

УДК 551.464.32

## КАЧЕСТВО ВОДНОЙ СРЕДЫ ХАДЖИБЕЙСКОГО ЛИМАНА ЛЕТОМ 2016 ГОДА

**Ю. И. Богатова**, канд. геогр. наук, ведущий науч. сотр.,  
**Л. Ю. Секундяк**, ведущий инженер,  
**Е. В. Кирсанова**, мл. науч. сотр.

*Институт морской биологии НАН Украины  
ул. Пушкинская, 37, 65011, Одесса, Украина, bogatovayu@gmail.com*

На основе анализа результатов гидрохимических исследований в июле 2016 г. дана характеристика качества водной среды Хаджибейского лимана – одного из крупнейших замкнутых водоемов северо-западного Причерноморья. Это ценный бальнеологический, рекреационный и рыбохозяйственный водоем, в южную часть которого на протяжении более 100 лет поступают сточные воды города Одессы. По гидрохимическим показателям экосистема южной части лимана характеризуется как эвтрофная, в которой высокий уровень соединенного азота и фосфора поддерживается антропогенным стоком СБО «Северная». В поверхностном слое вблизи работающего выпуска СБО отмечали высокие концентрации аммонийного азота ( $0,100 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), нитритов ( $0,102 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), максимальные для лимана концентрации нитратов ( $1,629 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), а в придонном – аммонийного азота ( $0,772 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ) и фосфатов ( $0,457 \text{ мгP} \cdot \text{дм}^{-3}$ ). В период мониторинга на станциях с глубинами 8–12 м фиксировали придонную гипоксию, образовавшуюся после оседания и разложения отмершего взвешенного органического вещества (фитопланктона) в условиях замедленной гидродинамики. В придонном слое на станциях с гипоксией отмечали максимальные для лимана концентрации аммонийного азота, фосфатов и кремния.

Донные отложения лимана, постоянно пополняющиеся отмершим взвешенным органическим веществом, выполняют накопительную функцию, определяют интенсивность потоков вещества на границе «вода–донные отложения», влияют на его гидрохимический режим. Концентрации минеральных и органических веществ в поровой воде донных отложений, особенно на станциях с гипоксией, в несколько раз превышают значения в придонном слое лимана.

**Ключевые слова:** гидрохимический режим, биогенные вещества, донные отложения, антропогенные стоки, Хаджибейский лиман

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Хаджибейский лиман – один из крупнейших замкнутых водоемов северо-западного Причерноморья, образовался в результате затопления морем устьевой части долины реки Малый Куяльник. Лиман отделен от моря пересыпью шириной 4,5 км и длиной 5 км. Точных данных о времени отделения лимана от моря нет, однако имеются сведения, что еще в XV столетии он соединялся с морем. По морфометрическим показателям это лиманно-устьевый комплекс, вытянутый в северо-западном направлении – его длина (40 км) значительно превышает ширину (0,8–3,5 км). Северная часть лимана мелководна и по мере приближения к морю глубина возрастает. Средняя глубина составляет 4,0–6,8 м, максимальная – 17 м. Площадь водосбора составляет около 2,7 тыс. км<sup>2</sup> и включает водосбор р. Малый Куяльник и ее притока р. Свиной, низовья которой образуют Палиевский залив. Объем лимана около 750 млн. м<sup>3</sup>, а площадь – около

116 км<sup>2</sup> [1]. С начала 1890-х гг. в лиман поступают сточные воды г. Одессы (первая в царской России городская канализационная система). Сточные воды города вначале поступали на поля орошения, расположенные с южной стороны лимана, а затем, по системе сплавной канализации в низкой прилиманной части, они поступали в лиман. Объем вод, поступающих в лиман с полей орошения, постоянно увеличивался. Так, если в 1894 г. он составлял 0,025 млн. м<sup>3</sup>, в начале XX века увеличился до 10 млн. м<sup>3</sup>, то уже в 1940 г. достиг 30–35 млн. м<sup>3</sup> [2]. В настоящее время в лиман, минуя поля орошения, поступают сточные воды станции биологической очистки (СБО) «Северная», которая была сдана в эксплуатацию в 1986 г. Проектная мощность станции составляет 146 млн. м<sup>3</sup>/год. Это около 70 % коммунально-бытовых стоков города и около четверти всего объема лимана [3]. Поступление в лиман большого количества пресных вод отразилось на режиме минерализации: в 1869 г. она

составила  $115 \text{ г} \cdot \text{дм}^3$ , в 1889 г. –  $35 \text{ г} \cdot \text{дм}^3$ , в 1941 г. –  $5 \text{ г} \cdot \text{дм}^3$ . В октябре 1941 г. при взрыве оградительной дамбы воды Хаджибейского лимана через пересыпь хлынули в соседний Куяльницкий лиман, а сам лиман соединился с морем. Такая связь продолжалась до 1946 г. После восстановления дамбы произошло постепенное осолонение лимана и соленость в 1951 г. увеличилась до  $35 \text{ г} \cdot \text{дм}^3$ , но с 1965 г. она начала снижаться и уже в 1974 г. составляла  $15 \text{ г} \cdot \text{дм}^3$ , а в 1984 г. –  $11 \text{ г} \cdot \text{дм}^3$ . Опреснению способствуют и многочисленные пресноводные ключи, открывшиеся после землетрясения 1977 г. [2].

