimean continental margin to the Kerch Peninsula slope. *Geo-Marine Letters*, 40, 467–480 <https://doi.org/10.1007/s00367-019-00611-0>.
14. Kilicoglu, A. (2005). Gravity Anomaly Map over The Black Sea Using Corrected Sea Surface Heights from ERS1, ERS2 and Topex/Poseidon Satellite Altimetry Missions. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 49, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11200-005-1621-9>.
15. Evgrafov, A. V., & Evgrafova, I. M. (2015). Hydrological and hydrochemical observations as part of engineering and environmental surveys for seaport facilities. *Prirodoobustroystvo [Environmental Management]*, 3, 86–90 [in Russian].
16. Skrebets, G. N., & Pavlova, S. M. (2019). Physico-geographical zoning of the open water area of the Black Sea using correlation analysis. *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya [Scientific Notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology]*, 5(1), 87–96 [in Russian].
17. Belyaeva, O. I. (2012). On the pollution of stormwater runoff entering the coastal zone of the Black Sea (review). *Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya [Scientific Notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology]*, 25(64), No. 2, 20–27 [in Russian].
18. Nikiforov, D. A. (2011). Pollution of Gelendzhik Bay with sewage. *Vserossiyskiy zhurnal nauchnykh publikacij [All-Russian Journal of Scientific Publications]*, 3(4), 88–90 [in Russian].
19. Kropyanko, L. V. (2012) The use of GIS technologies for assessing the demographic load on the coastal zone of the southern seas. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya: problemy i rezul'taty [Fundamental and Applied Research: Problems and Results]*, 1, 35–38 [in Russian].
20. Borodulina, P. A., & Chasovnikov, V. K. (2020) Seasonal dynamics of nitrogen-containing substances in the coastal zone of the Black Sea on the example of Gelendzhik and Golubaya bays. *Ekologiya gidrosfery [Ecology of Hydrosphere]*, 1(5), 10–20 [in Russian].
21. Mironov, O. G. (2020). Modern data on the pollution of the coastal waters of the Azov-Black Sea region of Russia with oil hydrocarbons. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye [South of Russia: Ecology, Development]*, 3 (56), 77–85 [in Russian].
22. Nemirovskaya, I. A., Polyakova, A. V., & Yukhimuk, V. D. (2013). Distribution and composition of hydrocarbons in the coastal waters of the northeastern part of the Black Sea. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya [Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography]*, 6, 16–22 [in Russian].
23. Chasovnikov, V. K., Zhu, V. P., & Ocheventik, O. A. (2018). Analysis of the concentrations of pollutants (oil products, phenols, synthetic surfactants, OCPs, PAHs, heavy metals, etc.) in the water column and in bottom sediments of Gelendzhik and Golubaya bays. *Nekotoryye rezul'taty kompleksnoy pribrezhnoy ekspeditsii «Chernoye more – 2017» na MNIS «ASHAMBA» [Some results of the complex coastal expedition "Black Sea – 2017" on the ISIS "ASHAMBA"]* (pp. 67–78). Moscow: Institute of Oceanology. P. P. Shirshova of the Russian Academy of Sciences [in Russian].
24. Ryabinin, A. I., Shibaeva, S. A., & Danilova, E. A. (2011) Features of the distribution of heavy metals in bottom sediments of the northeastern region of the Black Sea. *Morskoy gidrofizicheskiy zhurnal [Marine Hydrophysical Journal]*, 1, 67–78.
25. Gursky, Yu. N. (2017). Identification and assessment of the level of anthropogenic pollution on the basis of geochemical study of silt waters of marine and freshwater sediments. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya [Bulletin of the Moscow University. Series 4. Geology]*, 5, 49–58 [in Russian].

Received 22.07.2021

© O. N. Nikolaeva, A. V. Evgrafov, I. M. Evgrafova, 2021