# ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ В ПЕРИОД 2015 – 2016 ГГ.

### Р.В. Боровская, С.С. Смирнов

Керченский филиал («ЮгНИРО») Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», РФ, г. Керчь, ул. Свердлова, 2

E-mail: borovskaya\_r\_v@azniirkh.ru

По материалам спутникового мониторинга выполнены исследования площадей гипергалинных озер Крыма на примере оз. Акташское, Айгульское и Кирлеутское за период 2015–2016 гг. В результате было установлено, что наибольших сезонных изменений претерпевала площадь зеркала оз. Акташское, наименьших — оз. Кирлеутское. Минимальное заполнение для всех исследуемых озер прослеживалось в октябре. В межгодовой изменчивости (2015–2016 гг.) наименьшие площади характерны для осеннего периода — конца октября.

**Ключевые слова:** спутниковый мониторинг, оз. Акташское, оз. Айгульское, оз. Кирлеутское, площади озер, сезонная и межгодовая изменчивость, рыбохозяйственное значение озер, запасы водных беспозвоночных

Введение. На Крымском полуострове насчитывается более 300 озер и лиманов. Озера в большинстве соленые и мелководные. В зависимости от местоположения они разделены на 7 групп [1]: Перекопская, Тарханкутская, Евпаторийская, Херсонесская, Озёра на яйлах, Керченская и Восточный Сиваш, входящий ранее в Геническую группу озер. Исследуемые озера Айгульское и Кирлеутское относятся к Перекопской, озеро Акташское к Керченской группе соленых озер.

В озерах обитают водные беспозвоночные, запасы которых представлены личинками хирономид, артемией и гаммарусом.

Запасы водных беспозвоночных в оз. Акташское эксплуатировались промыслом с 2004 по 2013 г., в оз. Айгульское и Кирлеутское – с 2004 по 2012 г. В 2013—2014 гг. промысел в этих озерах не проводился из-за сильного их обмеления.

Согласно «Водному кодексу Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (принят ГД ФС РФ 12.04.2006) (ред. от 28.12.2010) исследуемые озера относятся к водоемам высшей категории рыбохозяйственного значения.

С 2015 г. в исследуемых водоемах проводится промышленный лов цист артемии и хирономид.

Для учета обитающих в озерах вод-

ных биоресурсов ЮгНИРО проводил периодические исследования, начиная 2002 г. по 2014 г., и регулярные с 2015 г. – выполнялись 3 комплексные сезонных съемки в год (весна, лето, осень), включая определение абиотических параметров.

Запасы водных беспозвоночных, обитающих в гипергалинных озерах Крыма, рассчитываются с применением метода площадного учета, и в настоящее время спутниковый мониторинг позволяет оперативно определять изменение площади зеркала озер и проводить корректировку величины запаса водных биологических ресурсов (ВБР).

Целью настоящей работы является исследование сезонной и межгодовой изменчивости площадей гипергалинных озер Крыма для определения необходимости проведения спутникового мониторинга, результаты которого будут оперативно использоваться для расчета и корректировки запасов ВБР.

Материалы и методы. В качестве основного источника исходных эмпирических данных использована информация с искусственных спутников Земли LandSat-8 и Sentinel-2 за период с апреля по октябрь 2015 г. и с июня по октябрь 2016 г. на дату, максимально близкую дате выполнения комплексной съемки.

Материалы дистанционного зондирования Земли, полученные со спутников и доступные после базовой обработки на специализированных Интернетпорталах, представляли собой наборы файлов, состоящие из серии геопривязанных растровых изображений в различных диапазонах спектра электромагнитного излучения и сопроводительной информации.

Для получения цветных снимков в видимом спектре необходимо было скомбинировать растровые изображения для спектральных диапазонов, соответствующих красному, зеленому и синему цветам. Для спутника LandSat-8 эти цветовые каналы обозначены как B2, B3, B4; для Sentinel-2 — как B02, B03, B04 (синий, зелёный и красный участки спектра соответственно).

Для более реалистичного и детализированного отображения полученных цветных снимков выполнялась корректировка контраста. Далее цветное изображение сохранялось в растровом формате, поддерживающем координатную привязку для его дальнейшего анализа.

Вышеупомянутые операции комбинирования цветовых каналов, корректировки контраста и сохранения полученных изображений с геопривязкой в формат GeoTIFF были выполнены с помощью программы SNAP (Sentinels Application Platform).

Затем полученные спутниковые снимки открывались с помощью программы QGIS (Quantum GIS), где производилось определение площадей. Расчет выполнялся в системе координат WGS 84 / UTM zone 36N (EPSG:32636).

К анализу также привлекались данные контактных наблюдений (соленость воды), полученные в период комплексных съемок в экспедициях.

**Результаты исследования.** Исследуемые озера Айгульское и Кирлеутское относятся к Перекопской, озеро Акташское к Керченкой группе соленых озер. Морфометрические характеристики озер приведены в табл. 1.

