
Использование данных дистанционного зондирования в сочетании с наземным обследованием для оценки экологического состояния Молочного лимана (Северо-Западное Приазовье)

*С.В. Винокурова¹, В.А. Демченко², И.И. Черничко¹, В.П. Воровка³,
svetlana.vinokurova@gmail.com, demvik@mail.ru,
j.chernichko@gmail.com, geofak_mgpu@ukr.net*

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, динамика гидрологических характеристик, водно-болотное угодье, экологическое состояние, Молочный лиман, Приазовье.

Введение

Молочный лиман (Запорожская область, Украина) — водно-болотное угодье международного значения — на протяжении долгих лет играл значительную роль в сохранении биоразнообразия региона. Лиман был одним из основных нерестилищ пиленгаса в Азовском бассейне. Тут в миграционный и зимний периоды регулярно обитало свыше 20 тысяч особей водно-болотных птиц. Кроме того, лиман обеспечивал условия для гнездования нескольких тысяч пар бакланов, чаек, куликов. Однако, в последнее десятилетие, лиман претерпевает существенные изменения гидрологического режима, которые, безусловно, сказываются и на его экологической ценности.

Цель работы — анализ данных дистанционного зондирования земли и количественная оценка происходящих изменений в экологическом состоянии Молочного лимана.

Общая характеристика Молочного лимана

Молочный лиман расположен в Северо-Западном Приазовье на юге Запорожской области (рис. 1). В северной части в лиман впадает река Молочная, образуя дельту с несколькими проточными и непроточными рукавами. В южной части водоем отделен от Азовского моря косой песчано-ракушечного происхождения. Начиная с 1972 года лиман соединен с Азовским морем искусственно вырытым через косу каналом. Берега лимана имеют ярко выраженную асимметрию — правый берег более высокий, левый — низинный.

Именно наличие связи с Азовским морем создало условия для формирования максимального биологического разнообразия ВБУ Молочный лиман.

1 Межведомственная Азово-Черноморская орнитологическая станция Института зоологии НАН Украины и Мелитопольского государственного педагогического университета, Украина

2 Межведомственная лаборатория мониторинга экосистем Азовского бассейна ОФ ИНБЮМ и МГПУ, Украина

3 кафедры физической географии и геологии МГПУ, Украина

Существование такой связи долгие годы поддерживалось за счет его постоянной расчистки от наносов. В последние 10–12 лет такие работы не проводятся вообще или проводятся нерегулярно, в объеме, который не обеспечивает достаточного водообмена, что существенно сказалось на ряде характеристик Молочного лимана. Анализ динамики некоторых изменений положен в основу данной работы.

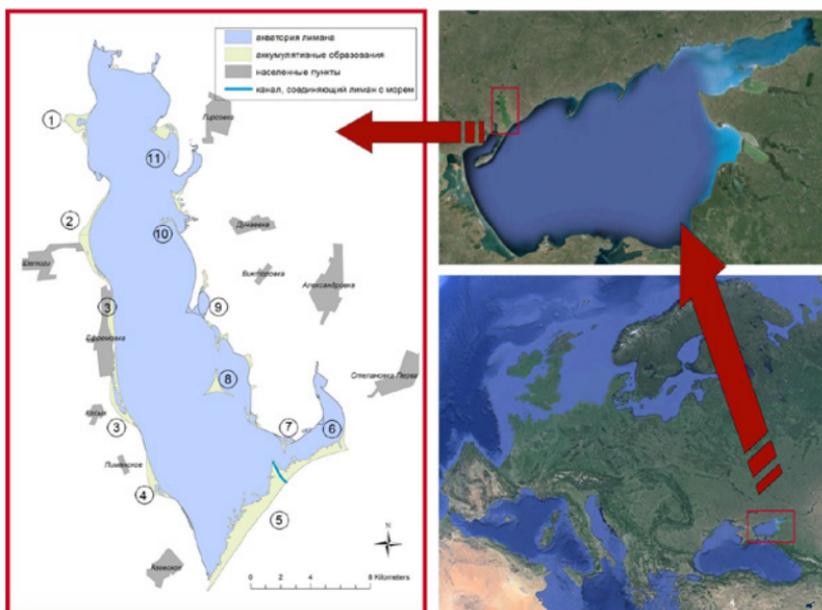


Рис. 1. Район исследований. Молочный лиман: 1 – пойма р. Ташенак, 2 – Шелюговский под, 3 – Ефремовский под, 4 – Лиманский под, 5 – коса Пересыпь, 6 – Александровский залив, 7 – полуостров Кубек, 8 – Молочное озеро, 9 – Дунайское озеро, 10 – остров Подкова, 11 – остров Долгий. Приведено по состоянию на 2005 г.

