

УДК 502/504 : 626.82

А. В. ЕВГРАФОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

И. М. ЕВГРАФОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный строительный университет», г. Москва

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СОСТАВЕ РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МОРСКИХ ПОРТОВ

В работе рассмотрены вопросы особенностей гидрологической и гидрохимической части инженерно-экологических изысканий для морского порта. Они охватывали значительную часть Геленджикской бухты, трассу входного фарватера и участок прибрежной черноморской акватории. Морская акватория характеризуется благоприятной экологической обстановкой, а морские воды в целом удовлетворяют рыбохозяйственным и санитарным нормативным требованиям. Вертикальная структура вод на внутренней, мелководной части бухты характеризовалась однородностью температуры и солености от поверхности до дна. Соленость на всем обследованном участке акватории в слое до 10 м оставалась постоянной. В условиях преобладающего северо-восточного ветра силой 3...7 м/с в Геленджикской бухте сформировалось выносное течение в сторону Черного моря. В районе проектируемого объекта зафиксировано движение вод от берега на северо-восток в сторону противоположного берега. Характерные скорости течения на внутренней акватории составили 2...10 см/с, а в пределах входного канала увеличились до 16...23 см/с, включая глубинные горизонты. Значения оптической мутности в среднем составили 1,0...2,2 ед. FTU. Комплексная оценка загрязненности вод на обследованном участке акватории бухты характеризует морские воды, как условно чистые. В ходе изысканий выявлена сверхнормативная единичная загрязненность минеральным фосфором (1,06 ПДК), устойчивая загрязненность нефтепродуктами (до 11,8 ПДК) и характерная загрязненность фенолами (до 1,4 ПДК). Отмечена высокая концентрация в воде кислорода, низкое содержание взвешенных веществ, соединений азота и растворенных металлов.

Инженерно-экологические изыскания, гидрологические наблюдения, гидрохимические наблюдения, загрязнение окружающей среды, морские порты.

In the work there are considered problems of special features of hydrological and hydro chemical part of engineering-ecological surveys for a seaport. They cover a sizeable part of the Gelendzhik bay, route of entrance fairway and part of the coastal Black Sea area. The sea area is characterized by a favorable ecological environment, sea waters on the whole satisfy fish economic and sanitary normative requirements. Water vertical structure on the inside, shallow water part of the bay was characterized by the homogeneity of temperature and salinity from the surface to the bottom. Salinity on the whole examined part of the water area in the layer up to 10 m remained constant. Under the conditions of the prevailing north-eastern wind of force 3...7 m/s in the Gelendzhik bay was formed a carrying current in the direction of the Black Sea. In the region of the projected object there was registered water movement from the coast to the north-east in the direction of the opposite coast. Character current speeds on the internal water area were 1,0...2,2 units FTU. The complex assessment of water pollution on the inspected part of the bay water area characterizes the sea water as conditionally clean. In the course of surveys there was found excessive single contamination with mineral phosphor (1,06 MPC), steady pollution with oil products (up to 11,8 MPC) and typical pollution with phenols (up to 1,4 MPC). There was stated a high oxygen concentration in water, low content of suspension particles, compounds of nitrogen and dissolved metals.

Engineering-ecological surveys, hydrological observations, hydrochemical observations, environmental pollution, seaports.

В настоящий период времени в России проводятся активные работы по реконструкции, а так же созданию комплексов береговой и морской инфраструктуры для современных грузопассажирских портов. Инженерно-экологические изыскания (ИЭИ) являются необходимым и обязательным этапом для проектирования и последующих работ по реконструкции объектов морских портов [1, 2]. Состав работ по ИЭИ определяется действующими нормативно-правовыми источниками, но изыскания для таких крупномасштабных объектов как морские порты отличаются многоплановостью и необходимостью сотрудничества различных организаций и ведомств [3, 4]. Для проведения комплекса изыскательских работ могут быть применены как наземные, так и дистанционные методы исследования [5]. Работа проводилась по следующим этапам: ретроспективный и фондовый анализ данных по району проведения предполагаемых работ; определение необходимого и достаточного перечня работ по гидрологическим и гидрохимическим наблюдениям; проведение работ по ИЭИ и анализ полученных результатов. В качестве объекта исследования определен ЗАО «Геленджикский морской порт». Сейчас его площадь составляет порядка 18 га, на которой расположены здания и сооружения, обеспечивающие работу порта. Общий вид территории показан на рисунке.