Таблица 1. Морфометрические характеристики озер [1]

Название озера	Площадь, км <sup>2</sup>		Длина,	Ширина, км		Глубина, км	
	зеркала	водосбора	КМ	средняя	наибольшая	средняя	Наибольшая
Акташское	26,8	467	8,0	3,0	3,5	2,0	3,0
Айгульское	37,5	213	18,0	2,0	4,5	1,5	3,0
Кирлеутское	20,8	101	13,0	1,6	3,0	1,5	3,0

Озеро Акташское морского происхождения (типичный лиманный водоем), расположено на побережье Азовского моря (на севере Керченского полуострова). Это одно из самых крупных озер Крыма [1, 2].

Главную роль в его питании играют поверхностные воды от снеготаяния и ливней. В период максимального заполнения водой площадь зеркала озера составляла 26,8 км². В Акташское озеро впадает несколько речек, образующихся из подземных источников. Речки, впадающие в озеро, относительно не большие и в летнее время практически полностью пересыхают. Озеро было соединено каналом с Азовским морем, при достаточно сильном ветре северовосточных румбов по каналу из Азовско-

го моря в озеро поступает значительное количество морских вод.

В период 1979—1981 гг. вокруг озера была построена земляная дамба длиной 8 км и шириной 3—3,5 км (за исключением северной его части, где расположен полуостров Ежовый, Средний и Утиный, а также северо-восточного района озера), что позволило поднять уровень воды на несколько метров. В весенний паводок 1989 г. дамба была разрушена и больше не восстанавливалась, озеро обмелело. В результате экосистема озера за короткий промежуток времени дважды претерпевала значительные изменения.

Озеро планировалось использовать в качестве пруда-охладителя для технического водоснабжения строящейся в то время Крымской АЭС, а также при ее эксплуатации.

Необходимо также отметить большую антропогенную нагрузку на природную среду в районе озера: Крымская атомная станция (не действующая), автотрасса Щелкино-<u>Ленино</u>, железнодорожный вокзал, очистные сооружения, недостроенная Щелкинская аэрационная станция, свалка мусора, Восточно-Крымская ветровая электростанция (действующая), Санитарно-эпидемиологическая станция — 5 (не действующая).

На юге озера находится солончак шириной 1 км и длиной 7 км. Небольшие солончаки расположены на севере (от п-ова Ежовый до поросли сосны и вяза) и северо-востоке (до поросли сосны и акации).

Соленость в озере изменяется в широких пределах — от наименьших значений (5–15 ‰) в районе канала на югозападе до 190-196 ‰ — в центральной части озера.

Запасы водных беспозвоночных в озере представлены личинками хирономид, артемией и гаммарусом.

В 2015–2016 гг. площадь Акташского озера изменялась в пределах 4,92–11,34 км $^2$  и составляла 18,4–23,1% (в 4,3–5,5 раза меньше) площади в 2004 г. согласно справочника поверхностных водных объектов Крыма. Наибольшая площадь отмечалась в июне 2016 г., наименьшая — в октябре 2015 г. (табл. 2, рис. 1, 2).

Оз. Ак	ташское	Оз. Айг	ульское	Оз. Кирлеутское	
площадь [9] – 26,8 км <sup>2</sup>		площадь [9]	] – 37,5 км <sup>2</sup>	площадь $[9] - 20,8 \text{ км}^2$	
дата	площадь, км <sup>2</sup>	дата	площадь, км²	дата	площадь, км²
26.04.2015 г.	5,01	10.04.2015 г.	36,84	10.04.2015 г.	20,53
24.07.2015 г.	5,04	22.07.2015 г.	36,82	22.07.2015 г.	20,52
28.10.2015 г.	4,92	19.10.2015 г.	35,25	19.10.2015 г.	20,39
24.06.2016 г.	11,34	22.06.2016 г.	36,83	22.06.2016 г.	20,61
	(5,14+6,2 –				
	небольшой				
	бассейн к югу				
	от основной				
	полноводной				
	части озера)				
18.08.2016 г.	4,98	18.08.2016 г.	36,80	18.08.2016 г.	20,50
28.10.2016 г.	4,95	30.10.2016 г.	36,82	30.10.2016 г.	20,50

При максимальном заполнении 24 июня 2016 г. вторая половина озера (6,2 км²) частично была заполнена слоем воды незначительной толщины, по всей видимости в результате выпадения обильных осадков (рис. 1).

Следует отметить, что в межгодовой изменчивости (2015–2016 гг.) наименьшие площади зеркала характерны для осеннего периода – конца октября.

Озера Айгульское и Кирлеутское бессточные, лиманного происхождения. Южные части озерных котловин несколько сужены, мелководны, северные – более расширены и местами глубоководные. Уровни озер соответственно на 3,3 м и 4,3 м ниже уровня Черного моря. Основное пополнение озер происходит за счет поверхностных и преимущественно подземных вод Причерномор-

ского артезианского бассейна (в Айгульском озере прослеживается более 20 самоизливающихся артезианских колодцев, в Кирлеутском — около 40 колодцев), а также сбросных и коллекторнодренажных вод. Собственные водосборы озер невелики, только в Айгульское озеро впадает река Неточная с водосбором около 105 км² [1–3]. Изолированность этих озер от моря привела к тому, что концентрация солей в воде стала выше океанической.

