

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДООБМЕНА ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА
С МОРЕМ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИКАХ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО КАНАЛА**

Ю.С. Тучковенко, д.геогр.н., проф., О.А. Тучковенко

Одесский государственный экологический университет, г.Одесса

В настоящее время в результате антропогенной деятельности на водосборном бассейне Тилигульского лимана и климатических изменений, существенно уменьшился боковой поверхностный приток пресных вод в лиман, следствием чего является осолонение и обмеление лимана, увеличение концентрации биогенных веществ и темпов продуцирования органического вещества фитопланктоном и донными макрофитами в мелководных зонах. Последующее отмирание и биохимическое разложение органического вещества водорослей способствует развитию дефицита содержания кислорода в воде, гибели гидробионтов, обеднению биоразнообразия водной флоры и фауны. Складываются неблагоприятные условия для рыболовства, рекреации и туризма.

В первом приближении, для стабилизации гидроэкологического режима Тилигульского лимана достаточно установить стабильный водообмен с морем через искусственный соединительный канал. Поэтому актуальной представлялась оценка влияния морфометрических характеристик соединительного канала на интенсивность водообмена с морем и проникновения морских вод в лиман. Для решения поставленной задачи использовалась численная трехмерная нестационарная гидротермодинамическая модель [1], характерная особенность которой заключается в возможности ее использования для расчетов динамики вод и распространения примеси в морских акваториях, отдельные участки которых имеют меньший (подсеточный) размер в одном из горизонтальных направлений, чем шаг расчетной сетки (пример - соединительный канал).

При функционировании соединительного канала направленность и интенсивность водообмена с морем определяются морфологическими характеристиками канала (шириной, глубиной) и инициированными ветром короткопериодными сгонно-нагонными колебаниями уровня моря.

Моделировался наиболее критический для экосистемы лимана отрезок времени года – с начала мая по конец августа, при гидрометеорологических условиях 2010 года. В качестве индикатора проникновения морских вод в лиман рассматривалась примесь нейтральной плавучести, концентрация которой в морской воде принималась равной 100 условным единицам, а в лимане в начальный момент времени – нулю.

Сценарные расчеты проводились для следующих вариантов морфологических характеристик канала: а) глубина соединительного канала (при отметке уровня моря $-0,4$ мБС) $H_k = 0,5$ м, ширина $d = 30$ м (современные характеристики); б) при сохранении глубины канала $H_k = 0,5$ м, увеличение его ширины d до 50 и 100 м; в) углубление соединительного канала до максимально возможной величины $H_k = 2,0$ м, при его ширине $d = 30$ м и 50 м.

Помимо морфологических характеристик самого соединительного канала, водообмен с морем и проникновение морских вод в различные части акватории лимана определяются характером сгонно-нагонных колебаний уровня воды в лимане и море, динамикой вод в лимане.

С целью изучения особенностей циркуляции вод в лимане, первоначально, были проведены расчеты ветровых течений при установившихся ветрах различных направлений скоростью 5 м/с и отсутствии водообмена с морем. Результаты расчетов свидетельствуют, что пространственная структура осредненных по глубине течений имеет ярко выраженный ячеистый характер и состоит из множества вихревых образований (циркуляционных ячеек), расположенных вдоль продольной оси лимана. Такой характер циркуляции вод обусловлен особенностями геоморфологического строения лимана – конфигурацией берегов, распределением глубин вдоль лимана. Береговая линия лимана очень извилиста, а ложе южной и центральной его частей представляет собой набор глубоких котловин, разъединенных мелководными участками - косами. В результате, в лимане отсутствуют протяженные и мощные вдольбереговые течения, которые способствуют массообмену между различными его частями. Вихревые структуры препятствуют распространению водных масс и примеси вдоль акватории лимана.