Рис. 1. Внешний вид участка обследуемой территории

С восточной, северо-восточной и юго-восточной сторон к границам порта непосредственно примыкает Геленджикская бухта, с юга – Геленджикский приморский центр климатических испытаний, с запада и юго-запада – свободная территория, с севера и с северо-запада располагается жилая застройка, находящаяся на расстоянии до двух метров от границ. Данное расположение усложняет задачи проектирования, так как

требуется обоснование санитарно-защитной зоны в пределах выделенных границ [6].

Планируется реконструкция, которая затронет частично данную территорию, а так же акваторию бухты с созданием искусственного земельного участка. Планируемый проект включает в себя строительство оградительных молов, причалов, дноуглубление акватории, искусственный земельный участок, зданий и сооружений. Весь комплекс работ по ИЭИ должен включать в себя: гидрометеорологические, гидрохимические, геохимические и санитарно-бактериологические, агрохимические, токсикологические исследования; исследования радиационной обстановки, уровня шума и загрязнения атмосферного воздуха; исследования растительности и животного мира.

Цель ИЭИ состоит в регистрации исходных параметров физико-химических и санитарно-бактериологических показателей окружающей среды, на фоне которых могут быть оценены последствия работ при строительстве и реконструкции объекта. Изыскания проведены силами ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Краснодарском крае», ОАО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ», ФГБУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория», Геленджикским филиалом ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Краснодарском крае», Испытательной лаборатории «АНАЛЭКТ», ФГБУН «Институт токсикологии» ФМБА России. Авторский коллектив осуществлял научно-аналитическую составляющую работы.

Гидрологические наблюдения проводились на всех гидрологических станциях Геленджикской бухты. Исследования показали, что в летнем месяце июле вертикальная структура вод характеризуется для мелководных станций высокой степенью однородности по температуре (T) и солености (S). На глубинах более 10 м проявляются следы сезонного пикноклина, в котором становится более заметным уменьшение температуры и рост солености с глубиной. В пространственном отношении можно выделить три участка обследуемой акватории. На внутренней акватории бухты, примыкающей к проектируемому объекту (станции Г1-Г9), зафиксированы минимальные изменения T и S от поверхности до дна. В промежуточной зоне (станции Г10 – Г12) между этим участком и главным входным фарватером при практической однородности солености

более значительным становится понижение температуры с глубиной. Наконец, на оси входного фарватера (станции Г13 – Г16) значимые вертикальные изменения касаются температуры и солености воды.

Данные по прозрачности воды получены с помощью белого диска, а оптическая мутность определялась датчиком мутности, установленным на гидрологический зонд, в режиме вертикального зондирования. Величина прозрачности указана в метрах водного столба, через который просматривается белый диск. Оптическая мутность выражена в условных единицах FTU, тарированных по раствору формазина. Во внутренней акватории бухты на прибрежных станциях характерные значения прозрачности воды составили 3,0...4,8 м. На удалении от берега, в частности, на станциях Г7, Г10 и Г11 прозрачность увеличилась до 5,0...5,9 м, однако в центре бухты вновь понизилась до 4,5 м. Наиболее прозрачная вода оказалась на выходе из бухты и в открытой части моря и составила 6,0...8,0 м.

Параметры течения определялись с помощью доплеровского профилографа от поверхности до дна через 1 м по глубине. На акватории бухты прослеживается движение вод в северной части с запада на восток, которое, по всей видимости, упирается в восточный берег и поворачивает на юг, юго-запад, формируя выносное течение из бухты в море по направлению действующего ветра. Устойчивое движение вод в сторону моря подтверждается и результатами измерений на станциях Г15 и Г16, где скорости юго-западного направления ниже глубины 10 м достигают значений 12...23 см/с. Следует предположить, что для компенсации выносного течения, наблюдающегося на оси глубоководного входного канала, должны сформироваться вдольбереговые потоки морской воды, поступающие в бухту из Черного моря.

