

УДК 551.464.32

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Ю.И. Богатова, к.геогр.н.

*Институт морской биологии НАН Украины
ул. Пушкинская, 37, 65011, Одеса, Україна, yubogatova@mail.ru*

На основе анализа данных мониторинга до и после запуска морской воды (2014-2015 гг.) дана характеристика современного гидрохимического режима Куяльницкого лимана – ценного бальнеологического и рекреационного объекта. Сделан вывод о том, что заполнение лимана морской водой не привело к ухудшению гидрохимических условий. Это связано с тем, что в морской воде содержание биогенных веществ – соединений азота, фосфора и кремния, определяющих биологическую продуктивность водоема, значительно ниже, чем в рапе лимана. В лимане, после пополнения его морской водой, в теплый период года отмечали активное развитие внутриводоемных продукционных процессов – образование автохтонного органического вещества (фитопланктон), из которого в дальнейшем формируются лечебные грязи. Показан вклад антропогенных и природных источников биогенных веществ в формировании гидрохимических условий лимана. Основными источниками поступления в лиман биогенных веществ были: растворенных органических соединений азота и фосфора – морская вода, растворенных минеральных соединений азота (нитраты) и кремния – атмосферные осадки. С морскими водами в лиман поступило до 132 тыс. т поваренной соли, что составляет не более 1,6 % от общих запасов в соли в лимане. Зарегулированный на всем протяжении сток реки Большой Куяльник оказывает слабое влияние на формирование гидрохимического режима лимана. Антропогенные источники – неочищенные коммунальные стоки с прилегающих к лиману территорий, содержащие сверхвысокие концентрации минеральных соединений азота (Корсунцовские пруды) и фосфора (Лузановские пруды), – оказывают локальное влияние на экосистему, т.к. имеют относительно небольшие расходы воды.

Ключевые слова: гидрохимический режим, природные и антропогенные источники, морская вода, Куяльницкий лиман

1. ВСТУПЛЕНИЕ

Гидрохимический режим закрытого Куяльницкого лимана – ценного бальнеологического и рекреационного объекта с уникальными по составу и свойствам рапой и глинами (пелоидами), определяется естественными и антропогенными факторами. К ним относятся: сток реки Большой Куяльник и пресные воды с минерализацией < 5 ‰ из водоемов и водотоков пересыпи лимана и прилегающих территорий, поверхностный и подземный сток, атмосферные осадки и испарение, фильтрация морской воды через пересыпь, развитие внутриводоемных гидробиологических процессов [1-6]. Поскольку подземное питание и фильтрация морской воды через антропогенно-преобразованную шестикилометровую пересыпь незначительны, а сток р. Б. Куяльник в результате хозяйственной деятельности зарегулирован на всем протяжении, они не играют важной роли в формировании гидрохимического режима. Следует также отметить, что в связи с интенсивным хозяйственным использованием земель на территории водосбора, объем бокового стока в

лиман значительно сократился и в отдельные периоды сток в лиман с водосборной площади р. Б. Куяльник отсутствует. Таким образом, основное значение в формировании гидрохимического режима лимана в настоящее время имеют атмосферные осадки и испарение, а также сток малых водотоков с прилегающей территории. Влияние внутриводоемных гидробиологических процессов на гидрохимические условия лимана из-за нестабильности режима солености периодически то усиливается, то ослабевает, поскольку соленость более 150 ‰ ограничивает развитие флоры и фауны в водных экосистемах. В связи с катастрофическим сокращением объема вод и площади водного зеркала лимана, повышением солености рапы до 300 ‰ и ослаблением процесса грязеобразования [3, 7], в 2014 г. было принято решение о поэтапном пополнении лимана морской водой из Одесского залива. Всего планировали закачать в лиман до 45 млн. м³ морской воды в холодный период года, когда ее температура не будет превышать 8 °С. Выбор температурного диапазона связан с

минимальными скоростями химико-биологических процессов в морской и лиманной экосистемах.

Цель работы заключается в анализе современного гидрохимического режима Куяльницкого лимана после поступления морских вод, оценке роли природных и антропогенных факторов в его формировании. Актуальность этой задачи определяется сложностями в стабилизации солевых и биологических условий лимана и, связанного с ними процесса, грязеобразования, а также с реализацией первого этапа "Региональной программы сохранения и восстановления водных ресурсов в бассейне Куяльницкого лимана на 2012-2018 гг.", предусматривающего пополнение лимана морскими.

2. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы собственные результаты гидрохимического мониторинга, начатого в декабре 2014 г., до поступления в лиман морских вод, и продолженного как в период подачи воды (24.12.2014 г.-20.04.2015 г.), так и после, до второй декады ноября 2015 г. В июне, сентябре и октябре 2015 г. пробы не отбирались. Мониторинг включал отбор проб воды из антропогенных источников (Лузановские и Корсунцовские пруды, ручей у с. Красноселка), в устье реки Б. Куяльник, морской воды из трубопровода, соединяющего лиман с морем, а также отбор проб рапы в южной, центральной и северной частях лимана.