Гидрохимический режим лимана начали изучать с 1960-х годов [4-6]. Здесь уже в 1970-е годы отмечали нарушение «гидрохимической устойчивости», характерной для этого замкнутого водоема в 1960-е годы и развитие процессов эвтрофирования [5]. Оно было связано как с ростом поступления с водосборной площади соединений азота и фосфора, когда в 1970-1980-х гг. активно использовали минеральные удобрения в сельском хозяйстве, так и с постоянно возрастающим количеством коммунальных стоков Одессы [5-6].

В настоящее время Хаджибейский лиман – водоем-накопитель коммунально-бытовых стоков г. Одессы, которые поступают в южную часть лимана с СБО «Северная» с апреля по октябрь. Гидрохимический режим лимана связан с гидрологическим и уровневим режимами, его морфометрическими особенностями и формируется природными и антропогенными факторами. К природным факторам относятся: речной сток и сток с водосбора, атмосферные осадки и испарение, фильтрация морской воды через пересыпь, развитие внутриводоемных гидробиологических процессов. Влияние гидробиологических процессов на гидрохимический режим лимана значительно, т. к. это ценный рыбопродуктивный водоем со стабильной соленостью 5–6 ‰, в котором могут обитать как пресноводные, так и солоноватоводные виды гидробионтов [4, 5]. Главный антропогенный фактор, оказывающий влияние на формирование гидрохимического режима лимана – поступление недостаточно очищенных коммунально-бытовых стоков г. Одессы.

Цель работы заключается в оценке качества водной среды Хаджибейского лимана при современном уровне антропогенной нагрузки. Актуальность этой задачи определяется возможностью аварийного сброса воды лимана в рекреационную зону Одесского залива при критическом

повышении уровня воды в лимане и необходимостью экологической оценки последствий такого сброса.

## 2. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы собственные результаты гидрохимического мониторинга южной части Хаджибейского лимана в июле 2016 г. Было выполнено 9 станций на 3-х разрезах, станция 3 находится в зоне выпуска СБО «Северная» (рис. 1). Всего собрано и проанализировано 20 проб воды и 7 проб донных отложений.

Пробы воды в поверхностном и придонном слоях отбирали батометром Молчанова, пробы донных отложений – дночерпателем Петерсена с площадью захвата  $0,1 \text{ м}^2$ . В воде определяли следующие гидрохимические параметры: соленость, взвешенное вещество (ВВ), абсолютную величину растворенного кислорода и процент его насыщения, содержание растворенных минеральных соединений азота ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) и фосфора ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), общих и органических соединений азота ( $\text{N}_{\text{общ}}$ ,  $\text{N}_{\text{орг}}$ ) и фосфора ( $\text{P}_{\text{общ}}$ ,  $\text{P}_{\text{орг}}$ ), кремния (Si). В поровой воде донных отложений, которую получали вакуумной фильтрацией верхнего 10 см слоя донных отложений через двойной фильтр «синяя лента», определяли растворенное органическое вещество (РОВ), минеральные и органические соединения азота и фосфора, кремний. В работе использовались стандартные, общепринятые в мировой практике методы гидрохимических исследований для морских вод [6].

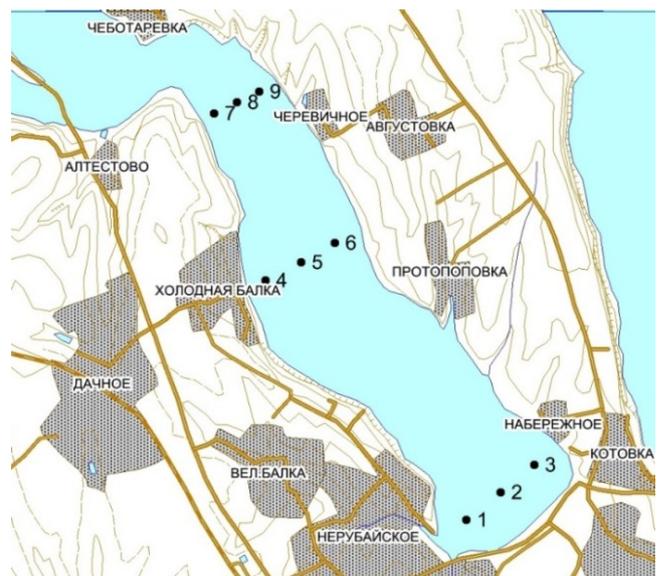


Рис. 1 – Схема станций в Хаджибейском лимане в июле 2016 г.