Анализ полученной в результате моделирования изменчивости осредненной по глубине скорости течений, а также расходов воды в канале при различных его морфометрических характеристиках показал, что скорость интегрального по глубине потока в канале значительно возрастает при увеличении его глубины и, в отличие от расходов, практически не меняется – при увеличении ширины. Это свидетельствует о доминирующем влиянии на скорость потока в канале, в рассматриваемом диапазоне значений морфологических характеристик, придонного трения по сравнению с боковым трением о стенки канала. Баротропные течения и расходы воды в канале характеризуются очень сильной короткопериодной изменчивостью как по величине, так и по направлению, что обусловлено совместным действием, ветра, колебаний уровня воды в лимане и море.

Использование консервативной примеси нейтральной плавучести в качестве индикатора проникновения в лиман морских вод и их трансформации (разбавления лиманными водами) показало, что для

увеличения водообновления лимана более предпочтительным является углубление канала на 1,5 м до глубины $H_k = 2,0$ м при отметке уровня воды в лимане -0,4 мБС. При этом будет получен практически тот же эффект, что и при расширении соединительного канала до $d = 100$ м, при сохранении современной глубины $H_k = 0,5$ м. Углубление канала является более экономико-экологически обоснованным вариантом, чем его расширение, поскольку территория, прилегающая к каналу, входит в региональный ландшафтный парк, используется в рекреационных целях, соленые озера являются местом массового гнездования птиц. Кроме того, через канал, перед вхождением его в лиман, проходит автомобильная трасса с мостом. Следовательно, расширение канала повлечет за собой реконструкцию соответствующих автодорожных сооружений. Тем не менее, если не исключать возможность расширения существующего канала, то наиболее эффективным будет вариант максимально возможного расширения канала с одновременным его углублением. Заметим, что углубление канала более чем на 1,5 м ($H_k > 2,0$ м) невозможно, исходя из преобладающих глубин самого лимана в точке вхождения в него канала.

Приведенные на рис. 1 результаты модельных расчетов свидетельствуют, что при углублении существующего канала до $H_k = 2,0$ м или расширении его до $d = 100$ м процентное содержание морской воды в южной части лимана увеличится в два раза с 15 до 30 %, а при расширении канала до $d = 50$ м и углублении его до $H_k = 2,0$ м – до 40 %. Однако из-за значительной протяженности канала и наличия мелководных перемычек (кос) между южной и центральной частями лимана, проникновение морских вод в центральную, а тем более северную части лимана весьма невелико (рис. 1.б, в). Время «добегания» морских вод до центральной части лимана составляет ≈ 30 суток, а до северной его части – 50 суток.

Из сравнения рис. 1.а и 1.г видно, что проникновение морских вод в лиман происходит преимущественно в поверхностном слое лимана, что закономерно, поскольку морские воды имеют меньшую соленость, чем лиманные, вследствие распресняющего влияния речного стока Днепра и Южного Буга, а также почти трехкратного превышения испарения с поверхности лимана над осадками в летний период года.

Наличие соленых озер, прилегающих к каналу и связанных с ним, хотя и уменьшает поступление морских вод в лиман, но не существенно, поэтому вариант их периодической изоляции от канала не может рассматриваться как альтернатива необходимости углубления и (или) расширения канала для интенсификации водообмена с морем.

