

УДК 624.131.

**А. А. Эннан, И. И. Шихалеев, Г. Н. Шихалеева, В. В. Адобовский,
А. Н. Кирюшкина**

Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека
МОН Украины и НАН Украины
ул. Преображенская, 3, г. Одесса, 65082, Украина, e-mail: i.l.monitoring@rambler.ru

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕГРАДАЦИИ КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА (СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ, УКРАИНА)

На основании обобщения результатов многолетних (2000-2013 гг.) комплексных гидролого-гидрохимических, гидробиологических и геохимических исследований компонентов водной и наземной экосистемы Куяльницкого лимана и динамики их внутри- и межгодовых изменений выявлены причины и отражены последствия деградации природных компонентов. Рассматриваются аспекты снижения ресурсного потенциала лимана и прибрежных территорий в условиях климатических изменений и антропогенного воздействия; концептуально предлагаются пути рекреации и рационального использования его природного ресурсного потенциала в интересах г. Одесса и Одесского региона.

Ключевые слова: Куяльницкий лиман, природные ресурсы, вода, донные отложения, почва, гидробионты, флора, деградация,

Куяльницкий лиман (Кл) относится к лечебным водоемам [1] и во многом определяет развитие курортной отрасли не только Одесского региона, но и Украины. Его богатейший бальнеологический потенциал (лечебные рапа, сульфидно-иловые грязи и хлоридно-натриевая минеральная столовая вода) привлекал к себе внимание еще со времен Причерноморья и имеет неоценимое значение для укрепления здоровья населения [2-3]. В настоящее время вследствие глобальных климатических изменений и усиления антропогенного прессинга экосистема Кл находится под угрозой уничтожения, сам водоем практически утратил свой прежний облик, а качество природных ресурсов постоянно ухудшается [4-6].

Проблемы рекреации Кл и рационального использования его природного рекреационно-ресурсного потенциала являются актуальными, их своевременное решение будет способствовать реальному социальному и экономическому развитию г. Одессы и Одесского региона.

В данной работе отражены произошедшие в последнее десятилетие деградационные изменения экосистемы Кл и их последствия на его ресурсный потенциал и качество.

Материалы и методы исследований

Материалом для данной работы послужили обобщения результатов многолетних (2000-2013 гг.) гидрологических, гидрохимических, токсикологических, альгологических и биогеохимических исследований акватории и прибрежной территории Кл, хранящихся в созданной с применением ГИС электронной базе геоданных комплексного мониторинга экосистемы Кл.

Для оценки морфометрических характеристик лимана, в том числе кривых площадей зеркала и объемов, использована построенная нами с применением ГИС-технологий цифровая модель рельефа дна (ЦМР) Кл [7]. Информационной основой ЦМР являются данные гидрографических полевых работ, материалы режимных наблюдений за уровнем воды в Кл, проведенные нами в период 2005-2013 гг., топографические карты М 1:100000, М 1: 50000. Координаты точек определения уреза воды и промера глубин в процессе полевых съемок проводились с применением прибора спутниковой навигации GPS. Параллельно с помощью GPS осуществлялась привязка к координатной сетке. Морфометрический анализ проводился в некоммерческом программном продукте GRASS GIS. Статистическая обработка данных проведена в программном продукте «Microsoft Excel».

Многолетняя (2000-2013 гг.) изменчивость гидрологических условий рассматривалась по изменению уровня воды в Кл, площади его водного зеркала, объема воды и расходов вод его основных водотоков; гидрохимических – общей минерализации и основного солевого состава, токсикологических – содержанию токсикантов органической (фенолы, нефтепродукты) и неорганической (тяжелые металлы) природы; альгологических – по изменению видового состава водорослей; биогеохимических – накоплению основных токсикантов в компонентах экосистемы.

Отбор и обработку проб вод, донных отложений, водорослей проводили по общепринятым в гидрохимии и гидробиологии методикам. Качество вод оценивалось по кратности превышения предельно-допустимых концентраций для вод культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения (ПДК_в); донных отложений и почв – по кратности превышений фоновых концентраций (по условному кларку почв [8]); состояния экосистемы – по изменению состава и распределению комплекса водорослевых сообществ; лечебной ценности илов – по биологической активности, интегральными показателями которой являлись содержание витаминного комплекса и ферментативной активности [9].

