

ным водохранилищем уменьшатся вдвое-трое, снизится занятость населения. Стоимость реализации проекта раздамбовки вдхр. Сасык, включающего все сопутствующие мероприятия, оценивается в сумму около 10 млн. €. Поэтому этот проект может быть реализован только при поддержке его на государственном уровне. Кроме того, в настоящее время отсутствуют количественно обоснованные оценки последствий и ожидаемых изменений характеристик гидрологического и гидрохимического режимов, структуры биотического звена экосистемы, потенциальных возможностей использования его природных ресурсов (рекреационных, бальнеологических, аквакультуры) после восстановления связи с морем.

Учитывая затраты на реконструкцию водохранилища Сасык в морской лиман и поддержание соединительного канала в рабочем состоянии (канал будет интенсивно замываться песком) проектная разработка и реализация проекта станут возможными лишь при наличии инвестора.

Список литературы

1. Разработка социально-экономического и экологического обоснования возобновления гидрологического режима оз. Сасык / Закл. отчет Украинского научно-исслед. ин-та экологических проблем. Харьков. 2004. 215 с.
2. Лонин С.А., Тучковенко Ю.С. Водообмен лимана Сасык и Черного моря // Водные ресурсы. 1995. Т. 22. № 4. С. 107-117.

Ю.С. Тучковенко, Н.С. Лобода, О.Н. Гриб, tuch2001@ukr.net

Одесский государственный экологический университет, г. Одесса, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ТИЛИГУЛЬСКОГО ЛИМАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Дана характеристика гидрологического режима и природных ресурсов Тилигульского лимана северо-западной части Черного моря. Описаны экологические проблемы лимана связанные с отсутствием водного менеджмента в его бассейне. На основе результатов математического моделирования определены пути решения существующих проблем.

Y. S. Tychkovenko, N.S. Loboda, O.N. Grib

Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine

CURRENT PROBLEMS OF TYLIGUL LAGOON'S WATER ECOSYSTEM AND THE TRACKS OF THEIR SOLUTION

The characteristics of hydrological regime and natural resources of Tyligul liman (lagoon) were given. The ecological problems of the liman connected with lack of water management in the basin were described. The ways of solution of present problems were defined on the base of mathematical modeling.

Тилигульский лиман расположен на украинской части побережья северо-западной части Черного моря. Это самый протяжённый украинский лиман длина которого достигает 80 км, средняя ширина – до 3,5 км, площадь водной поверхности – около 170 км², площадь водосбора 5420 км². Северная и центральная части лимана относительно мелководны, поэтому средняя глубина не достигает 3 м, однако в южной и центральной частях лимана расположены котловины, глубины которых превышают 10-12 м. Максимальная глубина составляет 19 м.

Тилигульский лиман отделен от моря пересыпью шириной около 4 км, и длиной до 7 км. В пересыпи прорыт искусственный канал шириной 26 – 40 м и глубиной 0,5 – 1,5 м, соединяющий лиман с морем. В период с 1989 – 1998 гг. канал вообще не функционировал, а с 1999 г. – открывался эпизодически. Эксплуатация канала в рыбохозяйственных целях предполагает открытие его весной для впуска рыбы в лиман на нерест и откорм. При этом с морской стороны канал интенсивно замывается песком.

В северную часть лимана впадает малая река Тилигул. Длина реки – 173 км, ширина русла 10-20 м, площадь бассейна 3550 км², среднегодовой расход воды вблизи устья по данным за период 1953-1988 гг. составлял 0,95 м³/с, однако в период 1989 – 2008 гг. он уменьшился до 0,6 м³/с. В период весеннего половодья (март-апрель) максимальный расход воды может достигать 50-60 м³/с. В июле – августе река пересыхает на 3 - 7 месяцев. Водные ресурсы реки используются для орошения, наполнения водой небольших водохранилищ и рыбохозяйственных прудов (в 1994 г. их насчитывалось более 90 шт.), водоснабжения населенных пунктов в промышленных и коммунальных целях.