### 3. АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ результатов гидрохимических исследований показал пространственную и вертикальную однородность в распределении солёности, которая изменялась от поверхности до дна в пределах 5,0–5,1 ‰, температуры (27,8–25,8 °С) и значительную неоднородность в распределении ВВ, растворенного в воде кислорода и биогенных (соединения азота, фосфора, кремния) веществ, уровень которых определяет продуктивность водоема. В поверхностном слое лимана активно развивались продукционные процессы. Здесь насыщение воды кислородом в среднем составляло 258,2 % при диапазоне изменчивости 179,1–314,6 %. В придонном слое насыщение воды кислородом на глубине менее 8 м изменялось в диапазоне 56,2–103,2 % (минимальное значение в зоне выпуска СБО «Северная», ст. 3), а на глубине 8–14 м (ст. 4, 5, 7, 8, 9) отмечали гипоксию – насыщение воды кислородом изменялось от 7,4 до 37,7 % (рис. 2). На станциях с гипоксией содержание ВВ в придонном слое было в 2 раза меньше, чем на станциях с благоприятными кислородными условиями (см. рис. 2).

Образование гипоксии было обусловлено накоплением автохтонного органического веществ-

ва отмершего фитопланктона и его деструкцией в условиях ослабленной гидродинамики, т. к. мониторингу предшествовал 10-ти дневный период штилевой погоды, когда скорость ветра не превышала  $3 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Следует отметить, что придонную гипоксию в теплый период года в лимане отмечали и ранее [7-9]. Вертикальная термохалинная структура и насыщение воды кислородом на участках лимана с придонной гипоксией рассмотрены на примере глубоководной станции 5 (рис. 3).

В период мониторинга содержание минеральных соединений азота и фосфора, главных биогенных веществ, которые участвуют в фотосинтезе, характеризовалось вертикальной и пространственной изменчивостью (рис. 4), что отмечали и в предыдущие годы [8, 9]. В поверхностном слое вблизи выпуска СБО (ст. 1–3) были зафиксированы высокие концентрации азота аммонийного ( $0,100 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), нитритов ( $0,102 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), максимальные для лимана концентрации нитратов ( $1,629 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), фосфатов ( $0,151\text{--}0,229 \text{ мгP} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), а в придонном – аммонийного азота ( $0,721\text{--}0,772 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ) и фосфатов ( $0,408\text{--}0,457 \text{ мгP} \cdot \text{дм}^{-3}$ ).

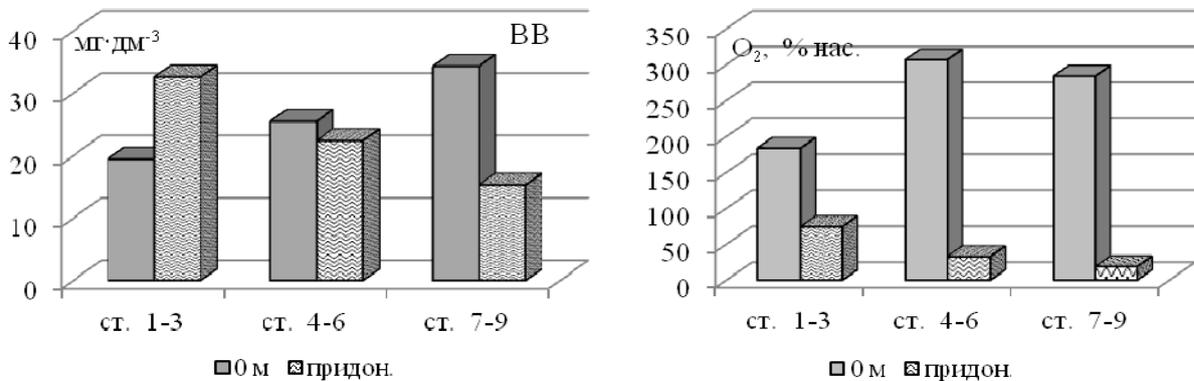


Рис. 2 – Распределение взвешенного вещества (мг дм<sup>-3</sup>) и насыщение воды кислородом (%) в поверхностном и придонном слоях на станциях в южной части Хаджибейского лимана в июле 2016 г.

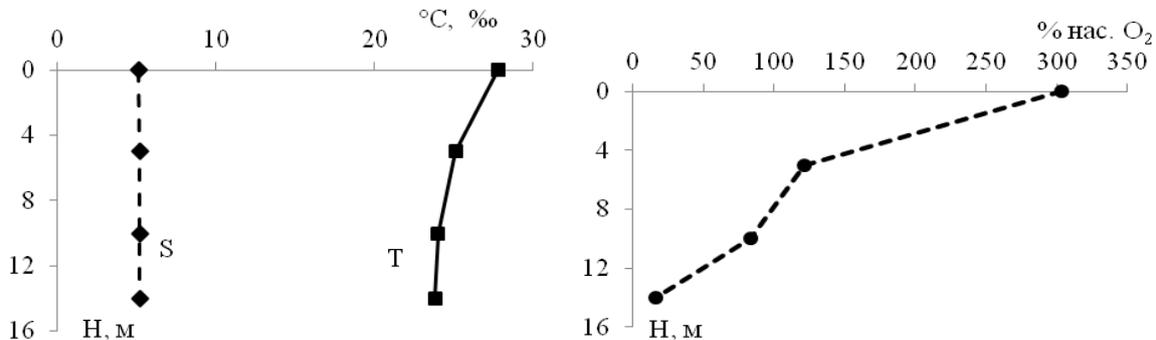


Рис. 3 – Вертикальное распределение температуры (°С), солёности (‰) и насыщения воды кислородом (%) в глубоководной части Хаджибейского лимана в июле 2016 г.