Для оценки фоновое состояние морских вод в Геленджикской бухте гидрохимические исследования выполнены на всех 16 гидрологических станциях. Для глубоководных мест контроля пробы воды отбирались из поверхностного и придонного горизонтов, для мелководных – только с поверхности. Геленджикская бухта в летний период не имеет существенного пресного стока, и поэтому солевой состав вод близок к прибрежным водам Черного моря. В поверхностном слое величина сухого остатка составила 20000...21210

мг/л, хлоридов – 15380...18430 мг/л, сульфатов – 135...155 мг/л, в придонном слое эти показатели оказались равными соответственно 20490...21810 мг/л, 15890...18940 мг/л, 148...171 мг/л.

На большей части акватории содержание взвешенных веществ равно 3 мг/л и менее. Несколько большие концентрации зафиксированы на выходе из бухты (станция Г16), причем на поверхности и у дна – 3,9...4,0 мг/л. Полученные величины не превышают рыбохозяйственный норматив 10 мг/л, среднее же значение взвешенных веществ находится на уровне 2,8 мг/л, что сопоставимо с замерами оптической мутности (1,0...2,2 ед. FTU).

Распределение водородного показателя (рН) по пространству и глубине довольно равномерное и находится в диапазоне 8,16...8,30 рН, при этом у дна значения несколько меньше, чем на поверхности. Указанные величины не выходят за пределы разрешенного диапазона 6,5...8,5 рН. Вся обследованная акватория находится в области достаточного кислородного насыщения, необходимый минимум которого определен в 6 мг/л. Диапазоны колебания растворенного кислорода близки на поверхности и на глубине и равны соответственно 9,25...10,12 мг/л и 9,18...10,12 мг/л. Обращает на себя внимание тот факт, что на внутренней акватории бухты (кроме станции Г11) концентрация кислорода с глубиной снижается, а на внешней акватории (станции Г15 и Г16), наоборот, растет. Процентное насыщение вод кислородом почти всюду выше 100 % (108...121 %), за исключением придонной пробы на глубоководной станции Г16 – 92 %.

Характерные значения биохимической потребности вод в кислороде зарегистрированы в диапазоне от <0,5 до 0,67 мгО₂/л, что заметно ниже ПДК, равной 2,0 мгО₂/л. Однако, более высокие значения выявлены вблизи берега слева от портовой зоны (станция Г3) – 1,57 мгО₂/л, на границе с акваторией курортной зоны (станции Г4 и Г7) – 1,22...1,54 мгО₂/л и на выходе из Геленджикской бухты (станция Г15) – 0,98 (поверхность) и 1,23 мгО₂/л (дно). Другой показатель присутствия органики в воде – перманганатная окисляемость, значения которой меняются на поверхности от 11,9 до 14,1 мгО₂/л, у дна от 6,0 до 10,2 мгО₂/л. По некоторым данным величина перманганатной окисляемости составляет 40...50 % от ХПК, определение которой затруднено в морской воде. Следовательно,

качество вод в данном случае соответствует нормативу по ХПК, равному 30 мгО₂/л.

Черноморским водам свойственно довольно низкое содержание биогенных элементов. В пробах были зарегистрированы следующие значения: нитритный азот – от <0,0005 до 0,0045 мг/л (станция Г1), т. е. до 0,22 ПДК, нитратный азот – менее <0,005 мг/л, аммонийный азот – от <0,015 до 0,0397 мг/л (станция Г2) или до 0,02 ПДК. Концентрация фосфора минерального всюду менее предела обнаружения (0,005 мг/л), и только на станции Г3 получен значимый результат в 0,053 мг/л, что выше ПДК в 1,06 раза. С учетом относительно высокого значения по БПК₅ это может свидетельствовать о сбросе бытовых сточных вод в данном районе.