В воде и рапе определяли следующие гидрохимические параметры: соленость (или минерализация), абсолютная величина растворенного кислорода и процент его насыщения, содержание растворенных минеральных соединений азота (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) и фосфора (PO_4^{3-}), общих и органических соединений азота ($N_{\text{общ}}$, $N_{\text{орг}}$) и фосфора ($P_{\text{общ}}$, $P_{\text{орг}}$), кремния (Si), растворенных органических веществ (РОВ). Определение параметров проводили стандартными, общепринятыми в мировой практике методами для морских вод [8, 9]. Выбор перечисленных параметров дает возможность оценить формирование гидробиологических процессов в экосистеме и спрогнозировать их развитие. Минеральные и органические соединения азота и фосфора, а также кремний, которые называют биогенными веществами (БВ), участвуют в важнейших процессах жизнедеятельности гидробионтов,

таких как дыхание, фотосинтез, обмен веществ, определяют биологическую продуктивность водоема. За период мониторинга было проанализировано 69 проб воды и рапы, выполнено 885 анализов. Результаты мониторинга представлены в таблице 1.

Количество поступившей в лиман морской воды оценивалось по результатам измерений гидрометрической вертушки марки Model 2030R₂ General Oceanics inc. с введением поправочного коэффициента на трение в бетонном лотке.

Количество выпавших на акваторию лимана осадков было рассчитано по данным [10] с учетом изменений площади его водной поверхности, которая определялась по спутниковым снимкам в Google Earth PRO.

3. АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ результатов гидрохимического мониторинга до начала поступления морской воды в лиман в (декабрь 2014 г.) показал, что уровень минеральных и органических веществ в рапе на порядок и более превышает их значение в Одесском заливе, что отмечали и ранее [1]. Эта тенденция сохранялась до апреля 2015 г., когда, после официального прекращения заполнения лимана морскими водами, в трубопровод, а затем и в лиман продолжали поступать загрязненные воды (предположительно попавшие в него плохо очищенные коммунальные стоки), с высоким содержанием соединений азота и фосфора (табл. 2). Заполнение чаши лимана морской водой проходило медленно (около 80 тыс. м³/сут), т.к. лиман имеет значительную длину и площадь зеркала (до 38 км²). В этот период в распределении солености и биогенных веществ на акватории лимана отмечали значительную пространственно-временную неоднородность. Это связано с медленным перемешиванием поступающих морских вод, которые растекались по поверхности рапы. Перемешивание двух сильно различающихся по плотности водных масс происходило, в основном, за счет ветра. В дальнейшем отмечали выход (диффузию) в рапу хлоридов и БВ из пелоидов лимана, концентрации которых в поровых растворах пелоидов на один-два порядка выше, чем в рапе. Накопление БВ в пелоидах связано со слабой минерализацией отмершего автохтонного органического вещества в восстановительных условиях, и является типичным для гиперсоленых водоемов.

Таблица 1 – Соленость, содержание (средние значения) минеральных и органических соединений биогенных элементов в рапе Куяльницкого лимана до начала поступления морских вод (декабрь, 2014 г.) и в 2015 г.