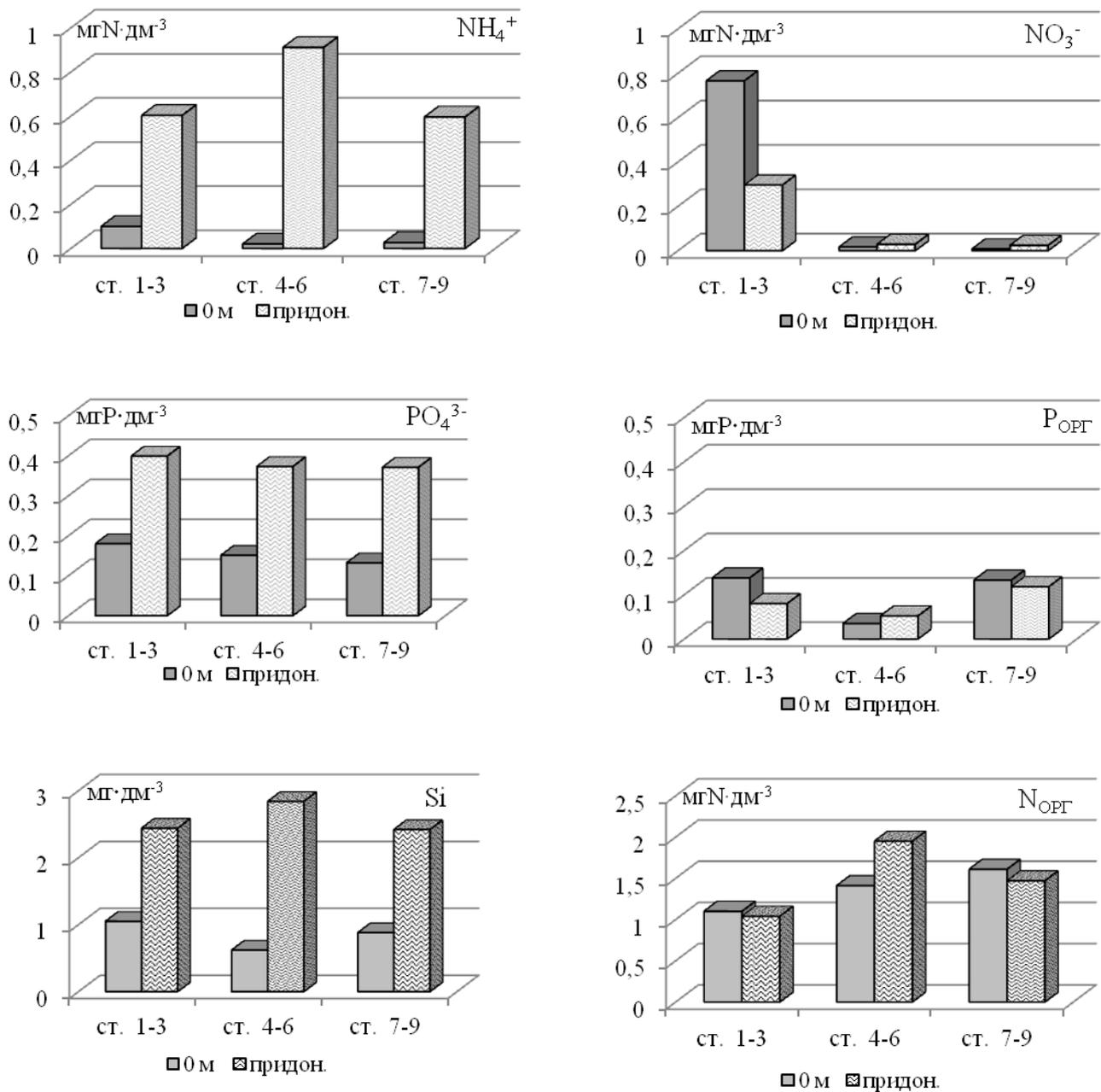


Рис. 4 – Распределение биогенных веществ в поверхностном и придонном слоях Хаджибейского лимана в июле 2016 г.