Методики и материал

Для анализа динамики площади акватории и аккумулятивных образований Молочного лимана использовались данные зондирования земли (ДЗЗ): данные спутника *Pléiades* — панхроматические с разрешением 50 см и мультиспектральные с разрешением 2 м, ORTHO, за 2013 г.; данные спутника *LandSat 5* (сенсор TM) с разрешением 30 м за 2003, 2005, 2009, 2011–2013 гг. Данные спутника *Pléiades* были предоставлены в рамках программы *Pléiades User Group*, за что авторы выражают свою признательность компании *Astrium*. Данные спутника *LandSat* были получены через веб-сервер *Glovis* (<http://glovis.usgs.gov>), где они размещены в открытом доступе. Для уточнения

данных с низким разрешением использовались данные фотосъемки с мотодельтоплана на высоте 800–1000 м, которые любезно предоставил А. Шиян (2005, 2009, 2013 гг.). Для анализа данных использовался программный пакет ArcGIS 10.

Для расчета объема водного тела водоема в 2012 году было заложено 8 трансект, на которых через каждые 200 м производились замеры глубины лимана. Точки замеров фиксировались с помощью GPS. На основании полученных данных с использованием модуля 3D Analyst была построена цифровая модель рельефа, что дало возможность рассчитать объем воды в лимане.

Работы по оценке глубин в 2012 году, а также частично ихтиологические и орнитологические исследования в период 2012–2013 гг. проводились в рамках выполнения проекта «Формирование потенциала по наблюдению за Черноморским бассейном в рамках поддержки устойчивого развития территории» («Building Capacity for a Black Sea Catchment Observation and Assessment System supporting Sustainable Development») Седьмой Рамочной программы Европейского Союза.

Результаты и обсуждение

Изменение параметров водного тела Молочного лимана

Площадь акватории. В период стабильного поддержания гидрологической связи между Молочным лиманом и Азовским морем и вплоть до 2005 года площадь акватории была относительно стабильной: имела незначительные сезонные колебания, зависела от силы и направления преобладающих ветров, но в целом ее величина находилась в пределах 22 тыс. га (рис. 2А).

Анализ спутниковых снимков за период 2003–2013 гг. показал, что в настоящее время площадь водного тела существенно сокращается (табл. 1, рис. 2, 3). Основными причинами этого процесса являются отсутствие постоянной связи с морем и недостаточный объем речного стока и осадков. Причем за последний год интенсивность сокращения водного тела существенно возросла за счет специфики рельефа дна лимана — фактически плоское дно с плавным уменьшением глубины от центра к берегам и относительно резкие изменения глубин в прибрежной зоне, вызванные корытообразной формой дна. При сохранении современного состояния связи между лиманом и морем можно прогнозировать и дальнейшее сокращение площади водной поверхности, причем уже в 2014 году, по нашим прогнозам, она может составить 9,5–12 тыс. га (при дальнейшем снижении уровня воды на 30–50 см, что было отмечено в 2013 г.).

Объем воды в лимане. Объем воды Молочного лимана имеет важное значение для расчета водного и солевого баланса. Данные по объему воды в лимане за последнее десятилетие, рассчитанные нами с использованием модуля 3D Analyst, представлены в таблице 1 и на рис. 3. Анализируя объем воды на протяжении последних лет, необходимо отметить, что с отсутствием соединения с Азовским морем лиман потерял более 282 млн. м³, то есть около ¼ от объема в условиях максимального заполнения.

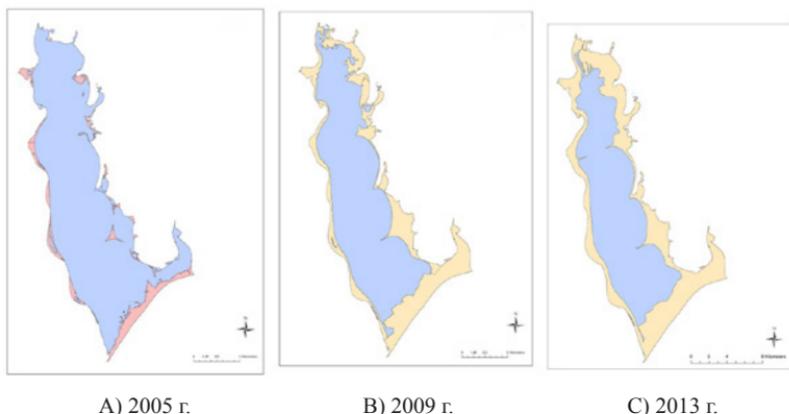


Рис. 2. Динамика площади акватории Молочного лимана в 2005–2013 гг.