Результаты работ и обсуждения

Основной особенностью современного состояния Кл, как отмечено нами ранее [7] является его бессточность и нестабильный гидрологический режим бассейна водосбора.

О прогрессирующих в последнее десятилетие (2003–2013 гг.) темпах деградации Кл свидетельствуют изменения его среднегодовых морфометрических характеристик: уровень воды в лимане понизился от минус 5,25 до минус 6,61 м БС, протяженность сократилась с 28 км до 15,3 км, площадь водного зеркала сократилась с 52 км² до 28 км², объем водной массы уменьшился с 68 млн. м³ до 11,7 млн. м³. Наиболее подвержена усыханию мелководная северная оконечность лимана (рис. 1). Это является последствием не только изменений климата, но и деградации основных водотоков Кл под воздействием негативных антропогенных факторов – перехват речного стока прудами, распашка прибрежной зоны, разработка карьеров, зарегулирование русел рек и уничтожение растительности.

Местные реки Долбока и Кубанка практически прекратили свое существование, а основной водоток – река Большой Куяльник – с 2007 г. не достигает водного зеркала даже в весеннее половодье. И лишь в южную часть акватории происходит практически стабильный сток пресных вод из системы прудов Пересыпи и Корсунцовских прудов (рис. 2). Причем, расход вод прудов в последние годы также

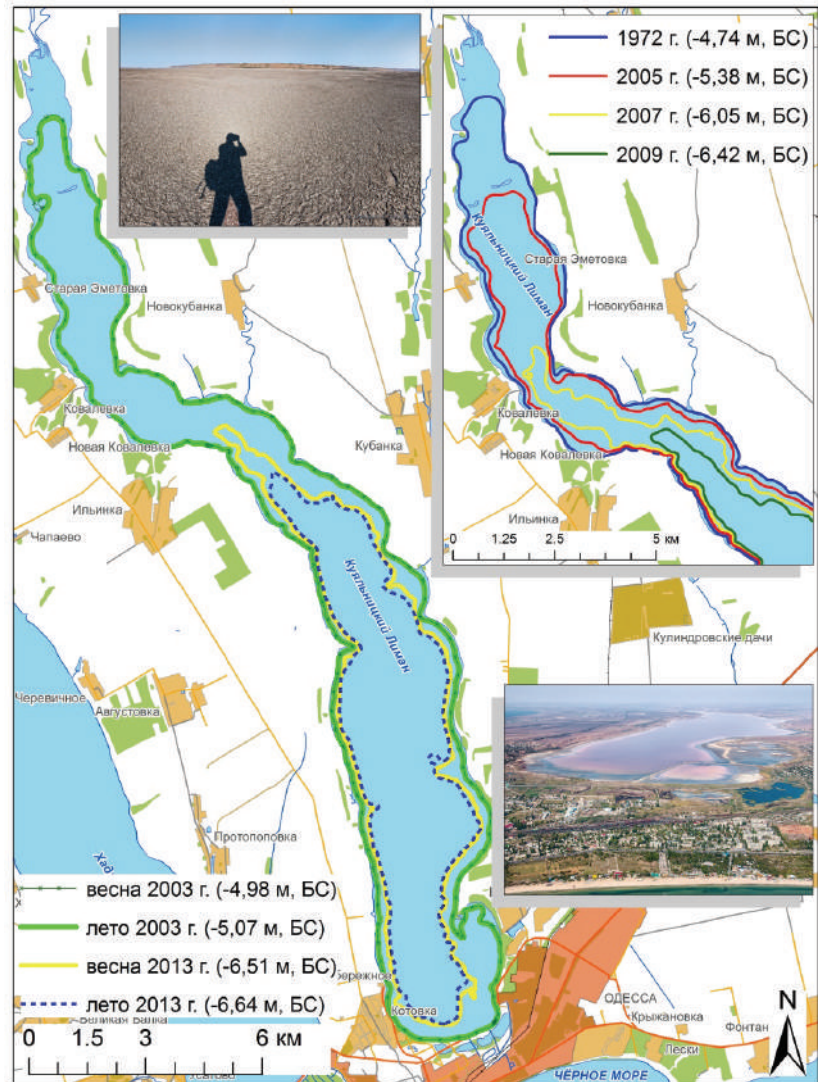


Рис. 1. Изменение очертаний береговой линии Кл в период с 1972 г. по 2013 г. и фотофрагменты состояния северной и южной оконечности лимана

имеет тенденцию к уменьшению, а в летний период 2012-2014 гг. сводился, практически, к нулевым значениям.