| Месяц, год | S, ‰ | POB, мгО·дм ⁻³ | NH ₄ ⁺ | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | N _{ОРГ} | PO ₄ ³⁻ | P _{ОРГ} | Si, мг·дм ⁻³ | |
|---------------------------------------|-------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|--|
| | | | мгN·дм ⁻³ | | | | мгP·дм ⁻³ | | | |
| южная часть Куяльницкого лимана | | | | | | | | | | |
| ХІІ, 2014 | 247,0 | 39,11 | - | 0,185 | 0,220 | 3,27 | 0,230 | 0,220 | 8,70 | |
| І, 2015 | 244,9 | 56,05 | 2,050 | 0,091 | 0,568 | 8,95 | 0,161 | 0,514 | 9,67 | |
| ІІ | 213,7 | 57,73 | 0,361 | 0,186 | 0,782 | 11,97 | 0,317 | 0,040 | 13,71 | |
| ІІІ | 192,7 | 46,76 | 0,328 | 0,266 | 1,484 | 20,46 | 0,385 | 0,142 | 14,27 | |
| ІV | 171,3 | 38,44 | 0,314 | 0,118 | 2,122 | 10,67 | 0,269 | 0,202 | 11,87 | |
| V | 201,3 | 43,47 | 0,270 | 0,074 | 0,362 | 13,07 | 0,089 | 0,192 | 12,64 | |
| VІІ | 241,0 | - | 0,367 | 0,071 | 1,254 | 12,57 | 0,370 | 0,132 | 14,36 | |
| VІІІ | 290,4 | 56,80 | 0,015 | 0,032 | 0,161 | 23,41 | 0,119 | 0,075 | - | |
| XI | 271,3 | 40,66 | 0,936 | 0,038 | 0,461 | 10,16 | 0,281 | 0,137 | 5,43 | |
| центральная часть Куяльницкого лимана | | | | | | | | | | |
| ХІІ, 2014 | 254,0 | 50,75 | - | 0,232 | 0,262 | 3,27 | 0,273 | 0,254 | 9,92 | |
| ІІІ, 2015 | 202,0 | 67,60 | 0,442 | 0,189 | 0,657 | 34,58 | 0,261 | 0,072 | 15,83 | |
| ІV | 185,0 | 43,93 | 0,25 | 0,153 | 4,422 | 10,49 | 0,617 | 0,051 | 10,36 | |
| V | 209,3 | 43,93 | 0,309 | 0,075 | 0,313 | 13,14 | 0,129 | 0,103 | 16,02 | |
| VІІІ | 290,6 | 64,80 | 0,015 | 0,025 | 0,201 | 23,59 | 0,061 | 0,151 | - | |
| XI | 314,8 | 36,20 | 1,162 | 0,011 | 0,399 | 11,42 | 0,161 | 0,241 | 3,28 | |
| северная часть Куяльницкого лимана | | | | | | | | | | |
| ХІІ, 2014 | 221,0 | 48,26 | - | 0,167 | 0,322 | 2,93 | 0,273 | 0,257 | 8,50 | |
| І, 2015 | 15,2 | 8,84 | 0,274 | 0,037 | 0,273 | 9,43 | 0,072 | 0,012 | 3,37 | |
| ІІ | 121,7 | 39,36 | 0,325 | 0,106 | 0,473 | 9,77 | 0,232 | 0,299 | 11,43 | |
| ІІІ | 208,5 | 60,84 | 0,558 | 0,243 | 2,034 | 37,32 | 0,309 | 0,179 | 14,85 | |
| ІV | 188,5 | 39,71 | 0,222 | 0,131 | 1,817 | 7,39 | 0,456 | 0,286 | 13,97 | |
| V | 238,1 | 43,47 | 0,309 | 0,076 | 0,244 | 14,98 | 0,153 | 0,100 | 11,97 | |
| VІІІ | 297,3 | 68,00 | 0,016 | 0,072 | 0,217 | 22,68 | 0,129 | 0,174 | - | |
| XI | 292,2 | 31,48 | 1,267 | 0,02 | 0,452 | 12,59 | 0,194 | 0,068 | 3,68 | |

Таблица 2 – Соленость, содержание минеральных и органических соединений биогенных элементов в поступающей в лиман морской воде

| Месяц, год | S, ‰ | POB, мгО·дм ⁻³ | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | N _{ОРГ} | PO ₄ ³⁻ | P _{ОРГ} | Si, мг·дм ⁻³ |
|---------------|-------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|
| | | | мгN·дм ⁻³ | | | мгP·дм ⁻³ | | |
| ХІІ, 2014 г. | 17,30 | 1,66 | 0,011 | 0,039 | 0,16 | 0,014 | 0,017 | 0,09 |
| І, 2015 г. | 13,27 | 1,58 | 0 | 0,040 | 0,72 | 0,019 | 0,190 | 1,32 |
| ІІ, 2015 г. | 11,25 | 1,26 | 0,006 | 0,028 | 0,59 | 0,029 | 0,053 | 1,57 |
| ІІІ, 2015 г. | 15,95 | 2,02 | 0,003 | 0,055 | 0,84 | 0,008 | 0,015 | 1,07 |
| ІV, 2015 г. * | 17,56 | 5,24 | 0,034 | 0,263 | 5,21 | 0,419 | 0,159 | 6,11 |

*в трубопровод поступают неочищенные коммунальные стоки

Пространственно-временная изменчивость некоторых гидрохимических параметров в рапе во время заполнения лимана морской водой представлена на рис. 1.

В теплый период года (апрель-август) в лимане, несмотря на рост солёности, отмечали активное развитие внутриводоемных продукционных процессов – образование нового органического вещества (фитопланктон), из которого формируются лечебные грязи-пелоиды. Например, уже в апреле при температуре рапы 10–14 °С, ее насыщение кислородом достигало 130–140 %, а в мае с ростом температуры до 32–

33 °С–200–290 %. Развитие фотосинтеза сопровождалось ростом содержания растворенных органических и снижением – минеральных соединений азота и фосфора, что видно из табл. 3. С понижением температуры (ноябрь) интенсивность продукционных процессов, напротив, снижалась, отмечали доминирование деструкционных процессов.

В рапе отмечали снижение концентраций растворенных органических веществ (POB, N_{ОРГ}, P_{ОРГ}) и увеличение минеральных форм биогенных веществ.

Таким образом, пополнение лимана морскими водами не ухудшило гидрохимический режим, а положительно

отразилось на развитии продукционно-деструкционных процессов и способствовало грязеобразованию.