Водный режим Тилигульского лимана определяется объемами притока воды с водосборного бассейна лимана (включая сток р.Тилигул), соотношением количества атмосферных осадков, которые выпадают на водное зеркало лимана, и объемами испарения с него, наличием водообмена лимана с морем через искусственный соединительный канал. В период с мая по сентябрь испарение в три раза превышает количество выпавших осадков. В результате антропогенных преобразований на водосборном бассейне лимана, значительного изъятия стока р. Тилигул в хозяйственных целях, в засушливые маловодные годы уровень воды в лимане в период с мая по ноябрь понижается на 0,7 м (например, 2007 г.). Температура воды в лимане изменяется в широком диапазоне: от 0,1-0,2°С зимой до 32-35°С – на мелководье летом. В холодные зимы лиман может покрываться льдом на период 1 – 2 месяца. Толщина ледового покрова может достигать 0,5 м. Соленость воды в лимане может колебаться от 5 ‰ в период весеннего половодья до 23 ‰ осенью. В прошлом, когда объемы стока реки Тилигул составляли значительную часть водного баланса лимана и поддерживался водообмен с морем, существовало четкое разделение лимана на соленую южную (около 15 ‰) и опресненную (8,5 ‰) – северную части. В современных условиях к концу лета – началу осени соленость воды как в южной (при отсутствии водообмена с морем), так и в северной части лимана (при отсутствии стока р.Тилигул) может возрасти до 20 – 23 ‰. Заметим, что в период полной изоляции лимана в IX веке соленость его вод достигала 40 ‰.

В летний период года на глубинах более 10 м в лимане формируется мощный сезонный термоклин. При температуре воды поверхностного слоя 25-30°C, на глубине 14-15 м она не превышает 8-9°C.

Тилигульский лиман и прилегающая территория располагают значительными рекреационными ресурсами. Среди них выделяется крупнейшее месторождение минеральных лечебных магниевых-натриевых грязей, запасы которых достигают 15,8 тыс.т. Велики возможности использования лимана и прилегающей прибрежной зоны моря по климатическим, гидрологическим, экологическим показателям для лечебной, оздоровительной рекреационной деятельности, а также для регламентированного рыболовства и охоты, экологического туризма. Нижняя часть лимана и прилегающая прибрежная зона моря характеризуются высоким баллом пляжной привлекательности. Экологическому («зеленому») туризму и ограниченными направлениями любительского рыболовства и охоты способствует богатство флоры и фауны акватории Тилигула и прилегающих территорий. В водах лимана обитает 25-30 видов рыб, 208 видов водорослей.

На берегах лимана расположен Тилигульский региональный ландшафтный парк. Части территории парка представляют собой чрезвычайно интересные природные объекты со значительным спектром редких и исчезающих видов флоры и фауны.

Тилигульский лиман входит в международный список Рамсарской конвенции о защите водно-болотных угодий. Рамсарское угодье «Тилигульский лиман» охватывает площадь 26 000 км² в пределах Николаевской и Одесской областей Украины. Это один из немногих ветландов, которые сохранили сегодня естественные приморские ландшафты; его экологическая система имеет уникальные условия для жизни животного и растительного мира, акватория лимана представляет большую ценность для поддержания биологического равновесия региона.

В настоящее время в результате антропогенной деятельности в бассейне лимана и климатических изменений, отсутствия научно обоснованных планов водного и экологического менеджмента, природные ресурсы Тилигульского лимана находятся под угрозой утраты. Например, в течение аномально жаркого, с большим количеством ливневых атмосферных осадков, лета 2010 г. были отмечены неоднократные случаи массовой гибели рыбы из-за «цветения» водорослей, выделяющих токсические вещества в составе метаболитов, и развития дефицита кислорода в воде, что обусловлено высоким уровнем эвтрофикации водоема. В разных районах лимана локальные заморы рыб наблюдались также летом 1999, 2000, 2001, 2006, 2007 гг.