По мере удаления от зоны выпуска СБО концентрации минеральных соединений азота и фосфора в поверхностном слое заметно снижались, но для придонного слоя эта тенденция не наблюдалась. Так, на станциях с гипоксией содержание аммонийного азота (0,446–1,064 мгN·дм<sup>-3</sup>), фосфатов (0,364–0,403 мгP·дм<sup>-3</sup>) и кремния (1,64–2,91 мг·дм<sup>-3</sup>) в придонном слое было выше, чем вблизи выпуска. Высокие концентрации аммонийного азота связаны с деструкцией (минерализацией) отмершего органического вещества (фитопланктона) без последую-

щей нитрификации в анаэробных, восстановительных условиях. Рост концентраций фосфатов в придонном слое вызван как их диффузией из донных отложений лимана, которая усиливается при гипоксии, так и с быстрым рециклингом органических соединений в минеральные при высокой температуре воды. В целом, в южной части лимана содержание аммонийного азота (основная форма минерального азота в экосистеме) и фосфатов было очень высоким, что не характерно для природных вод в период активного развития фотосинтеза. Стабильно высокие зна-

чения минеральных соединений азота и фосфора на этом участке служат показателями поступления недостаточно очищенных коммунально-бытовых сточных вод.

Содержание кремния в экосистеме также отличалось значительной вертикальной изменчивостью. Среднее содержание кремния в поверхностном слое было ниже ( $0,97 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ ), чем в придонном ( $2,52 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ ) (см. рис. 4). Такое распределение кремния можно объяснить развитием в поверхностном слое диатомового фитопланктона – основного потребителя кремния в водных экосистемах, накоплением и деструкцией отмерших клеток фитопланктона в придонном.

Следует отметить, что высокие концентрации биогенных веществ в лимане фиксировали и ранее [4-6]. Авторы [5, 6] также отмечали перестройку в цикле азота в экосистеме – замену окисленных форм (нитритов и нитратов) на восстановленную (аммонийную), накопление органических соединений азота. Например, в период мониторинга, когда в поверхностном слое активно развивались продукционные процессы, основной формой минерального азота был азот-аммонийный. Его среднее содержание ( $0,386 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ) в 2 раза превышало содержание нитратов –  $0,175 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ . Такие концентрации аммонийного азота – следствие избыточного поступления этих соединений с антропогенными стоками и при диффузии из донных отложений лимана, когда в них развиваются восстановительные условия.

В период мониторинга, как и в предыдущие годы, в лимане отмечали высокий уровень органических соединений азота ( $N_{\text{ОРГ}}$ ) –  $0,40$ – $2,56 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ . В балансе соединений азота  $N_{\text{ОРГ}}$  составлял около 80 % для поверхностного и около 70 % для придонного слоя южной части лимана.

В целом, экосистему южной части лимана можно характеризовать как нестабильную, не сбалансированную по содержанию основных биогенных веществ (минеральных соединений азота и фосфора), участвующих в создании нового органического вещества. Соотношение  $N_{\text{МИН}} : P_{\text{МИН}}$  в экосистеме составляет 3 : 1 для поверхностного слоя и 2 : 1 для придонного. Известно, что в стабильных и сбалансированных водных экосистемах это соотношение должно соответствовать или быть близко к среднему атомному соотношению N : P в составе клеточного вещества (так называемое отношение Рэдфилда) равно 16 : 1 или 7,2 : 1 в массовых концентрациях [10]. Наблюдаемые в лимане соотношения N : P свидетельствуют о значительной нехватке минеральных соединений азота, т. к. с

антропогенными стоками сюда поступает большое количество ортофосфатов, которые входят в состав синтетических моющих средств. Обогащение лимана с апреля по октябрь биогенными веществами за счет антропогенного стока, т. е. в период активного развития фотосинтеза, приводит к созданию гиперпродукции автохтонного органического вещества, которое в дальнейшем оседает на дно и в условиях замедленной гидродинамики приводит к образованию застойных зон с гипоксией.

Качество водной среды лимана по экологической классификации поверхностных вод суши и эстуариев Украины [11] соответствует: по категории качества воды за их состоянием – удовлетворительные; по категории степени чистоты – загрязненные, по категории трофность – эвтрофные.

В водных экосистемах одним из показателей процессов, происходящих в водной толще, являются донные отложения и вода в интерстициальном пространстве грунта (поровая вода). Как правило, в водных экосистемах содержание минеральных и органических веществ в поровой воде донных отложений на порядок и более превышает содержание в водной толще. На границе «вода–дно» происходят обменные процессы, усиливающиеся с ростом трофического уровня водоема. При гипоксии в донных отложениях протекают восстановительные процессы, усиливается диффузия биогенных веществ из поровых растворов в придонный слой водоема.