Наибольшее загрязнение морских вод в Геленджикской бухте отмечается по растворенным нефтепродуктам, причем только в поверхностном слое. Для части обследуемой акватории, примыкающей к проектируемому объекту внутри бухты (станции Г1 – Г12), количество проб воды из поверхностного горизонта со сверхнормативными концентрациями нефтепродуктов достигает 60 %. Максимальные значения выявлены в северо-западной части бухты на станциях Г1, Г3, Г4 и составили 0,27...0,59 мг/л или 5,4...11,8 ПДК. На остальной части этого участка акватории концентрации нефтепродуктов составили 0,01...0,13 мг/л (до 2,6 ПДК). Кроме того, на станции Г16 содержание нефтепродуктов оказалось на уровне ПДК (0,05 мг/л). На глубоководных станциях в придонном горизонте концентрации нефтепродуктов колебались в пределах от 0,01 до 0,04 мг/л.

Среди растворенных металлов превышения рыбохозяйственных нормативов не зарегистрировано. Более того, содержание кадмия, мышьяка, ртути и свинца всюду оказалось ниже предела обнаружения. К их числу относятся и хром, за исключением одной пробы (станция Г11, поверхность) – 0,0009 мг/л (0,01 ПДК). Концентрации других контролируемых металлов были равны по меди – 0,0005...0,0030 (до 0,6 ПДК), по марганцу – 0,004...0,025 мг/л (до 0,5 ПДК), по никелю – от <0,002 до 0,008 мг/л (до 0,8 ПДК), по олову – от <0,0005 до 0,007 мг/л (до 0,06 ПДК).

Выборочный анализ проб воды из поверхностного горизонта по таким показателям, как СПАВ, фенолы и вредные органические примеси, включая

ХОП и ПАУ (бенз(а)пирен), выявил сверхнормативные значения только по фенолам. В районе грузового порта на станциях Г5 и Г6 содержание фенолов составило 0,0012...0,0014 мг/л, что выше предельно допустимого значения в 1,2...1,4 раза. В центральной области бухты (станция Г13) и на выходе из бухты (станция Г15) концентрация фенолов оказалась ниже ПДК и составила 0,0006 мг/л. Присутствия же в морской воде СПАВ и высокотоксичных органических примесей не зафиксировано.

Ряд химических показателей определялись для характеристики коррозионных свойств морской воды по отношению к строительным конструкциям. Речь идет о магнии, бикарбонатной щелочности и агрессивной углекислоте. Были получены следующие значения: магний – 586...637 мг/л, бикарбонатная щелочность – 2,9...3,4 мг-экв/л, агрессивная углекислота – 2,2...4,4 мг/л. Согласно СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» агрессивность морской воды для бетона марки W4...W8 проявляется при концентрации магния >1000 мг/л, агрессивной углекислоты >15 мг/л и бикарбонатной щелочности <1,05 мг-экв/л. Однако, для бетона марки W4 по суммарному содержанию хлоридов и сульфатов в пределах от 10000 до 20000 мг/л, что имело место в данном случае, то есть возможно проявление слабоагрессивной реакции. Кроме того, при полученных значениях хлоридов (>5000 мг/л) морская вода проявляет слабоагрессивную реакцию на арматуру железобетонных конструкций при постоянном погружении и сильноагрессивную реакцию при периодическом смачивании.

Для количественной и качественной оценки состояния вод Геленджикской бухты был произведен расчет комплексной оценки степени загрязненности вод в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям», который показал следующее. Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, морская вода в отношении конкретных вредных примесей и показателей имеет единичную повторяемость по минеральному фосфору (4,3 %), устойчивую повторяемость по нефтепродуктам (30,4 %) и характерную повторяемость по фенолам (50 %). По превышению индивидуальных ПДК наблюдается низкий уровень загрязненности вод в отношении минерального фосфора и фенолов (средняя кратность превышения

1,1 и 1,3 соответственно) и средний уровень загрязненности по нефтепродуктам (средняя кратность превышения 4,7). Согласно классификации качества воды водных объектов по значению удельного комбинаторно индекса загрязненности воды (УКИЗВ = 0,62), качество морской воды соответствует характеристике «условно чистая».