Значительный рост летних температур и интенсивный прогрев водной массы лимана ускоряют процессы испарения с его водной площади, последствием чего является прогрессирующее осолонение воды, засоление и опустынивание больших территорий побережья Кл (рис. 1).

Факт изменчивости уровня и солёности воды в Кл установлен более полутора века назад [10]. Анализ архивных данных и современного гидрологического состо-

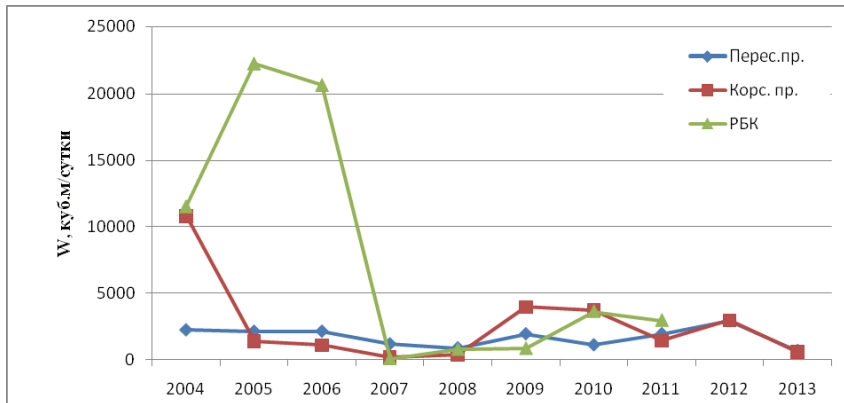


Рис.2. Динамика изменения среднесуточного расхода вод основных водотоков Кл в мае месяце в период 2004- 2013 гг.

яния Кл (рис.3,4) показывает, что межгодовые и сезонные колебания солености и уровня воды носят циклический характер и обусловлены преимущественно климатическими факторами, вековые колебания – вероятнее всего, геологическими факторами (процессы поднятия котловины сменяются опусканиями), что подтверждается литературными данными [11-12].

Как видно из аппроксимации хода уровня и солености воды Кл в 2003-2013 гг. (рис.3), линия полиномиального тренда, очевидно, свидетельствует о циклическом характере изменений гидрологических параметров (уровня, солености), линейного – направленности процессов.

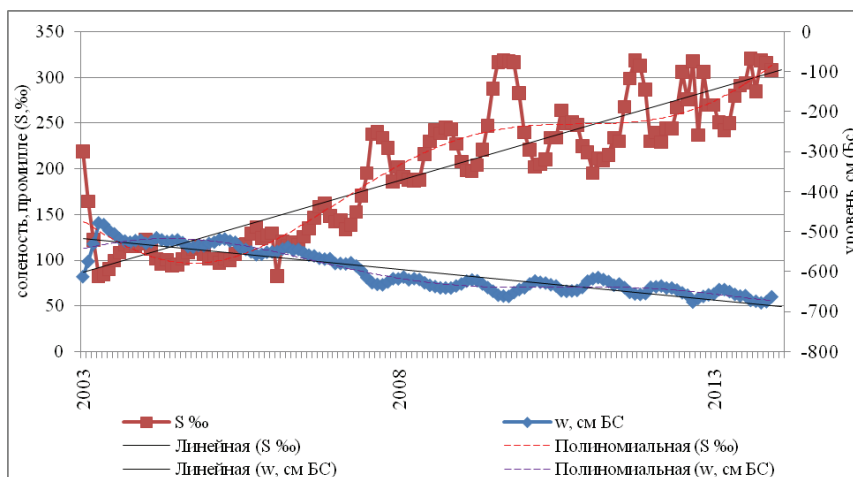


Рис. 3. Среднемесячная динамика изменения солености и уровня воды Кл в 2003-2013 гг.