Таблица 1. Динамика основных гидрологических характеристик Молочного лимана в период 2003–2013 гг.

Характеристика	Года				
	2003	2005	2009	2012	2013
Площадь акватории, тыс. га	21,269	21,945	16,442	16,723	14,229
Площадь аккумулятивных образований и осушенных участков дна	2,859	2,183	7,686	7,405	9,899
Максимальная глубина лимана, м	2,8	2,8	1,78	1,8	1,22
Объем воды, млн. м ³	369,62	370	180,46	180,92	86,75
Средняя соленость воды, г/л	30,0	23,4	51,0	54,0	82,5

Динамика прибрежных участков, островов и кос. Закономерно, что с понижением уровня воды в лимане увеличивается площадь аккумулятивных образований, к которым относятся коса Александровская с ее прибрежными южной и северной оконечностями, полуостров Кубек, который отделяет акваторию собственно Молочного лимана от Александровского залива, остров Подкова, остров Долгий, ряд мелких островков и кос (рис. 1). Постепенный характер перехода от аккумулятивных образований к непосредственно дну лимана усложняет анализ динамики их площадей, поэтому мы рассматриваем эти две категории в совокупности — как обсохшие (сухие) участки лимана.



Рис. 3. Зависимость объема воды и площади водного зеркала Молочного лимана от максимальной глубины лимана.

Наибольшие площади высохших территорий наблюдаются вдоль левого берега, а также верховий и низовий лимана (рис. 2, 4, 5), в частности между сс. Гирсовка и Мордвиновка (1100–1300 м от края до максимального уреза воды), вдоль косы Пересыпь (800–2100 м), в районе Александровского залива и озера Молочного, что связано с более высоким гипсометрическим положением дна. При этом дно озера Молочного в отдельные годы может быть частично заполнено водой. Снижение уровня воды и обнажение участков дна лимана способствовало также соединению части островов и полуостровов (остров Подкова, остров Долгий) с берегом и их вовлечению в общую площадь побережья лимана.

Правый берег лимана характеризуется меньшими площадями высохших территорий и более равномерной их шириной.

Кроме того, следует отметить поэтапное формирование новых островов за счет постепенного обнажения возвышенных участков дна, особенно в верховьях лимана. Анализ рельефа дна в верховьях лимана по спутниковым снимкам дает возможность предположить появление еще нескольких островов при понижении уровня воды на 20–30 см.

Изменения в экологическом состоянии Молочного лимана

Изменения площади водного зеркала, объема воды привели к значительным трансформациям в экосистеме Молочного лимана. Прежде всего необходимо отметить увеличение солености в условиях закрытого состояния водоема (табл. 1, рис. 6). Высокие показатели минерализации привели к снижению продуктивности лимана, изменениям видового состава птиц, рыб, беспозвоночных.



Рис. 4. Вид с мотодельтоплана на верховья Молочного лимана (август 2013 г.).
Фото А. Шияна



Рис. 5. Правый берег Молочного лимана (май 2013 года) во время полевого обследования. Фото В. Демченко.

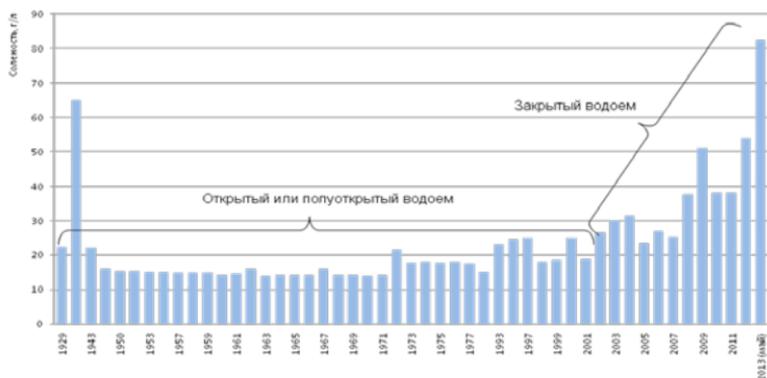


Рис. 6. Многолетняя динамика солёности Молочного лимана

Наиболее наглядно подобные негативные изменения можно оценить по степени изменения численности гнездящихся на лимане водно-болотных птиц, а также численности птиц, использующих лиман для сезонного размещения, тем более, что во многом именно благодаря этим характеристикам лиман получил признание водно-болотного угодья международного значения.