Выводы

Инженерно-экологические изыскания охватывали значительную часть Геленджикской бухты, трассу входного фарватера и участок прибрежной черноморской акватории. Как показали результаты наблюдений, обследованная морская акватория характеризуется благоприятной экологической обстановкой, а морские воды в целом удовлетворяют рыбохозяйственным и санитарным нормативным требованиям.

Вертикальная структура вод на внутренней, мелководной части бухты характеризовалась однородностью температуры и солености от поверхности до дна. В глубоководной зоне входного фарватера различия свойств на этих горизонтах становились весьма значительными, поскольку верхний прогретый и перемешанный слой располагался лишь до глубины 10...15 м, ниже которого сформированы глубинные холодные и более соленые черноморские воды. В зоне с глубинами 7...10 м при практическом постоянстве солености вплоть до придонных слоев, отмечалось некоторое снижение температуры воды с глубиной. В целом в районе порта поверхностная температура оказалась ниже, чем на открытой акватории, и составила 22,94...23,94 °С против 23,93...24,91 °С. В придонном слое глубоководных станций температура опускалась до 9,58...21,62 °С. Соленость на всем обследованном участке акватории в слое до 10 м сохранялась на уровне 17,01...17,15 ‰, с глубиной увеличиваясь до 17,51...18,10 ‰.

В условиях преобладающего северо-восточного ветра силой 3...7 м/с в Геленджикской бухте сформировалось выносное течение в сторону Черного моря. В районе проектируемого объекта зафиксировано движение вод от берега на северо-восток в сторону противоположного берега. Характерные скорости течения на внутренней акватории составили 2...10 см/с, а в пределах входного канала увеличились до 16...23 см/с, включая глубинные горизонты.

Вблизи берега величина прозрачности

воды колебалась в пределах 3,0...4,8 м. На некотором удалении прозрачность увеличилась до 5,0...5,9 м, но наиболее прозрачная вода оказалась на выходе из бухты и в открытой части моря и составила 6,0...8,0 м. Значения оптической мутности в среднем составили 1,0...2,2 ед. FTU.

Комплексная оценка загрязненности вод на обследованном участке акватории бухты характеризует морские воды, как условно чистые. В ходе изысканий выявлена сверхнормативная единичная загрязненность минеральным фосфором (1,06 ПДК), устойчивая загрязненность нефтепродуктами (до 11,8 ПДК) и характерная загрязненность фенолами (до 1,4 ПДК). Среди положительных факторов можно отметить высокую концентрацию в воде кислорода, низкое содержание взвешенных веществ, соединений азота и растворенных металлов. В воде не обнаружены устойчивые органические примеси (ХОП, бенз(а)пирен) и СПАВ.

1. Инженерно-экологические изыскания для строительства: СП 11-102-97. – М.: Госстрой России, 1997. – 35 с.
2. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения: СП 47.13330.2012. – М., 2012. – 116 с.
3. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 «О составе проектной документации и требованиям к их содержанию» [Электронный ресурс]. – URL: http://vlpp.ru/other_fotos/postanovlenie.pdf (дата обращения 16.07.2015).
4. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: СанПиН 2.1.5.980-00. – М., 2001. – 11 с.
5. Евграфов А. В., Никитенков Б. Ф. Оценка возможностей водозабора с использованием ГИС // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2013. – № 2. – С. 28–35.
6. Лаврусевич А. А., Евграфова И. М. К вопросу обоснования корректирования размеров санитарно - защитной зоны // Известия ВУЗов. Строительство. – 2014. – № 6. – С. 94–100.

Материал поступил в редакцию 09.06.2015.

Евграфов Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Общей и инженерной экологии»

E-mail: evgrafov-aleksey@mail.ru

Евграфова Ирина Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры «Инженерной геологии и геоэкологии»

E-mail: irina-sen811@yandex.ru