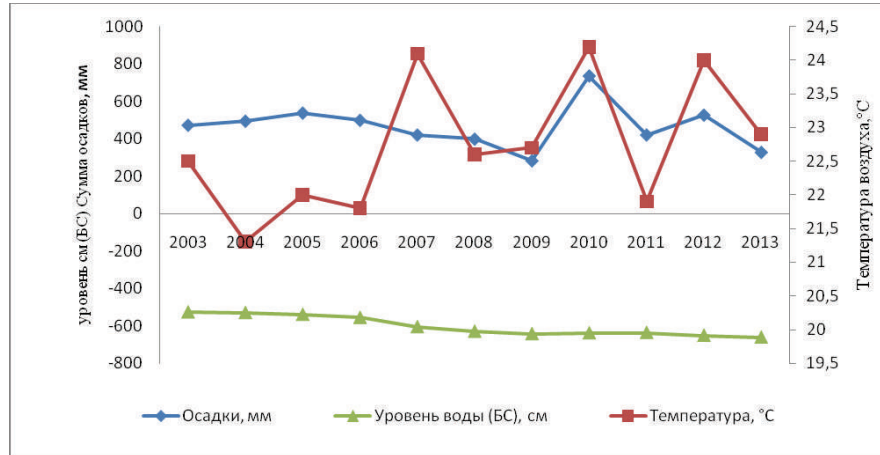


Рис.4. Изменения хода годовых сумм осадков, уровня и летней температуры в 2003-2013 гг.

В исследуемый период статистически достоверно наблюдаются устойчивые тенденции роста солёности и снижения уровня воды Кл. Рассчитанный по усредненным данным за период 2003-2013 гг. коэффициент Пирсона (-0,87) указывает на наличие значимой отрицательной корреляции между изменениями уровня воды и солёностью.

Абсолютные значения солёности воды в лимане в этот период изменялись в основном от 49,9 ‰ до 399 ‰. Среднемесячные значения солёности в 2013 г. не опускались ниже 240 ‰ и были выше, чем в аналогичный период 2012 г., причем в январе и мае превышали их на 40 ‰. В конце июля 2013 г. значения солёности воды стабильно превысили 320 ‰ и усилился процесс седиментации солей по берегам водоема. К концу лета 2014 г. обмеление лимана достигло критических величин, обнажились большие участки дна не только в северной и центральной частях, но и в южной, где из-за очень малых глубин пришлось прекратить добычу лечебной грязи (пелоидов) с использованием плашкоута с грейфером. Солёность воды лимана в 2014 г. изменялась в узких пределах 303–323 ‰. Вероятно наступило состояние квазиравновесия, когда солёность воды на одном уровне поддерживалась за счет седиментации солей и отложения их на дне и берегах водоема.

В отдельных случаях происходило понижение солёности воды после выпадения значительного количества осадков, однако через несколько дней значения солёности восстанавливались, как в результате перемешивания поверхностного несколько распресненного слоя воды с нижним более солёным, так и за счет растворения седиментированных солей.

Осолонение воды повлекло изменение видового состава водорослей в Кл. Результаты начатых нами с 2000 г. систематических сезонных наблюдений за изменением видового состава водорослей в Кл показали, что в условиях Кл лимитирующим фактором, обуславливающим развитие водорослей является солёность [13]. Всего в период 2000-2013 гг. в акватории лимана нами было обнаружено 93 вида водорослей. Причем, к экстремально высокой солёности (300-320 ‰) адаптировался всего лишь один вид *Dunaliella salina* Teod. В настоящее время осолоне-

ние воды в Кл достигло критических отметок и для основного обитателя соленого водоема – жаброного рачка *Artemia Salina* (оптимальные для жизни условия: соленость – 40-230 ‰, температура – 25-28 °С [14]). В летние периоды 2012-2013 гг. в Кл при солености и температуре воды, превышающих 300 ‰ и 30 °С, соответственно, фиксировались угнетение жизнедеятельности и гибель *Artemia Salina*.