Донные отложения южной части лимана – черные илы с сильным запахом сероводорода, накопившие значительные количества аллохтонных (поступающих в лиман с терригенным стоком и водами СБО «Северная») и автохтонных (отмершего фито- и зоопланктона, бентосных организмов) органических веществ. Так, среднее содержание органических соединений азота и фосфора в поровой воде донных отложений превышало значения в фотическом слое южной части лимана в 5 и 36 раз соответственно (табл. 1). Однако содержание суммы минеральных соединений азота, кремния в поровой воде и в придонном слое лимана было почти равным –  $0,877$  и  $0,795 \text{ мгN} \cdot \text{дм}^{-3}$ ,  $3,18$  и  $2,57 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$ , соответственно, в то время как содержание  $N_{\text{ОРГ}}$  в 5,  $P_{\text{МИН}}$  в 4,  $P_{\text{ОРГ}}$  в 19 раз было больше в поровой воде, чем в придонном слое лимана. Такие концентрации указанных соединений служат показателями их активной диффузии на границе «придонный слой–донные отложения».

В поровой воде на станциях с придонной гипоксией (ст. 4, 5, 7–9) отмечены сверхвысокие

концентрации растворенных лабильных органических веществ (РОВ) – продуктов деструкции отмершего органического вещества фитопланктона, аммонийного азота, минеральных и органических соединений фосфора, кремния (табл. 2). Эти концентрации в несколько раз превышают значения в поровой воде на участках дна с благоприятным кислородным режимом. Таким образом, результаты мониторинга подтверждают известное утверждение о важной роли донных отложений в водных экосистемах [12], где они выполняют не только накопительную функцию, но и определяют интенсивность потоков вещества на границе «вода–донные отложения», являются источником вторичного эвтрофирования. Эти процессы особенно интенсивно протекают в замкнутых, эвтрофных водоемах, к которым относится Хаджибейский лиман.

#### 4. ВЫВОДЫ

Таким образом, на основании результатов гидрохимического мониторинга южной части Хаджибейского лимана можно сделать следующие выводы:

1. Высокий уровень содержания соединений азота и фосфора в лимане поддерживается антропогенным стоком СБО «Северная». В водах поверхностного слоя в зоне выпуска СБО отмечали максимальные для лимана концентрации нитратов (1,629 мгN·дм<sup>-3</sup>) и фосфатов (0,229 мгP·дм<sup>-3</sup>), а в придонном – аммонийного азота (0,772 мгN·дм<sup>-3</sup>) и фосфатов (0,457 мг·дм<sup>-3</sup>).

2. Поступление антропогенных стоков привело к перестройке цикла азота в экосистеме – вместо окисленных форм (нитриты и нитраты) в лимане преобладает восстановленная (аммонийная), а также к дисбалансу в содержании минеральных форм азота и фосфора, участвующих в создании нового органического вещества. Наблюдаемые в лимане соотношения N : P свидетельствуют о значительной нехватке в экосистеме минеральных соединений азота, т.к. соединения фосфора входят в состав синтетических моющих средств и поступают с антропогенными стоками.

3. Избыточное количество биогенных веществ не выводится из замкнутой экосистемы лимана, способствует созданию гиперпродукции автохтонного органического вещества, которое накапливается в донных отложениях и в условиях замедленной гидродинамики приводит к образованию придонной гипоксии.

4. Донные отложения лимана выполняют накопительную функцию, постоянно пополняются отмершим взвешенным органическим веществом, определяют интенсивность потоков вещества на границе «вода–донные отложения», служат источником дополнительного поступления биогенных веществ в экосистему, т. е. являются источником вторичного эвтрофирования.

5. По гидрохимическим показателям воды южной части лимана характеризуется как загрязненные, эвтрофные.

**Таблица 1** – Среднее содержание биогенных веществ в фотическом и придонном слоях, в поровой воде донных обложений южной части Хаджибейского лимана в июле 2016 г.

Среда	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>мин</sub>	N <sub>орг</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P <sub>орг</sub>	Si, мг·дм <sup>-3</sup>
	мгN·дм <sup>-3</sup>				мгP·дм <sup>-3</sup>		
фотический слой	0,388	0,212	0,600	1,54	0,373	0,048	1,71
придонный слой	0,662	0,133	0,795	1,45	0,351	0,101	2,57
поровая вода	0,776	0,100	0,877	7,47	1,450	1,732	3,18

**Таблица 2** – Насыщение (%) воды кислородом придонного слоя и содержание биогенных веществ в поровой воде донных обложений южной части Хаджибейского лимана в июле 2016 г. (средние значения)

№ станции	O <sub>2</sub> , % нас. придонного слоя	РОВ, мгО дм <sup>-3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N <sub>мин</sub>	N <sub>орг</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P <sub>орг</sub>	Si, мг·дм <sup>-3</sup>
			мгN·дм <sup>-3</sup>				мгP·дм <sup>-3</sup>		
1–3, 6	63,8	77,06	0,372	0,067	0,439	10,25	1,401	2,111	11,34
4, 5, 7–9	16,7	127,84	1,159	0,128	1,287	6,59	2,184	2,107	15,44