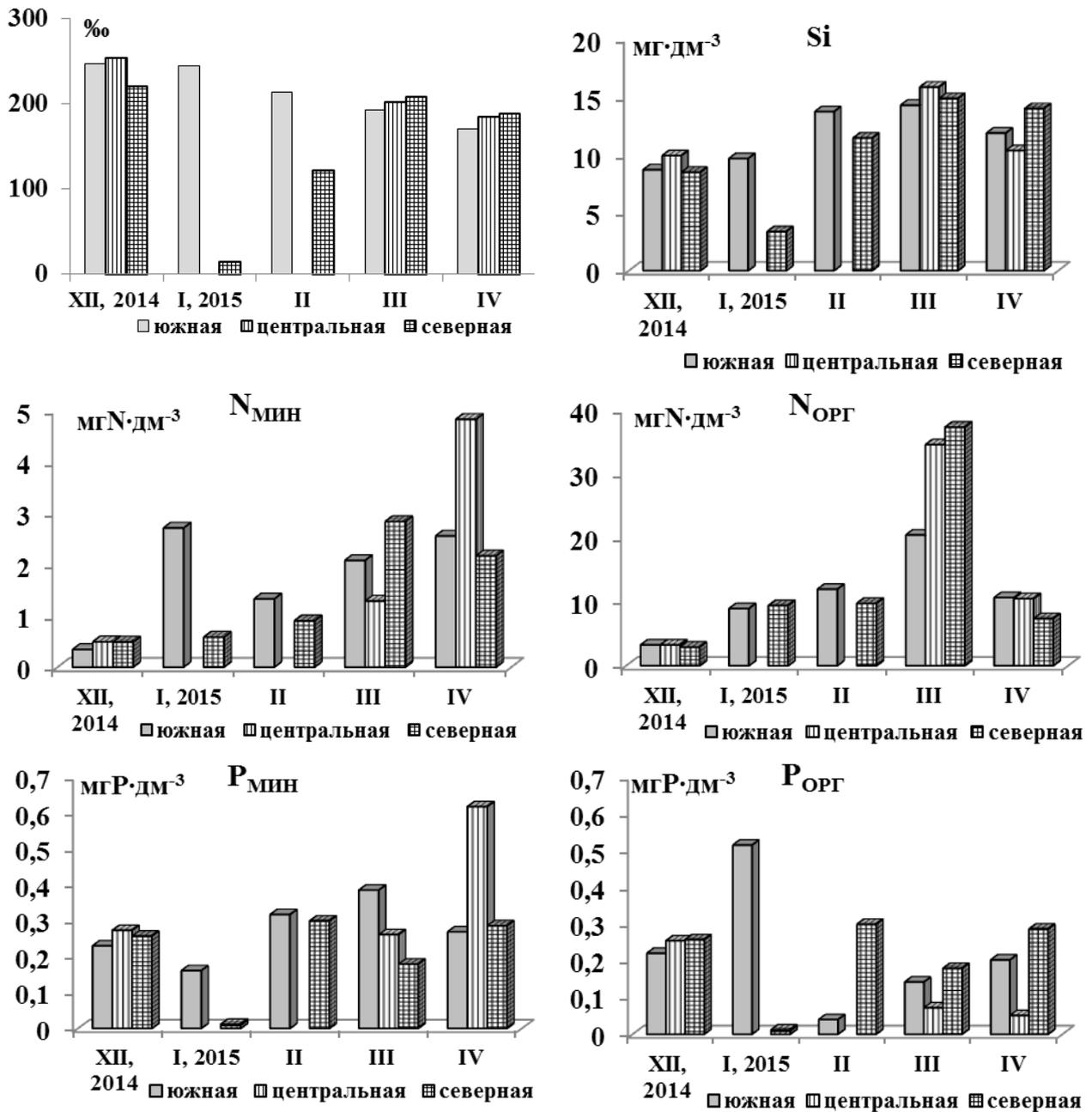


Рис. 1 – Пространственно-временная изменчивость гидрохимических параметров в рапе Куяльницкого лимана до и во время заполнения лимана морской водой.

Таблица 3 – Соленость, содержание (средние значения) минеральных и органических форм биогенных веществ в рапе Куяльницкого лимана после заполнения его морской водой в 2015 г.

| Месяц | S, % | POB, мгО·дм ⁻³ | мгN·дм ⁻³ | | | мгP·дм ⁻³ | | Si, мг·дм ⁻³ |
|-------|-------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|
| | | | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | N _{орг} | PO ₄ ³⁻ | P _{орг} | |
| IV | 181,6 | 40,70 | 0,040 | 0,641 | 2,19 | 0,134 | 0,058 | 12,07 |
| VII | 241,0 | 50,20 | 0,071 | 1,254 | 12,57 | 0,370 | 0,132 | 14,36 |
| VIII | 292,8 | 60,64 | 0,039 | 0,180 | 23,30 | 0,109 | 0,110 | 16,45 |
| XI | 292,8 | 37,93 | 0,029 | 0,447 | 10,9 | 0,239 | 0,144 | 4,65 |

Таблица 4 – Пределы колебаний и средние значения некоторых гидрохимических показателей в воде антропогенных и природных источников поступающих в Куяльницкий лиман и характеристика их влияния на экосистему

| Источник | $V_{\text{стока}}$, тыс.м ³ кол-во месяцев | Минерализация, г·дм ⁻³ | РОВ, мгО·дм ⁻³ | NO ₃ ⁻ | N _{орг} | PO ₄ ³⁻ | P _{орг} | Si, мг·дм ⁻³ |
|--------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | | | | мгN·дм ⁻³ | | мгP·дм ⁻³ | | |
| Антропогенные источники | | | | | | | | |
| Лузановские пруды | $\frac{442,0}{11}$ | 1,1-1,8 | $\frac{4,35-1,20}{32,32}$ | $\frac{0,05-0,70}{0,39}$ | $\frac{1,07-4,35}{5,92}$ | $\frac{0,01-0,83}{0,38}$ | $\frac{0,02-0,59}{0,24}$ | $\frac{3,9-10,4}{6,2}$ |
| поступило в лиман со стоком, т | | | ~ 14,3 | ~ 0,16 | ~ 2,62 | ~ 0,17 | ~ 0,11 | ~ 2,7 |
| Корсунцовские пруды | $\frac{2650,4}{7}$ | 1,2-1,7 | $\frac{3,32-8,73}{14,87}$ | $\frac{0,03-1,37}{0,63}$ | $\frac{0,19-4,82}{2,59}$ | $\frac{0,01-0,05}{0,03}$ | $\frac{0,01-0,07}{0,03}$ | $\frac{1,6-6,6}{3,4}$ |
| поступило в лиман со стоком, т | | | ~ 39,41 | ~ 1,67 | ~ 6,87 | ~ 0,08 | ~ 0,09 | ~ 9,0 |
| ручей у с. Красноселка | $\frac{25,2}{4}$ | < 2,0 | $\frac{16,05-60}{37,97}$ | $\frac{0,03-1,35}{0,60}$ | $\frac{4,63-3,47}{9,01}$ | $\frac{0,13-0,17}{0,61}$ | $\frac{0,10-0,46}{0,26}$ | $\frac{1,5-7,6}{4,1}$ |
| поступило в лиман со стоком, т | | | ~ 0,96 | ~ 0,02 | ~ 0,23 | ~ 0,02 | ~ 0,01 | ~ 0,1 |
| Природные источники | | | | | | | | |
| р. Большой Куяльник | $\frac{27,9}{2}$ | 1,0-3,8 | $\frac{2,68-4,90}{3,80}$ | $\frac{0,09-0,28}{0,19}$ | $\frac{0,99-5,64}{3,77}$ | $\frac{0,04-0,24}{0,12}$ | $\frac{0,01-0,13}{0,06}$ | $\frac{2,3-5,5}{4,2}$ |
| поступило в лиман со стоком, т | | | ~ 1,06 | ~ 0,05 | ~ 1,05 | ~ 0,04 | ~ 0,02 | ~ 1,2 |
| атмосферные осадки | $\frac{16500,0}{11}$ | < 1,0 | - | 1,093 | 0,056 | 0,05 | 0,02 | 1,6 |
| поступило в лиман, т | | | - | ~ 18,20 | ~ 0,920 | ~ 0,85 | ~ 0,30 | ~ 26,4 |
| морская вода | $\frac{9500,0}{11}$ | $\frac{11,3-17,7}{14,7}$ | $\frac{1,26-5,24}{2,61}$ | $\frac{0,03-0,26}{0,10}$ | $\frac{0,19-5,21}{1,85}$ | $\frac{0,01-0,42}{0,13}$ | $\frac{0,01-0,16}{0,06}$ | $\frac{0,8-6,1}{2,5}$ |
| поступило в лиман, т | | 131850 NaCl | ~ 24,80 | ~ 0,93 | ~ 16,65 | ~ 1,18 | ~ 0,54 | ~ 22,8 |

Расчёты показали, что с 9 млн. м³ морской воды (со средней солёностью 14,65 ‰) за 4 месяца в лиман поступило около 17,6 т растворенных соединений азота (до 0,9 т минеральных и до 16,7 т органических), до 1,8 т соединений фосфора (около 1,2 т минеральных и 0,6 т органических), около 22,8 т соединений кремния и до 131,850 тыс. т поваренной соли (табл. 4). Это количество составляет не более 1,6 % от запасов соли в лимане, которые оцениваются в 8,5 млн. т.

Результаты мониторинга позволили рассчитать вклад природных и антропогенных источников в формирование гидрохимического режима и запасов БВ в лимане. Это, в свою очередь, дает возможность прогнозировать изменчивость гидрохимических условий в экосистеме при последующем пополнении лимана морской или пресной водой (табл. 4, рис. 2).

Так, влияние стока р. Б. Куяльник на экосистему лимана крайне мало – на протяжении всего периода исследований сток фиксировали только в апреле и мае 2015 г., а расходы воды в эти месяцы соответственно составляли 7000 и 2300 м³·сут⁻¹ (данные В.В. Адобовского). Ранее было установлено, что катастрофическое

снижение стока реки связано с совокупным влиянием климатических изменений и изъятием стока на наполнение прудов на водосборном бассейне лимана. По данным Одесского государственного экологического университета за 2010 г., в бассейне р. Б. Куяльник существует около 135 искусственных водоемов, общий объем которых составляет около 15,6 млн. м³.

Атмосферные осадки играют существенную роль в формировании гидрохимического режима лимана. Количество, поступивших в лиман с января по апрель морских вод и атмосферных осадков сопоставимо – 9,0 млн. м³ и 9,5 млн. м³ соответственно. Всего же за 11 месяцев 2015 г. на акваторию лимана поступило около 16,5 млн. м³ атмосферных осадков (данные В.В. Адобовского). Расчеты, выполненные на основе данных о содержании основных БВ в атмосферных осадках для северо-западной части Черного моря [2] показали, что они были основным источником поступления в лиман нитратов и кремния (табл. 4).

Влияние антропогенных источников на формирование гидрохимических условий лимана прослеживается лишь на локальных участках, что связано с незначительной величиной стока и их временным действием (до

нескольких месяцев в году).

Самый мощный, действующий практически круглогодично, источник – сток из Лузановских прудов, который формируется подземными коммунальными стоками прилегающего к лиману района города (табл. 4).

4. ВЫВОДЫ

На основании результатов мониторинга 2014-2015 гг. можно констатировать следующее: поступление морских вод из Одесского залива не ухудшило гидрохимические условия Куяльницкого лимана, т.к. содержание БВ в морской воде значительно ниже, чем в рапе лимана. Однако поступление 9 млн. м³ морской воды не стабилизировало уровень солености в лимане. В теплый период года (апрель-август), несмотря на увеличение солености рапы, в лимане отмечали активизацию внутри-водоемных продукционных процессов с образованием нового автохтонного органического вещества (фитопланктона), из которого формируются лечебные грязи лимана.

С морской водой (9 млн. м³) за 4 месяца в лиман поступило до 17,6 т растворенных соединений азота (около 0,9 т минеральных и 16,7 т органических), до 1,8 т соединений фосфора (до 1,2 т минеральных и 0,6 т органических), около 22,8 т соединений кремния и до 132 тыс. т NaCl.

При запасах соли в лимане до 8,5 млн. т, количество поступившей с морской водой NaCl составляет не более 1,6 %. С атмосферными осадками (около 16,5 млн. м³), которые выпали на акваторию лимана за 11 месяцев 2015 г., поступило до 1,09 т минерального азота (нитраты), 0,07 т минеральных и органических соединений фосфора и 1,6 т соединений кремния. Антропогенные источники – неочищенные коммунальные стоки с прилегающих к лиману территорий, имеют относительно небольшие расходы воды, поэтому, несмотря на сверхвысокие концентрации соединений азота (Корсунцовские пруды) и фосфора (Лузановские пруды), они оказывают на экосистему лимана локальное воздействие. Установлено, что основным источником поступления в лиман органических соединений азота и минерального фосфора были морские воды, а минеральных соединений азота и кремния – атмосферные осадки.

Несмотря на экологическую безопасность (в химическом плане) наполнения Куяльницкого лимана морской водой [11], для сохранения экосистемы лимана и адекватного управления

ею должен осуществляться постоянный контроль за абиотическими и биотическими параметрами среды.

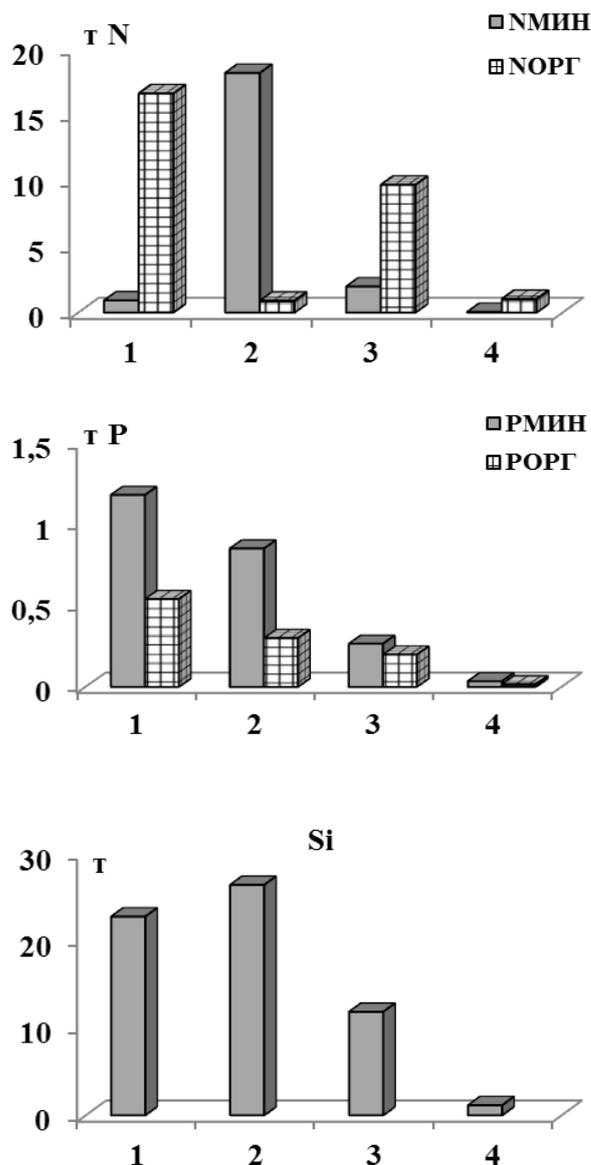


Рис. 2 – Вклад природных и антропогенных источников в формирование гидрохимических условий Куяльницкого лимана в 2015 г.: 1 – морская вода, 2 – атмосферные осадки, 3 – антропогенные источники, 4 – р. Б.Куяльник.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов /М.Ш. Розенгурт. – Киев, Наукова думка, 1974. – 224 с.
2. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология: монография / [Г.П. Гаркавая, Ю.И. Богатова; В.В. Адобовский, Ю.И. Богатова и др.]; ред. Ю.П. Зайцев, Б.Г. Александров, Г.Г. Миничева; Одесский филиал Ин-та биологии южных морей НАН Украины. – Киев: Наукова думка, 2006. – С. 67, 407-411.

3. Нікіпелова О.М. Результати моніторингу колоїдно-хімічних властивостей мулових сульфідних систем Куяльницького лиману та озера Чокрак /О.М. Нікіпелова //Тр. Од. політехн. ун-ту. – 2009. – Вип. 1 (13). – С. 169-173.
4. Гопченко Є.Д. Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми /Є.Д. Гопченко, О.М. Гриб //Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2010. – Вип. 51. – С. 200-215.
5. Эннан А.А. Деградація водної екосистеми Куяльницького лимана і пути ее восстановления /А.А. Эннан, Г.Н. Шихалева, В.В. Адобовский, В.П. Герасимюк, И.И. Шихалеев, А.И. Кирюшкина //Причерноморський Екологічний бюлетень. – Одеса, 2012. – №1 (43) – С. 75-85.
6. Адобовский В.В. Особенности современного гидролого-гидрохимического режима Куяльницького лимана и прогнозная оценка его составляющих в условиях возможного пополнения водоема морскими и пресными водами /В.В. Адобовский, Ю.И. Богатова //Український гідрометеорологічний журнал. – 2013. – № 13. – С. 127-137.
7. Загоровский Н.А. О колебаниях гидрологических и биологических свойств Одесских лиманов /Н.А. Загоровский, А. Багдасарьянц, А.В. Окул //Тр. Всеукр. ин-та курортологии и бальнеологии. 1933.– Вип. 2. – С. 37-44.
8. Методы гидрохимических исследований океана. – М.: Наука, 1978. – 261 с.
9. Руководство по химическому анализу морских вод РД 52.10.243-92. – Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1993. – 263 с.
10. Кліматический монитор в Одессе. – Интернет ресурс //www.pogodaiklimat.ru.
11. Антонович В.П. Результаты химико-аналитического изучения рапы и пелоидов Куяльницького лимана в начальный период его заполнения морской водой /В.П. Антонович, С.А. Андронати //Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку. Матер. Всеукраїнської наук.-практ. конф. – Одеса, 2015. – С. 13-15
- monitoring of koloidno-chemical properties of mud sulphidic systems of the Kuyalnitsky estuary and lake Chokrak]. *Tr. Od. politehn. un-tu - Works of the Odessa polytechnical university*, 2009, vol. 1(13), pp. 169-173.
4. Gopchenko E.D., Grib O.N. Otsinka skladovykh vodnoho balansu Kuyal'nitskoho limanu ta vyznachennya prychnyn suchasnoho obmilinnya vodyomy [Assessment of components of water balance of the Kuyalnitsky estuary and definition of the reasons of a modern shallowing of a reservoir]. *Meteorolohiya, klimatolohiya ta hidrolohiya - Meteorology, climatology and hydrology*, 2010, no. 51, pp. 200-215.
5. Ennan E.E., Shihaleeva G.N., Adobovskiy V.V., Gerasimyuk V.P., Shihaleev I.I., Kiryushkina A.I. Degradatsiya vodnoy ekosistemy Kuyal'nitskogo limana i puti ee vosstanovleniya [Degradation of a water ecosystem of the Kuyalnitsky estuary and way of its restoration. *Prychernomors'kyy Ekolohichmyy byuletyn' – Black Sea Ecological bulletin*, 2013, no. 1, pp. 127-137.
6. Adobovsky V., Bogatova Yu. Osobennosti sovremennogo gidrologo-gidrokhimicheskogo rezhima Kuyal'nitskogo limana i prognoznaya otsenka ego sostavlyayushchikh v usloviyakh vozmozhnogo popolneniya vodoema morskimi i presnymi vodami [Hydrological and hydrochemical conditions of the Kuyalnik liman under conditions of its replenishment with sea and fresh waters]. *Ukr. gidrometeorol. zh. – Ukrainian hydrometeorological journal – Odessa State Environmental University*, 2013, no. 13, pp. 127-137.
7. Zagorovsky N.A., Bagdasaryanz A., Okul A.V. O kolebaniyakh gidrologicheskikh i biologicheskikh svoystv Odesskikh limanov [About fluctuations of hydrological and biological properties of the Odessa estuaries]. *Tr. Vseukr. in-ta kurortologii i bal'neologii – Works of Ukrainian institute of spa medicine and balneology*, 1933, vol. 2, p. 37-44.
8. *Metody gidrokhimicheskikh issledovaniy okeana* [Methods of hydrochemical researches of the ocean]. Moscow: Nauka, 1978, 261 p.
9. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh vod RD 52.10.243-92* [Guide to the chemical analysis of the sea waters RD 52.10.243-92]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993, 263 p.
10. *Klimaticheskyy monitor v Odesse* [Climatic Odessa monitor]. Available at: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor>.
11. Antanovich V.P., Andronati S.A. *Rezultaty khimiko-analiticheskogo izucheniya rapy i peloidov Kuyal'nitskogo limana v nachal'nyy period ego zapolneniya morskoy vody* [Results of chemical analysis studying of a brine and peloid of the Kuyalnitsky estuary in an initial stage of its filling with sea water]. *Prirодно-ресурсный потенциал Куйальницького і Хаджибейського лиманів, території міжліман'я: сучасний стан, перспективи розвитку. Матер. Всеукраїнської наук.-практ. конф.* [Natural and resource capacity of Kuyalnitsky and Hadzhibeysky estuaries, territories between estuaries: modern state, development prospects. Proc. Ukrainian scientific-practical conference], 2015, Odessa, p. 13-15.