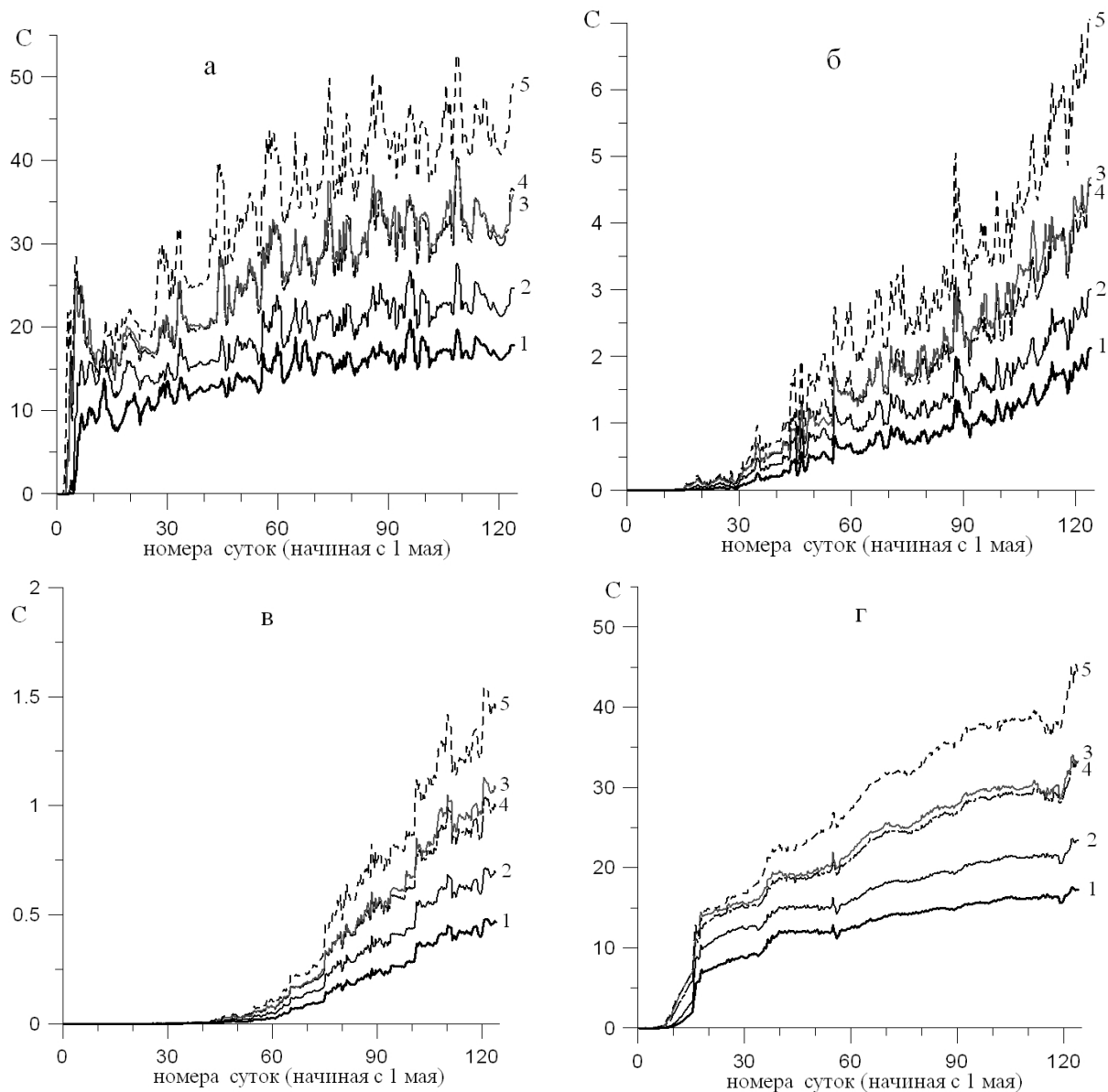


Рис.1.– Изменчивость концентрации консервативной примеси нейтральной плавучести (усл. ед.), поступающей в лиман с морскими водами (100 усл. ед. на морской границе канала), в реперных точках акватории лимана при различных морфометрических характеристиках канала: а – поверхностный слой, южная часть лимана; б – поверхностный слой, центральная часть лимана; в – поверхностный слой, северная часть; г – придонный слой, южная часть. Обозначения кривых на графиках: 1 – $H_k = 0,5\text{ м}$, $d = 30\text{ м}$; 2 – $H_k = 0,5\text{ м}$, $d = 50\text{ м}$; 3 – $H_k = 0,5\text{ м}$, $d = 100\text{ м}$; 4 – $H_k = 2,0\text{ м}$, $d = 30\text{ м}$; 5 – $H_k = 2,0\text{ м}$, $d = 50\text{ м}$

Литература

1. Иванов В.А., Тучковенко Ю.С. Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем. – Севастополь: МГИ НАН Украины. – 2006.- 368 с.