Эвтрофикации лимана способствует также поступление неочищенных сточных вод от дачных поселков, расположенных на берегах лимана, которые были построены в прошедшие десятилетия (более 37000 дач, которыми пользуются 115000 жителей).

В результате значительного уменьшения поверхностного стока с водосборного бассейна и нерационального использования соединительного канала увеличилась соленость воды в лимане, которая способствовала смене домини-

рующего солоноватого комплекса рыб на морской, со значительно меньшим видовым разнообразием.

В периоды изоляции лимана от моря, когда соединительный канал не функционирует в течение летнего периода или нескольких лет, водный баланс лимана нарушается в сторону роста дефицита воды, поскольку испарение превышает поступление вод с бассейна лимана и с атмосферными осадками. При этом уровень воды в лимане существенно понижается, происходит перегрев вод лимана летом и переохлаждение зимой, осушаются мелководные участки лимана на значительной площади, возрастает соленость вод, концентрации загрязняющих веществ, усиливается эвтрофикация, происходит загрязнение и осушение лечебных донных илов, нарушается жизнедеятельность флоры и фауны или происходит ее гибель на отдельных участках акватории, снижается биоразнообразие.

В настоящее время, в результате антропогенных преобразований на водосборном бассейне лимана, значительного изъятия стока р.Тилигул в хозяйственных целях, увеличения повторяемости засушливых сезонов, наиболее эффективным механизмом регулирования гидроэкологического режима лимана представляется обеспечение водообмена с морем.

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.

Водообмен с морем определяет термохалинную структуру вод в лимане и ее пространственно-временную изменчивость, а также влияет на динамику вод. В летний период года обеспечение интенсивного водообновления лимана за счет водообмена с морем является фактором стабилизации его экологического состояния. Поэтому актуальной представлялась задача определения таких оптимальных морфометрических характеристик соединительного канала, которые обеспечат максимальное проникновение 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). Для моделирования течений и переноса субстанций на подсеточных масштабах в канале, исходная система уравнений интегрировалась поперек потока (т.е. в нормальном к потоку направлении в горизонтальной плоскости). Новая система уравнений [2], используемая в модели, получена в результате объединения проинтегрированных поперек потока и исходных уравнений таким образом, чтобы при отсутствии канала (трехмерный поток) получалась исходная система уравнений в традиционной форме, а при его наличии – осредненные поперек потока уравнения (двумерный поток). Численная реализация полученной системы уравнений выполнена в криволинейной по вертикали системе координат.

Моделировались условия 2010 г. (с мая по август), когда канал функционировал в течение всего весенне-летнего периода. В качестве трассеров проникновения морских вод в лиман рассматривалась соленость воды и консервативная, пассивная примесь нейтральной плавучести, концентрация которой в морской воде принималась равной 100 условным единицам (%), а в лимане в начальный момент времени – нулю. Сценарные расчеты при одинаковых гидрометеорологических условиях проводились для следующих морфометрических характеристиках канала: а) базовый (современный) вариант: при отметке уровня моря -0,15 м БС начальная глубина канала 0,5 м, а ширина – 33 м; б) глубина канала 0,5 м, а ширина – 50, 100 м; в) ширина – 33 м, а глубина 2,0 м.

Расчеты показали, что увеличение ширины канала при сохранении его глубины равной 0,5 м фактически не влияет на характер водообновления лиманных вод за счет проникновения морских. Совсем другая картина наблюдается при углублении соединительного канала с 0,5 до 2,0 м. В этом варианте значительно увеличивается проникновение морских вод (с соленостью меньше лиманных) в южную и центральную части лимана как в поверхностном, так и в придонном слоях, т. е. качество лиманных вод будет улучшаться.

Указанные особенности влияния морфометрических характеристик канала на интенсивность водообновления лимана определяются как увеличением средних по глубине скоростей течений в канале при его углублении, так и влиянием геоморфологического строения ложа лимана на циркуляцию вод. Установлено, что циркуляция вод в лимане характеризуется наличием большого числа вихревых образований (ячеек), расположенных вдоль оси лимана. В лимане отсутствуют протяженные и мощные вдольбереговые течения, которые способствуют водо- и массообмену между различными его частями. Вихревые структуры препятствуют распространению водных масс и примеси вдоль акватории лимана.