6. Поступление загрязненных, эвтрофных вод Хаджибейского лимана в рекреационную зону Одессы (Лузановка), особенно в теплый период года, вызовет «цветение» воды и ухудшение ее качественных показателей и бальнеологических свойств.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гопченко Е. Д., Шакирзанова Ж. Р. Оценка наполнения Хаджибейского лимана поверхностными водами и долгосрочное прогнозирование его состояния в весенний период года // Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / ред. Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко; Одесский экологический университет. Одесса: ТЕС, 2011. С. 69-207.
2. Пересторонина С. Ю., Пересторонин И. Л. Некоторые аспекты современного экологического состояния Хаджибейского лимана Одесской области // Известия Южного федерального университета. 2002. Вып. 6, том 29. С. 141-145.
3. Тучковенко Ю. С., Иванов В. А., Сапко О. Ю. Оценка влияния береговых антропогенных источников на качество вод Одесского района северо-западной части Черного моря. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. 69 с.
4. Розенгурт М. Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. Киев: Наукова думка, 1974. 224 с.
5. Журавлева Л. А., Александрова Н. Г. Гидрохимический режим // Лиманы Северного Причерноморья. Киев: Наукова думка, 1990. С. 29-69.
6. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология: монография / ред. Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева; Одесский филиал Ин-та биологии южных морей НАН Украины. Киев: Наукова думка, 2006. С. 391-401.
7. Старушенко Л. И., Бушуев С. Г. Причерноморские лиманы Одесщины и их рыбохозяйственное использование. Одесса, Астропринт, 2001. 152 с.
8. Шекк П. Изменение видового состава ихтиофауны Хаджибейского лимана под действием антропогенных факторов и пути её целенаправленного формирования // Науковий вісник Східноєвропейського університету ім. Л. Українки. Зоологія. 2015. № 2. С. 76-82.
9. Руководство по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. 263 с.
10. Redfield A. C. *On the proportion of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton*. James Johnstone Memorial Volume University Press, Liverpool, 1934, pp. 176-192.
11. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Окснюк та інші. Київ, 2001. 48 с.
12. Мизандронцев И. Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. Новосибирск: Наука, 1990. 175 с.

#### REFERENCES

1. Gopchenko E. D., Shakirzanova Zh. R. Assessment of the filling of the Hadzhibey estuary with surface waters and long-term forecasting of its condition in the spring period of the year. *Aktual'nye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya* [Actual problems of estuaries of North-West of the Black Sea]. Odessa: TES, 2011, pp. 69-207. (In Russian)
2. Perestoronina S. Yu., Perestoronin I. L. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta – Proceedings of the Southern Federal University*, 2002, issue 6, vol. 29, pp. 141-145. (In Russian)
3. Tuchkovenko Yu. S., Ivanov V. A., Sapko O. Yu. *Otsenka vliyaniya beregovykh antropogennykh istochnikov na kachestvo vod Odesskogo rayona severo-zapadnoy chasti Chernogo morya* [Assessment of the impact of coastal anthropogenic sources on the quality of waters in the Odessa region of the northwestern part of the Black Sea]. Sevastopol: SPC «EKOSI-Gidrofizika», 2011. 69 p.
4. Rozengurt M. S. *Gidrologiya i perspektivy rekonstruktsii prirodnykh resursov Odesskikh limanov* [Hydrology and prospects of reconstruction of natural resources of the Odessa estuaries]. Kiev: Naukova Dumka, 1974. 224 p.
5. Zhuravleva L. A., Aleksandrova N. G. *Gidrokhimicheskiy rezhym* [Hydrochemical Regime]. *Limany Severnogo Prichernomor'ya* [Limans of the Northern Black Sea Coast]. Kyev: Naukova Dumka, 1990, pp. 29-69.
6. Zaitsev Yu. P., Aleksandrov B. G., Minicheva G. G. (Eds). *Severo-zapadnaya chast' Chernogo morya: biologiya i ekologiya* [The North-Western part of the Black Sea: Biology and Ecology]. Odessa branch of the Institute of Biology of Southern Seas of NASU. Kiev: Naukova Dumka, 2006, pp. 391-401.
7. Starushenko L. Y., Bushuev S. H. *Prichernomorskie limany Odesshchiny i ikh rybkhozyaystvennoe ispol'zovanie* [Black Sea estuaries of Odessa region and their fishery use]. Odessa: Astroprint, 2001. 152 p.
8. Shekk P. *Naukovyy visnyk Skhidnoyevropeys'koho universytetu im. L. Ukrayinky. Zoolohiya – Scientific bulletin of The L. Ukrayinka Eastern University. Zoology*, 2015, no. 2. pp. 76-82. (In Russian)
9. *Guide to the chemical analysis of the RD 52.10.243-92 sea waters*. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993, 263 p. (In Russian)
10. Redfield A. C. *On the proportion of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton*. James Johnstone Memorial Volume University Press, Liverpool, 1934, pp. 176-192.
11. Romanenko V. D., Zhukyns'kyy V. M., Oksyyuk O. P. *Metodyka vstanovlennya i vykorystannya ekolohichnykh normatyviv yakosti poverkhnevyykh vod sushy ta estuariyiv Ukrayiny* [The methodology of the installation and the certification of ecologic norms for anchor surface waters of the land and Ukraine]. Kyviv, 2001. 48 p.
12. Mizandrontsev I. B. *Khimicheskie protsessy v donnykh otlozheniyakh vodoemov* [Chemical processes in bottom sediments of reservoirs]. Novosibirsk: Nauka, 1990. 175 p.