В полноводные годы гнездование на Молочном лимане концентрировалось на основных аккумулятивных островах, описанных выше, при общей численности свыше 10 тыс. пар 40 видов (Численность и размещение, 2000), из которых 13 были включены в национальную Красную книгу (2009). По численности доминировали крачки, чайки и большой баклан.

Постепенное снижение уровня воды и рост солёности привели к определенным изменениям кормовой емкости, снижению обводненности дельты реки, потере мест гнездований в виде островов. Такие изменения привели к снижению численности околководных птиц, которых в 2005 году было учтено 2298 пар из 22 видов (Демченко и др., 2012). Сократилось и количество «краснокнижных» видов — с 13 до 6.

Обмеление лимана привело к перераспределению птиц в пределах лимана: прежние острова исчезли, зато возникли несколько мелких отмелей, на которых было отмечено гнездование довольно большого числа видов, но уже с заметно меньшей численностью. Так в 2012 году гнездились уже только 950 пар, но 26 видов, а число «краснокнижных» видов увеличилось до 7 (Демченко и др., 2012).

Дальнейшее падение уровня воды исключило возможность гнездования на лимане и 2013-й год оказался практически «фертильным» для водно-болотных птиц. Их число едва превысило 70 пар, успешность гнездования которых оказалась нулевой. Будущее гнездование возможно ожидать на серии новых островков в верховьях лимана, которые, обнажившись, дадут основу для гнездования определенной части популяций.

Иная ситуация прослеживается с размещением птиц во время миграций. Наличие мелководий (до 20–25 см глубиной) в верховьях и низовьях лимана определяла кормовую емкость для цапель, уток, чаек, куликов, максимальная численность которых в верховьях осенью достигала 4–8 тыс., а в низовьях 6–12 тыс. особей. Площадь самих мелководий была незначительной и сильно зависела от сгонно-нагонных ветров.

Принципиальная смена ситуации произошла при значительном обмелении лимана. С одной стороны, площадь мелководий увеличилась почти на порядок. Однако возросшая соленость резко сократила кормовую емкость для рыбадных, птиц, «моллюскоедов» и фитофагов. Изменения структуры сообществ макрозообентоса в результате повышения солености привела к вспышке численности нескольких гипергалинных видов, которые способствовали увеличению кормовых ресурсов и соответственно численности «бродных» водно-болотных птиц. Благодаря этому осенние скопления куликов и чаек в верховьях лимана достигли рекордной величины в 25–30 тыс. особей, а в низовьях численность таких же видов колебалась в пределах 20–25 тысяч. Численность уток, лысухи и цапель заметно сократилась в связи с отсутствием кормовых ресурсов в акваториях Молочного лимана.

Выводы

- Данные дистанционного зондирования являются эффективным инструментом для экологической оценки водоема, прежде всего динамики его акватории и прилегающих участков суши.
- По данным дистанционного зондирования площадь акватории Молочного лимана сократилась в период с 2005 года по 2013 год с 21,945 тыс. га до 14,229 тыс. га, что привело к сокращению объема воды в лимане более чем в 4 раза.
- Анализ ДЗЗ за длительный временной интервал в условиях резкого сокращения площади водной поверхности в сочетании с наземными методами исследований позволил уточнить некоторые детали рельефа водно-болотного угодья.
- Полученные данные позволяют прогнозировать площадь осушенных территорий и места формирования новых островов, которые имеют важное значение в размещении разнообразных элементов флоры и фауны.
- Перераспределение видов птиц и численности затронуло не только Молочный лиман, но и многие другие приморские водоемы в силу частичного их обмеления. На этом фоне важно не только отслеживать происходящие изменения, но и прогнозировать вероятное состояние видового разнообразия в пределах одного водоема и региона в целом.

Литература

1. Демченко В.О., Черничко Р.М., Черничко Й.І., Дядічева О.А., Кошелев О.І., Демченко Н.А. Сучасний стан Молочного лиману як водно-болотного

- угіддя міжнародного значення // Заповідна справа в Україні. — 2012, Том 18. Випуск 1–2. — с. 114–119.
2. Красная книга Украины. Животный мир (птицы) // Под общ. ред. Акимова И.А. — Киев: Глобалконсалтинг, 2009, с. 398–484.
 3. Численность и размещение гнездящихся околоводных птиц в водно-болотных угодьях Азово-Черноморского побережья Украины / Сихин В.Д., Черничко И.И., Андрущенко Ю.А. и др. // Под ред. Сихина В.Д. — Мелитополь — Киев: Бранта, 2000, с. 339–372.