В сложившихся условиях, адаптационные возможности гидробионтов – основных продуцентов органической массы сульфидных илов (пелоидов) – практически исчерпаны и начались деструктивные процессы. Прекратилось воспроизводство ценных пелоидов и было зафиксировано ухудшение их качества по показателям ферментативной активности и содержанию витаминного комплекса, характеризующих их терапевтическую эффективность и перспективность использования в практической медицине: произошло уменьшение активности каталазы в 1,5-2 раза, содержания витамина С в 10-12 раз, а витамина Р в 100-110 раз. При этом в большей части исследуемых проб наблюдалось преобладание неферментативной составляющей над ферментативной, особенно, при значениях солености воды, превышающих критическую для жизнедеятельности гидробионтов отметку – более 160 ‰.

Процесс высыхания Кл отрицательно повлиял также на почвенный покров и структуру прибрежной флоры: эрозия, засоленность и опустынивание наблюдается уже ~ на 30 км² территории прибрежной зоны, в составе флорокомплексов доминирует наиболее устойчивый к экстремальным условиям среды (засухе и засоленности) солерос европейский (*Salicornia Europa* L.).

Картина экологического бедствия Кл усугубляется последствиями антропогенного воздействия на всю экосистему лимана вследствие возрастающей рекреационной нагрузки, распашки склонов, несанкционированной добычи песка, выпаса домашнего скота, вырубки растительности, пожаров, складирования бытового и строительного мусора и др., в особенности это присуще южной оконечности лимана, вблизи которой располагаются транспортные магистрали и промышленные объекты, главным образом, топливно-энергетического и нефтеперевалочного комплексов, которые, несмотря на то, что являются крупномасштабными источниками токсичных выбросов, буквально «внедрены» в курортные и селитебные зоны (рис. 5).

По данным обобщения результатов многолетних (2000-2013 гг.) исследований компонентов водной и наземной экосистемы установлено, что за весь период исследований имели место превышения предельно допустимых концентраций (ПДК_v) более чем в 70 % случаев в воде Кл по фенолам, нефтепродуктам, сульфатам, азоту аммонийному, ванадию, кадмию и свинцу; в водотоках – по сульфатам, нефтепродуктам и ванадию. Высокий уровень загрязнения органическими соединениями и тяжелыми металлами характерен и для депонирующих сред – донных отложений Кл, почвенного покрова прибрежной зоны лимана: в 2000-2013 гг. фиксировалось превышение фоновых концентраций (по условному мировому кларку почв) кадмия, свинца, цинка и ванадия. Концентрирование указанных токсикантов обнаружено и в биокомпонентах (высшей водной растительности, водорослях и наземной флоре). Например, в случае *Salicornia Europa* коэффициенты концентрации указывают на пятикратное превышение содержания Zn, шестикратное превышение Си и практически трехкратные превышения содержания V по сравнению с их средним содержанием в почвах, на которых они произрастают. Высокой токсичностью характеризуются и почвы прибрежной зоны лимана. Так, содержа-



Рис. 5. Обзорная картосхема экологической ситуации района обследований

ние суммы токсичных солей (NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$) в поверхностном горизонте почв в весенний период 2013 г. достигало 0,9-1,0 %, в летне-осенний – 2,7 %, что позволяет их в соответствии с классификацией [15] отнести к сильно засоленным и очень сильно засоленным (солончакам) почвам, хлоридного типа засоления.

Вследствие фиксируемого в летне-осенний периоды уже на протяжении последних 5-6 лет образования самосадочной соли в экстремальных климатических условиях может произойти колоссальное засоление сельхозугодий приусадебных участков жителей прибрежных 13 населенных пунктов Одесской области, а также территории г. Одесса. Кроме того, соляные бури могут спровоцировать увеличение респираторных заболеваний.