Численные эксперименты с моделью показали также, что интенсивность водообмена с морем через соединительный канал почти не влияет на гидроэкологические характеристики северной части лимана. Поэтому уменьшение солености и улучшение качества ее вод возможно лишь путем регламентирования хозяйственной деятельности в бассейне р.Тилигул.

С помощью стохастической модели «климат-сток» [3] были получены оценки естественного (не нарушенного хозяйственной деятельностью) стока реки Тилигул в современных климатических условиях. Модель базируется на методах водно-теплового и водохозяйственных балансов, представленных в вероятностной форме. Расчеты показали, что при отсутствии антропогенного влияния в средний по водности год (P 50 %) река пересыхала бы с августа по ноябрь, в многоводный (P=25 %) – с сентября по ноябрь, а в годы с малым количеством атмосферных осадков (маловодный, P=75 %) сток реки отсутствовал бы с июля по январь. Выполненная с помощью модели оценка влияния различных антропогенных факторов, формирующих современный бытовой (нарушенный хозяйственной деятельностью) сток реки, показала, что потери на заполнение и дополнительное испарение с водной поверхности водохранилищ и прудов в бассейне реки, часто пересыхающих в летний сезон, достигают 6 % в много-

водный и маловодный годы и 30 % – в маловодные годы, а на орошение – 12 - 14 %. За счет минимизации этих потерь путем регламентирования водохозяйственной деятельности в бассейне реки можно добиться увеличения стока на 20 – 45 %. Регламентирование водохозяйственной деятельности предполагает забор воды на заполнение водохранилищ и прудов только в период весеннего половодья. Кроме того, должны выполняться природоохранные мероприятия, направленные на улучшение качества вод р.Тилигул по химико-биологическим показателям.

Список литературы

1. Иванов В.А., Тучковенко Ю.С. Прикладное математическое моделирование качества вод шельфовых морских экосистем. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. 368 с.
2. Hess K.W. Assessment model for estuarine circulation and salinity: Technical Memorandum /NOAA; National Environmental Satellite, Data, and Information Service. NESDIS AISC 3. USA, 1985. 39 p.
3. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. Одесса: Экология, 2005. 208 с.

С.И. Шапоренко¹, ser-shaporenko@yandex.ru,

С.В. Ясинский¹, vasisergei@yandex.ru

Е.П. Матафонов², StanMI@yandex.ru, А.В. Горелкин³, gidrovasya@yandex.ru

¹*Институт географии РАН, г.Москва,Россия*

²*Научно-инновационный центр мониторинга окружающей среды, г. Истра, Россия*

³*Московский государственный университет, Россия*

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИСТРИНСКОГО, РУЗСКОГО, ОЗЕРНИНСКОГО И РУБЛЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ ПО ДАННЫМ БАТИМЕТРИЧЕСКИХ СЪЕМОК 2009 г.

Истринское, Рузское и Озернинское водохранилища обеспечивают (вместе с Можайским водохранилищем) гарантированный объем стока в створе плотины Рублевского водохранилища. Водохранилища входят в состав Москворецкой водной системы (МВС) одного из основных источников водоснабжения г. Москвы. Гидросооружения МВС введены поэтапно в эксплуатацию в 1930-1960-е гг. В 2009 г. с целью корректировки режима эксплуатации были проведены первые инструментальные батиметрические съемки рельефа дна водохранилищ, позволившие с применением ГИС-технологий достаточно точно оценить их морфометрические параметры. Результаты показали отличие современных характеристик от большинства проектных в пределах 10-15 %.

¹S.I. Shaporenko, ¹S.V. Yasinskij, ²E.P. Matafonov, ³A.V. Gorelkin

¹*Institute of Geography RAS, Moscow, Russia*

²*Innovative Reseach Center for Monitoring environment, Istra, Russia*

³*Moscow State University, Russia*