## QUALITY OF AQUATIC ENVIRONMENT OF KHADZHIBEYSKYI LIMAN IN SUMMER, 2016

**Yu. I. Bogatova, Ph.D. (Geogr.),  
L. Yu. Sekundak, E. V. Kirsanova**

*Institute of Marine Biology, National Academy of Sciences of Ukraine,  
37 Pushkinskaya Street, 65016, Odessa, Ukraine, bogatovayu@gmail.com*

The article describes the quality of the aquatic environment of Khadzhibeyskyi Liman (one of the largest closed reservoirs of the north-western Black Sea region) based on the analysis of the results of hydrochemical studies conducted in July 2016. This is a valuable balneological, recreational and fishery reservoir whose southern part has been accepting sewage water from Odessa for over 100 years. According to hydrochemical indicators ecosystem of the southern part of the liman is characterized as eutrophic with a high level of nitrogen and phosphorus compounds caused by anthropogenic discharge from the Severnaya Biological Treatment Station. High concentrations of ammonium nitrogen ( $0.100 \text{ mgN}\cdot\text{m}^{-3}$ ), nitrites ( $0.102 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) and maximum Liman's concentration of nitrates ( $1.629 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) were discovered in the surface layer near the functioning discharge of the Biological Treatment Station with high concentrations of ammonium nitrogen ( $0.772 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) and phosphates ( $0.457 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) observed in the near-bottom layer.

During monitoring near-bottom hypoxia was recorded at the stations with a depth of 8–12 m. It developed after settling and decomposition of dead suspended organic matter (phytoplankton) under conditions of slow hydrodynamics. Maximum Liman's concentrations of ammonium nitrogen, phosphates and silicon were observed in the Liman's near-bottom layer at the stations with hypoxia.

Liman's bottom sediments perform a cumulative function and determine the intensity of substance flows at the "water-bottom sediments" border, have influence on its hydrochemical regime. Concentrations of mineral and organic substances in bottom sediments' pore water are several times higher than the ones in the Liman's near-bottom layer, especially at the stations with hypoxia.

**Key words:** hydrochemical regime, biogenic substances, bottom sediments, anthropogenic discharge, Khadzhibeyskyi Liman.

## ЯКІСТЬ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ВЛІТКУ 2016 р.

**Ю. І. Богатова, канд. геогр. наук,  
Л. Ю. Секундяк, Є. В. Кирсанова**

*Інститут морської біології НАН України  
ул. Пушкінська, 37, 65011, Одеса, Україна, bogatovayu@gmail.com*

На основі аналізу результатів гідрохімічних досліджень в липні 2016 р. дана характеристика якості водного середовища Хаджибейського лиману – одного з найбільших замкнутих водойм північно-західного Причорномор'я. Це цінна бальнеологічна, рекреаційна і рибогосподарська водойма, в південну частину якої протягом більше 100 років надходять стічні води м. Одеса. За гідрохімічними показниками екосистема південній частині лиману характеризується як евтрофна, високий рівень вмісту азоту та фосфору підтримується антропогенним стоком станції біологічної очистки (СБО) «Північна». У поверхньому шарі поблизу працюючого випуску СБО відзначали високі концентрації амонійного азоту ( $0,100 \text{ mgN}\cdot\text{m}^{-3}$ ), нітритів ( $0,102 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), максимальні для лиману концентрації нітратів ( $1,629 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), а в придонному – амонійного азоту ( $0,772 \text{ mgN}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) і фосфатів ( $0,457 \text{ mgP}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). В період проведення моніторингу на глибинах 8–12 м фіксували придонну гіпоксію, що утворилася після осідання і розкладання відмерлої зваженої органічної речовини (фітопланктону) в умовах сповільненої гідродинаміки. У придонному шарі на станціях з гіпоксією відзначали максимальні для лиману концентрації амонійного азоту, фосфатів і кремнію.

Донні відкладення лиману виконують накопичувальну функцію, визначають інтенсивність потоків речовини на кордоні «вода-донні відкладення», впливають на його гідрохімічний режим. Концентрації мінеральних і органічних речовин в поровій воді донних відкладів, особливо на станціях з гіпоксією, в кілька разів перевищували значення в придонному шарі лиману.

**Ключові слова:** гідрохімічний режим, біогенні речовини, донні відклади, антропогенні стоки, Хаджибейський лиман

Дата першого подання: 12. 04. 2017

Дата надходження остаточної версії: 05. 05. 2017

Дата публікації статті: 29. 06. 2017: