

В.В.Адобовский, В.Н.Большаков

*Одесский филиал Института биологии южных морей, НАН Украины, г.Одесса*

### **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДООБМЕН ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА С МОРЕМ**

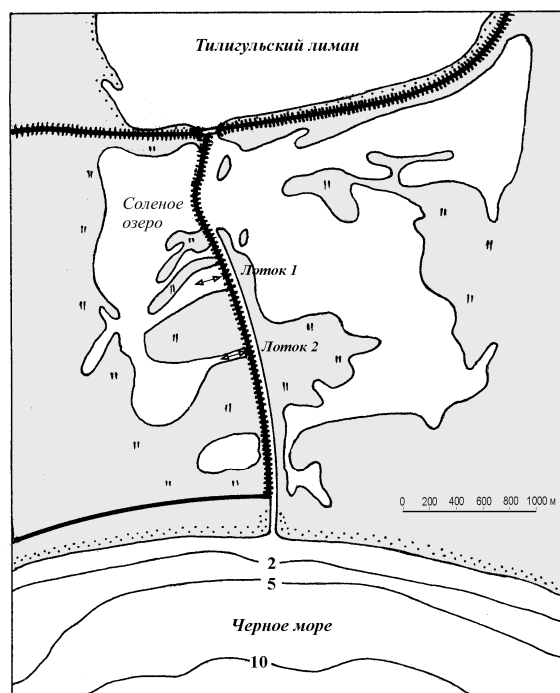
Обсуждаются результаты полевых наблюдений водообмена с морем одного из самых крупных лиманов северо-западного Причерноморья, собранных в ходе 14 экспедиционных выездов в 2003 г. Отмечены интересные моменты, связанные с демпфирующей ролью пересыпских водоемов и фильтрацией вод через пересыпь.

По некоторым оценкам, приводимым в [1], чистая первичная продукция с единицы площади эстуариев, к которым вполне можно отнести и Причерноморские лиманы, в 3,3 раза превосходит продукцию районов прибрежного апвеллинга – наиболее продуктивных районов океанов – и в 20 раз – продуктивность их центральных частей. Всего же, занимая 0,4 % площади Мирового океана, эстуарии дают более 4 % суммарной чистой первичной продукции. Поэтому лиманы северо-западного Причерноморья, даже несмотря на сезонность их продуктивности, выгодно использовать в хозяйственных целях для летнего нагула рыбы.

Среди лиманов этого района, не имеющих постоянной связи с морем, Тилигульский лиман – самый крупный. По топографическим картам можно определить его длину (60 км), максимальную ширину (4,5 км) и площадь (113 км<sup>2</sup>). Однако надежных сведений о глубинах лимана не опубликовано. Если же принять среднюю глубину лимана 5 м [2], то его объем составит 565 млн.м<sup>3</sup>. При сравнительно небольшой средней глубине Тилигульский лиман считается самым глубоководным: по некоторым сведениям [2] его максимальная глубина 21,2 м.

Одним из основных критериев классификации лиманов принят характер их сообщения с морем. По этому критерию связь Тилигульского лимана с морем можно охарактеризовать как периодическую и регулируемую, с той оговоркой, что иногда процесс регулирования под воздействием природных процессов выходит из-под контроля. Через пересыпь Тилигульского лимана, имеющую ширину 3,3 км, проложен обловно-запускной канал, название которого указывает на выполняемые им функции в рыбном хозяйстве. Разница в термической инерционности лимана и моря приводит к тому, что во время весеннего прогрева температура воды в лимане на несколько градусов выше, чем в море, а во время осеннего охлаждения – на несколько градусов ниже. Это свойство водной среды, а также стремление некоторых видов промысловых рыб в переходные сезоны держаться более теплой воды используются в рыбохозяйственных целях. Канал, отделенный от моря узкой песчаной перемычкой, весной искусственно открывается для запуска мальков в лиман на нагул, а осенью – перекрывается сетями для облова выросшей за теплый период рыбы, используя ее стремление уйти в море.

© В.В.Адобовский, В.Н.Большаков, 2005



Р и с . 1 . Схема пересыпи Тилигульского лимана.

граница канала на значительном протяжении прерывается обширными водными пространствами, переходящими в плавни. Эти детали имеют самое непосредственное отношение к рассматриваемому вопросу.

Главный фактор, определяющий водообмен лимана с морем, – это перепад уровней. По результатам первой нивелировки, выполненной в конце XIX в. [3], уровень моря превышал уровень лимана на 86 см. С тех пор практически всегда фиксировался более высокий уровень моря: от 0,13 м в 1940 г. до 3,0 м в 1926 – 1927 гг. [4]; в среднем за многолетний период – на 66 см [5]. Поэтому естественно, что при рассмотрении водного баланса Тилигульского лимана [2] отмечается односторонний поток воды из моря в лиман.

Многие особенности водообмена прояснились весной и летом 2003 г. после того, как в предшествующую им зиму в Причерноморской степи в полной мере сложились предпосылки к резкому весеннему повышению уровней всех лиманов. В декабре 2002 г. вместо обычных 34 мм выпало менее 1 мм осадков, и это при средней температуре воздуха на 5 °С ниже нормы. Такое сочетание условий привело к глубокому промерзанию почвы, а за два последующих месяца на промерзшую почву выпало 37 % годовой нормы осадков вместо обычных 14 – 15 % [6].

В середине марта 2003 г., когда снеготаяние было в разгаре, но лиман, за исключением канала, оставался под сплошным ледяным покровом, нами выполнена нивелировка вдоль канала (прямая и обратная), которая показала, что уровень лимана был уже на 29 см выше уровня моря. Канал в это время отделяла от моря перемычка из песчано-ледяной смеси высотой 25 – 40 см и минимальной шириной 25 м.

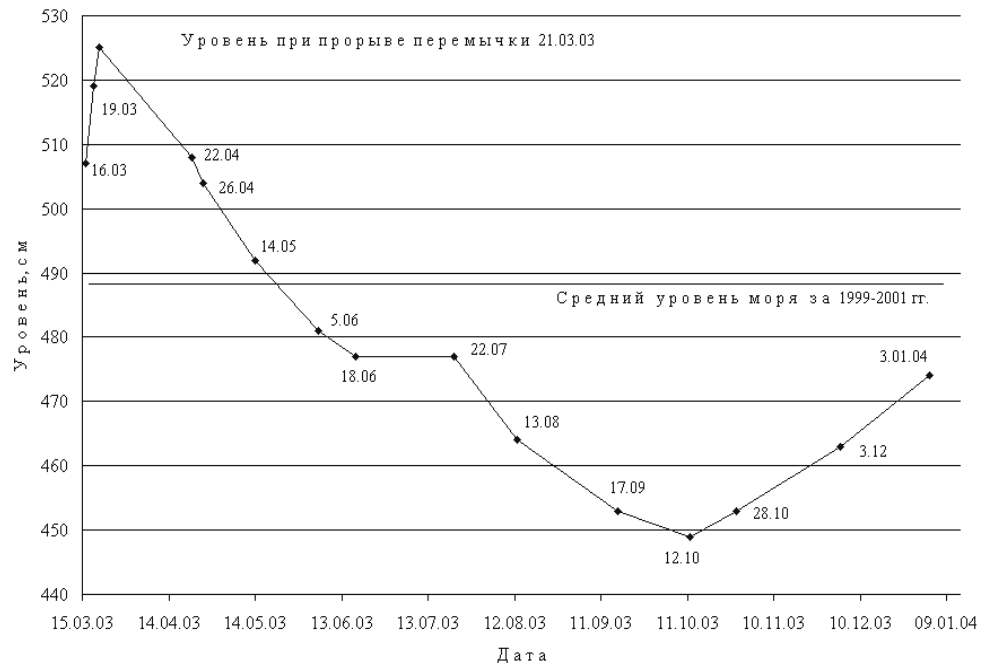
Ширина канала на выходе из лимана там, где производились наблюдения, меняется от 20 до 25 м в зависимости от уровня воды, средняя глубина – от 1,2 до 1,6 м. Западный берег канала образует дорожная насыпь, под которой проложены два железобетонных лотка, позволяющие легко учитывать направление и объемы воды, перемещающиеся между каналом и Солёным озером, лежащим по другую сторону от дороги (рис.1). Соленость воды в озере в засушливые летние сезоны поднималась до 80 ‰, но и в любое другое время года она выше, чем в лимане и на прилегающей к лиману акватории моря. С восточной стороны твердая

Согласно оценке [7], при скорости дувшего вдоль канала северного ветра  $10 - 12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  подъем уровня в нем от моста к перемычке должен был быть 6 см. Вместо этого, нивелировка показала заметное, на 8 см, понижение уровня. Причина этого стала понятной через несколько дней, когда выяснилось, что средняя скорость подъема уровня в лимане в это время была 4 см в сутки. При площади лимана  $113 \text{ км}^2$  это означает, что величина поверхностного стока в лиман составляла не менее  $4,5 \text{ млн. м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$ . При таком притоке в лиман избыток воды просто не успевал уходить в канал и распределяться в плавнях его восточного берега и в Соленом озере.

Дальнейший, интенсивный подъем уровня (рис.2) привел к тому, что 21 марта 2003 г. перемычка была прорвана, и вода лимана пошла в море. Превышение уровня лимана в то время, с учетом имевшего место в море стока, было около 0,5 м.

Объем накопленной воды был так велик, что даже через месяц тщательно измеренный расход течения в канале составил  $1,3 \text{ млн. м}^3$  в сутки, а еще несколько дней спустя, по оценке, –  $2,3 \text{ млн. м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$  (табл.). При таких расходах падение уровня должно было происходить со скоростью  $1,2 - 2 \text{ см}\cdot\text{сут}^{-1}$ , а фактические скорости составили  $0,6 - 1 \text{ см}\cdot\text{сут}^{-1}$ , что говорит о продолжавшемся более месяца интенсивном поступлении воды в лиман с поверхностным стоком.

Интересный момент водообмена между лиманом и морем был зафиксирован 14 мая 2003 г., когда уровни лимана (по нашим данным) и моря (по данным ГМС порта Южный) с точностью до одного сантиметра совпадали. В этот день при слабом южном ветре вода поступала в канал с обоих его концов. Расход течения из лимана составлял около  $10 \text{ тыс. м}^3\cdot\text{ч}^{-1}$ , а из моря –



Р и с . 2 . Изменения уровня Тилигульского лимана с весны 2003 г.

Т а б л и ц а . Параметры течения на прилиманном конце канала.

наблюдения		уровень лимана, см	параметры течения				
№	дата		сече- ние, м <sup>2</sup>	средняя глубина, м	средняя ско- рость, см/с	направ- ление	расход, тыс. м <sup>3</sup>
1	16.03.03	507				<i>л е д</i>	
2	19.03.03	519				<i>л е д</i>	
3	22.04.03	508	40,0	1,58	37,5	в канал	1300
4	26.04.03	504	39,0	1,55	74,1	в канал	2500
5	14.05.03	492	36,0	1,43	8,0	в канал	250
6	05.06.03	481	33,2	1,41	12,2	в лиман	350
7	18.06.03	477	32,5	1,41	11,5	в лиман	320
8	22.07.03	477	32,5	1,41	10,5	в канал	300
9	13.08.03	464	29,5	1,31	15,2	в канал	400
10	17.09.03	453	26,8	1,24	6,0	в канал	140
11	12.10.03	449	26,2	1,23	16,3	в лиман	370
12	28.10.03	453	26,8	1,23	16,3	в лиман	370
13	03.12.03	463	29,2	1,30	17,0	в канал	430
14	03.01.04	474	31,8	1,39	47,3	в канал	1300

П р и м е ч а н и е : затемненные части таблицы относятся к промежуткам времени, когда канал был открыт.

около 5 тыс. м<sup>3</sup>·ч<sup>-1</sup>. Расходы воды в канале, когда перепад уровней лиман-море небольшой, определяются в большей степени фактическими, а иногда и предшествующими ветровыми условиями.

Оба фактора – перепад уровня и ветер – могут воздействовать на течение в канале как в одном направлении, так и в противоположных. Одновременное поступление воды в канал с обоих его концов проясняет роль расположенных по обе стороны от него обширных водоемов, которую они играют в водообмене лимана и моря: отсутствие баланса потоков на морском и лиманном концах канала восстанавливается растеканием воды в этих водоемах или поступлением воды из них.

На рис.2 обращает на себя внимание горизонтальный участок ломаной линии между 18.06 и 22.07 2003 г. На основании климатических данных об осадках и испарении для Очакова [8], легко рассчитать, что за этот промежуток времени при закрытом канале уровень в лимане должен понизиться на 14 см. Стабильность уровня в данном случае объясняется необыкновенно большим количеством осадков. На ГМС порта Южный, расположенной в 12 км от лимана, в течение этого промежутка времени выпало 103 мм осадков, что в 2,5 раза больше месячной нормы для этой части приморской зоны.

Для отрезка времени, в течение которого уровень не изменился, можно составить водный баланс лимана: 15,8 млн. м<sup>3</sup> воды, которые должны были испариться со 113 км<sup>2</sup> поверхности лимана, компенсировались 11,6 млн. м<sup>3</sup>, выпавшими на ту же поверхность в виде ливней, и 4,2 млн. м<sup>3</sup>, поступившими в виде стока с водосборной площади.

Еще одно интересное наблюдение относится ко времени до прорыва перемычки в марте. Тогда, при устойчивом северном ветре  $10 - 12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , дувшем к этому моменту уже трое суток, в море у пересыпи были отмечены повышенная температура  $3,7 \text{ }^\circ\text{C}$  и очень высокая соленость  $20,423 \text{ ‰}$ . Эти характеристики сначала были расценены только как указание на сильный стгон и связанный с ним апвеллинг более теплых, в это время года, и более соленых придонных вод.

Действительно, температура воды, наблюдаемая в тот же день Гидрофизической лабораторией Одесского государственного экологического университета, для которой северный ветер не стгонный, была на  $2 \text{ }^\circ\text{C}$  ниже. А что касается солености, то просмотр всех доступных баз данных показал, что в придонных слоях, прилегающего к лиману района моря никогда не наблюдалась соленость выше  $19 \text{ ‰}$ . Тогда, не имея оснований поставить под сомнение наблюденное значение солености, мы предположили существование заметной фильтрации соленой воды из канала в море через пористый материал узкой перемычки. Соленость придонной воды в канале в это время была около  $22,5 \text{ ‰}$ .

Косвенное подтверждение этой гипотезе было получено позднее, когда канал был уже перекрыт, а уровень моря стал выше уровня в канале. Так как вода в море всегда была значительно менее соленой, чем в канале, мы в каждой экспедиции отбирали пробы в канале на разных расстояниях от перемычки в надежде обнаружить линзу распресненной фильтрацией из моря воды. Действительно, каждый раз соленость в канале у самой перемычки была ниже, чем в  $50 \text{ м}$  от нее, однако эта разница была невыразительной, в пределах  $0,2 \text{ ‰}$ . И только в середине сентября удалось, наконец, обнаружить линзу явно распресненной воды. Соленость у перемычки была  $22,306 \text{ ‰}$ , в  $50 \text{ м}$  от нее соленость увеличилась до  $23,303 \text{ ‰}$ , а в  $300 \text{ м}$  – до  $24,049 \text{ ‰}$ . Уровень моря в это время был выше уровня в канале уже на  $25 \text{ см}$ , а перепад солености «канал – море» по разные стороны искусственно сформированной перемычки шириной  $45 \text{ м}$   $7,3 \text{ ‰}$ .

В [9] содержатся формулы и статистические соотношения между объемами стока разных рек и параметрами распресненных ими линз в океане. Определив объем линзы в  $800 \text{ м}^3$  и среднюю соленость в  $23,56 \text{ ‰}$ , мы, используя эти соотношения и решая обратную задачу, получили, что для ее поддержания достаточно фильтрации в канал  $1,1 \text{ м}^3\cdot\text{с}^{-1}$  морской воды с соленостью  $15 \text{ ‰}$ . При площади подводной части перемычки около  $45 \text{ м}^2$  это дает правдоподобную интенсивность потока  $24 \text{ дм}^3$  через каждый квадратный метр в секунду.

Аномальные климатические условия зимы  $2002 - 2003 \text{ гг.}$  и последовавшие за ней гидрологические процессы прервали длительный период развития в лиманах деграционных явлений, связанных с их осолонением и усыханием.

Особенно заметно аномальная зима проявилась на закрытых, то есть не имеющих связи с морем, лиманах. Так, уровень Куяльницкого лимана в апреле  $2003 \text{ г.}$ , по сравнению с январем, повысился на  $1,3 \text{ м}$ , а его средняя соленость уменьшилась с  $230$  до  $82 \text{ ‰}$  [10]. Длина лимана к этому моменту, по сравнению с сентябрем  $2002 \text{ г.}$ , когда наблюдался самый низкий уровень,

увеличившись на 4,5 км, достигла 30,5 км. Площадь водного зеркала при этом возросла на 10 – 12 км<sup>2</sup>.

О необычной величине весеннего паводка свидетельствует также история лимана-солонца Тузлы. Еще в 1928 г., по данным Е.С.Бурксеры [11], соленость рапы в нем составляла 337,6 ‰. Весной 2003 г., до того практически высохшее ложе лимана наполнилось водой, и ее соленость была 17,5 ‰, а к сентябрю она повысилась только до 35,8 ‰.

На этом фоне понижение солености в южной части Тилигульского лимана к осени 2003 г. по сравнению с осенью 2002 г. с 21 до 19,5 ‰ выглядит незначительным. Почему, ведь весной соленость поверхностного слоя лимана снижалась до 5,5 ‰? Во-первых, после прорыва перемычки уровень лимана в течение двух месяцев оставался выше уровня моря, и вода распресненного верхнего слоя беспрепятственно, временами более чем по миллиону кубических метров в сутки, уходила в море. Во-вторых, в течение всего времени, пока практически вся распресненная вода не ушла в море, резкий галоклин в сочетании с резким термоклином препятствовали смешению поверхностных вод с солеными глубинными.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафьянов Г.А. Эстуарии.– М.: Мысль, 1987.– 190 с.
2. Тимченко В.М. Эколого-гидрологические исследования водоемов северо-западного Причерноморья.– Киев: Наукова думка, 1990.– 238 с.
3. Рудский М.П. Изменения уровня лиманов // Записки Новороссийского общества естествоиспытателей, 1895.– т.20, вып.1.– С.13-23.
4. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов.– Киев: Наукова думка, 1974.– 224 с.
5. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Украинская ССР. Бассейны Западного Буга, Дуная, Днестра, Южного Буга.– Л.: Гидрометеиздат, 1985.– т.II, вып.1.– 524 с.
6. Справочник по климату Черного моря.– М.: Гидрометеиздат, 1974.– 406 с.
7. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод.– М.: Мир, 1988. – 326 с.
8. Моря СССР. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. Вып.1: Гидрометеорологические условия / Под ред. А.И.Симонова и Э.Н.Альтмана.– СПб: Гидрометеиздат, 1991.– 430 с.
9. Федоров К.Н. Физическая природа и структура океанических фронтов.– Л.: Гидрометеиздат, 1983.– 296 с.
10. Адобовский В.В., Большаков В.Н. Природный механизм восстановления гидрологических условий лиманов с ограниченным водообменом // Екологічні проблеми Чорного моря. – Одеса, ЦНТЕП ОНЮА.– вип.5.– 2003.– С.3-7.
11. Геология шельфа УССР. Лиманы / Молодых И.И., Усенко В.П., Палатная Н.Н. и др. Глав. ред. Шнюков Е.Ф. АН УССР. Институт геологических наук.– Киев: Наукова думка, 1984.– 176 с.

Материал поступил в редакцию 28.02.2005 г.