REFERENCES

1. 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.
2. 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]. Kiev: Naukova Dumka, 2006, pp. 67, 407-411.
3. Nikipelova E.M. *Rezultaty monitorynhu koloidno-khimichnykh vlastyvostey mulovykh sul'fidnykh system Kuyal'nytskoho lymanu ta ozera Chokrak* [Result of

CONTEMPORARY HYDROCHEMICAL REGIME OF KUYALNIK LIMAN

Yu.I. Bogatova, Ph.D. (Geogr.)

*Institute of Marine Biology, National Academy of Sciences of Ukraine,
37 Pushkinskaya Street, 65016, Odessa, Ukraine, yubogatova@mail.ru*

Based on monitoring data analysis, the characteristics of the contemporary hydrochemical regime of the formerly closed Kuyalnik Liman, a valuable balneological and recreational object, were compared before and after its connection with the sea (2014-2015). Data showed that filling of the liman with seawater has not worsened its hydrochemical conditions because the content of nutrients (compounds of nitrogen, phosphorus and silicon), determining the biological productivity of the basin, is significantly lower in seawater than in the brine of the liman. After the liman's recharge by seawater, active development of intrabasin production processes was registered during the warm period, resulting in the formation of autochthonous organic matter (phytoplankton) from which some therapeutic mud will be formed in the future. The input of anthropogenic and natural sources of nutrients in formation of the hydrochemical conditions of the liman was also estimated. In the liman main sources of nutrients were represented by seawater (about 9 mln. m³ during 4 months) – dissolved organic compounds of nitrogen and mineral phosphorus and by atmospheric precipitation (about 16.5 mln. m³ during 11 months in 2015) – dissolved mineral compounds of nitrogen (nitrates) and silicon. Up to 132,000 t of sodium chloride, comprising no more than 1.6 % of the total salt resources of the liman, entered the liman with seawater. The regulated runoff of Bolshoy Kuyalnik river has a low influence on the hydrochemical regime of the liman. The anthropogenic sources of untreated sewage from the adjacent territories containing the ultra-high concentrations of nitrogen (Korsunsovsky ponds) and phosphorus (Luzanovka ponds) mineral compounds have a local influence on the ecosystem, e.g. have relatively low water input.

Key words: hydrochemical regime, natural and anthropogenic sources, seawater, Kuyalnik liman.

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ В СУЧАСНИЙ ПЕРІОД

Ю.І. Богатова, к.геогр.н.

*Інститут морської біології НАН України
ул. Пушкінська, 37, 65011, Одеса, Україна, yubogatova@mail.ru*

На основі аналізу даних моніторингу до і після запуску морської води (2014-2015 рр.) дана характеристика сучасного гідрохімічного режиму закритого Куяльницького лиману – цінного бальнеологічного і рекреаційного об'єкту. Зроблений висновок про те, що заповнення лиману морською

водою не призвело до погіршення гідрохімічних умов в лимані. Оцінено внесок антропогенних і природних джерел надходження біогенних речовин у формування гідрохімічних умов в лимані. Основними джерелами надходження в лиман біогенних речовин були: щодо розчинених органічних речовин азоту і фосфору – морська вода, щодо розчинених мінеральних речовин (нітратів) і кремнію – атмосферні опади. Антропогенні джерела, якими є неочищені комунальні стоки з прилеглих до лиману територій, здійснюють локальний вплив на екосистему, оскільки мають відносно невеликі витрати води.

Ключові слова: гідрохімічний режим, природні і антропогенні джерела, морська вода, Куяльницький лиман.

Дата першого подання: 04.02.2016

Дата надходження остаточної версії: 02.03.2016

Дата публікації статті: 04.07.2016