Таким образом, к основным последствиям деградации КЛ наряду с катастрофическими изменениями его морфометрических размеров и осолонением следует отнести:

- оголение ~ 10 км² площади дна лимана и опустынивание ~ 30 км² территории побережья КЛ;
- увеличение площади солончаков и галофитной растительности;
- высокий уровень загрязнения органическими соединениями и тяжелыми металлами основных компонентов водной и наземной экосистемы КЛ (донных отложений, высшей водной растительности, водорослей и наземной флоры);
- опасность соляных бурь;
- снижение продуктивности, изменение структуры гидробионтов, снижение биологической активности илов и, как следствие – стагнация воспроизводства природных ресурсов и ухудшение их качества при солёности ~ 160 ‰.

Учитывая сложившуюся в акватории и прибрежной зоне КЛ критическую экологическую ситуацию, уникальность, богатство его природного ресурсного потенциала и важность для социально-экономической стабильности Одесского региона, представляется необходимым:

- предпринять действенные меры по восстановлению оптимального для жизнедеятельности биоты, воспроизводства и качества пелоидов гидролого-гидрохимического режима лимана;
- восстановить водоохранные зоны лимана и организовать природоохранный контроль хозяйственной деятельности в их границах;
- создать защитные полосы зеленых насаждений (из трав, кустарников, деревьев), решающих в зависимости от необходимости ряд задач:
- вдоль террас и склонов – для предотвращения эрозии и оползней;
- вдоль автотрассы – для защиты от загрязнений и одновременно выполняющих функции аэрофитотерапии;
- по контуру лимана, вдоль склонов и по длине склона – как структурные геобювары для предотвращения поступлений загрязняющих веществ с площади водосбора, снижения эрозии почвы, стабилизации влагосодержания, восстановления деградированных земель от засоления и снижения риска засоления подземных вод;
- провести очистку акватории, побережья лимана и сопредельных с ним водоемов (системы прудов Пересыпи, системы Корсунцовских прудов).

Вопросы сохранения, рекреации и рационального использования ценнейших ресурсов лимана, на наш взгляд, могут быть эффективно решены путем создания Национального природного парка, на территории которого строго регламентируется хозяйственная деятельность и устанавливаются дифференцированный режим по охране, воспроизводству и использованию природных ресурсов согласно функциональному зонированию территории (Закон Украины «О природно-заповедном фонде Украины» в редакции по состоянию на 26.04.2014 г.).

Литература

1. *Постанова Кабінету Міністрів України* від 11 грудня 1996 р. N 1499 «Про затвердження переліку водних об'єктів, що відносяться до категорії лікувальних» URL: [http:// zakon.rada.gov.ua/laws/show/1499-96-p](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1499-96-p).
2. *Вериго А. А.* Исследование одесских целебных лиманов и грязей. – Изд. Одесского бальнеологического общества. Одесса: тип. Л. Нитче, 1880. – 107 с.
3. *Брусилковский Е.М.* Одесские лиманы и их лечебные средства. – Одесса-Москва: Журн. «Терапевтическое обозрение», 1914.- Вып.4. – 167 с.
4. *Эннан А. А., Шихалеева Г.Н., Сизо А.В., Бабинец С. К.* Оценка качества воды Куяльницкого лимана по комплексу гидрохимических показателей с применением геоинформационных систем // *Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Хімія.* – 2010. – Т.15. – Вып.13. – С. 61-71.
5. *Эннан А. А., Шихалеева Г. Н., Шихалеев И. И., Чурсина О. Д., Кирюшкина А. Н.* Эколого-геохимическая оценка экосистемы Куяльницкого лимана // *Вестник ОНУ. Химия.* – 2012. – Т.17. – Вып. 3 (43). – С. 62-71.
6. *Шихалеева Г.Н., Будняк А.К.* Перекись-расщепляющая активность сульфидных илов Куяльницкого лимана / *Матеріалі ХІ Українського біохімічного конгресу*. Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАНУ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 06-10 жовтня 2014 р., м. Київ/Укр. *biochem.J.*, 2014, vol.86, №5 (suppl.1).- S.227.
7. *Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Адобовский В.В., Герасимюк В.П., Шихалеев И.И., Кирюшкина А.Н.* Деградация водной экосистемы Куяльницкого лимана и пути ее восстановления // *Причорноморський екологічний бюлетень.*- Одеса.- 2012.- Вып. 1 (43).- С.75-85.
8. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. –М.: Изд-во АН СССР, 1957. – с.6.
9. *Shikhaleeva G.N., Budnyak A.K.* Vitamin C concentration and catalase activity in bottom sediment of the Kuyalnic liman // *Materials of III Int. Young Sci. Conf. «Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution», Dedicated to 100 Anniversary from Birth of Famous Ukrainian Lichenologist Maria Makarevych.* – Odessa: Pechatniy dom., 2007. – P. 222-223.
10. *Рудской М.П.* Изменения уровня лиманов // *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей.* – Одесса. – 1895. – Т. XX. – Вып. I. – С. 13-23
11. *Колесникова А.А., Носырев И.В., Шмуратко В.И.* Циклический характер изменчивости гидролого-гидрохимических параметров Куяльницкого лимана (Северное Причерноморье) // *Доповіді НАН України*, №8, 1997, С.123-128.
12. *Черкез Е. А., Шмуратко В. И., Вахрушев О. А.* История изучения и проблемы динамики уровня Куяльницкого лимана// *Материалы Всеукр. науч.-практ. конф. «Лиманы північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекотичні проблеми та шляхи їх вирішення».* – Одеса : ТЕС, 2012. – С. 39-43.
13. *Герасимюк В.П., Шихалеева Г.Н., Эннан А.А.* Современное видовое разнообразие альгофлоры Куяльницкого лимана и сопредельных водоемов // *Журн. Альгология.* – 2011. – №2.- С.226-240
14. *Макаров Ю.Н.* Распределение и динамика численности *Artemia salina* (L.) в Куяльницком лимане // *Гидробиол.журн.*, 1984. — Т.20. — Вып. 3. -С. 17-23.
15. *Базилевич Н.И.* Опыт классификации почв по засолению /Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова // *Почвоведение.* –1968. – № 11. – С.3–16.

Стаття надійшла до редакції 13.08.14

**А. А. Эннан, И. И. Шихалеев, Г. Н. Шихалеева, В. В. Адобовский,
Г. М. Кирюшкина**

Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України
вул. Преображенська, 3, м. Одеса, 65082, Україна,
e-mail: i.l.monitoring@rambler.ru

ПРИЧИНИ І НАСЛІДКИ ДЕГРАДАЦІЇ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я, УКРАЇНА)

Резюме

За даними узагальнення результатів багаторічних (2000-2013 рр.) комплексних гідролого-гідрохімічних, гідробіологічних і геохімічних досліджень компо-

ентів водної та наземної екосистеми Куяльницького лиману, динаміки їх внутрішньо- і міжрічних змін виявлені причини і наслідки деградації природних компонентів. Розглядаються аспекти зниження ресурсного потенціалу КЛ і прибережних територій в умовах кліматичних змін і антропогенного впливу; концептуально пропонуються шляхи рекреації КЛ і раціонального використання його природного ресурсного потенціалу в інтересах м. Одеса та Одеського регіону.

Ключові слова: Куяльницький лиман, деградація, природні компоненти екосистеми, кліматичні зміни, антропогенне навантаження

**A. A. Ennan, I. I. Shykhalyeyev, G. N. Shykhalyeyeva, V. V. Adobovsky,
A. N. Kiryushkina**
Physical-Chemical Institute for Environment and Human Protection
3 Preobrazhenskaya St., 65082, Odessa, Ukraine
e-mail: i.l.monitoring@rambler.ru

EFFECTS OF KUYALNIK ESTUARY DEGRADATION (NORTHWEST BLACK SEA REGION, UKRAINE)

Summary

Based on the generalization of multiyear (2000-2013) comprehensive hydrological and hydrochemical research of Kuyalnik estuary aquatic and terrestrial ecosystems we identified causes and consequences of the degradation of natural components. Considered aspects of reducing resource potential of Kuyalnik estuary in terms of climate change and anthropogenic impact; conceptually suggests the ways of Kuyalnik estuary recreation and rational use of its natural resource potential in the interests of Odessa and Odessa region.

Key words: Kuyalnik estuary, climate change, anthropogenic factors, natural resources, water, bottom sediments, soil, aquatic life, flora, degradation