Большинство озер Перекопской группы, включая исследуемые водные объекты, самосадочных, в них почти ежегодно происходила естественная садка поваренной соли. К началу XX столетия многочисленные солепромыслы Крыма обеспечивали более 40% потребностей Российской империи в пищевой



Рис. 1. Наибольшая площадь зеркала оз. Акташское (24.06.2016)



Рис. 2. Наименьшая площадь зеркала оз. Акташское (28.10.2015)

и технической соли. После строительства Северо-Крымского канала, в результате поступления большого объема пресных вод, садка соли сохранилась на небольших участках [3].

В течение двух последних лет на разных участках акватории оз. Айгульское и Кирлеутское соленость вод изменялась в пределах 18,80—240,00 ‰ и 0,86—240,00 ‰ соответственно.

Ранее озера были мало задействованы в промышленном производстве и коммунальном хозяйстве, поэтому достаточно долго сохраняли практически естественную экосистему. В сравнение с оз. Акташское сезонная и межгодовая изменчивость площадей данных двух озер значительно меньше. Площадь озера Айгульское в 2015–2016 гг. изменялась в диапазоне 93,97–98,24% от пло-

.

щади водоема 2004 г. Наибольшая площадь, покрытая водой, отмечалась в апреле 2015 г. и составляла  $36,84~{\rm km}^2,$  наименьшая площадь  $(35,25~{\rm km}^2)$  — в октябре  $2015~{\rm f.}$ 

Сезонная изменчивость площади зеркала оз. Кирлеутское была незначи — тельной — 0,3-1,0%. Площадь озера в многолетнем масштабе не претерпела



**Рис. 3.** Наибольшая площадь зеркала оз. Айгульское и Кирлеутское (10.04.2015)

больших изменений и относительно площади 2004 г. составила 98,03-99,09%, или  $20,39-20,61~\text{км}^2$ . Минимальные значения отмечались в октябре 2015~г., максимальные – в июне 2016~г.

На рис. 3–5 приведены наибольшие площади водного зеркала озер Перекопской группы в апреле 2015 г. и июне 2016 г., наименьшие – в октябре 2015 г.



**Рис. 4.** Наибольшая площадь зеркала оз. Айгульское и Кирлеутское (22.06.2016)



Рис. 5. Наименьшая площадь зеркала оз. Айгульское и Кирлеутское (19.10.2015)

Заключение. По материалам спутникового мониторинга выполнены исследования площадей гипергалинных озер Крыма на примере оз. Акташское, Айгульское и Кирлеутское за период 2015–2016 гг. согласно «Водному кодексу Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (принят ГД ФС РФ 12.04.2006) (ред. от 28.12.2010), относящихся к водоемам высшей категории рыбохозяйственного значения.

Полученные результаты позволили отметить, что площади зеркала исследуемых озер имеют сезонную и межгодовую изменчивость.

Наибольшие величины отмечались в апреле и июне для озер Перекопской группы и в июне — в оз. Акташское, наименьшие — в октябре для всех озер.

В межгодовом масштабе (2015 – 2016 гг.) наименьшие площади зеркала исследуемых озер характерны для осеннего периода – конца октября.

Относительно 2004 г. не претерпела больших изменений площадь оз. Кирлеутское.

Результаты исследования имеют

практическое значение. Запасы водных беспозвоночных, обитающих в гипергалинных озерах Крыма, рассчитываются с применением метода площадного учета. Спутниковый мониторинг площади зеркала озер позволит оперативно выполнять корректировку величины запаса водных биологических ресурсов, представленных личинками хирономид, артемией и гаммарусом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Поверхностные водные объекты Крыма (Справочник) / Сост. А.А. Лисовский, В.А. Новик, З.В. Тимченко, [и др.] / под ред. к.г.н. З.В. Тимченко. Симферополь: Рескомводхоз АРК, 2004. С. 30–36.
- 2. *Устойчивый* Крым. Водные ресурсы. Симферополь: Таврида, 2003. 413 с.
- 3. Васенко В.И., Гулов О.А., Голуб М.А. Соленые озера северной части Крыма. Труды Крымской академии наук. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2016. С. 61–70 с.

## SURVEY OF THE WATER SURFACE AREAS OF THE CRIMEAN HYPERHALINE LAKES USING THE DATA FROM ARTIFICIAL EARTH SATELLITES DURING THE PERIOD FROM 2015 TO 2016

## R.V. Borovskaya, S.S. Smirnov

The Kerch Branch ("YugNIRO") of the Federal State Budgetary Scientific Institution "The Azov Research Institute for Fisheries", Russian Federation, Kerch, Sverdlov St., 2

Based on the data, collected by means of satellite monitoring, the survey of water surface areas of the Crimean hyperhaline lakes, drawing on the examples of the Aktash Lake, the Aygul Lake, and the Kirleut Lake, was conducted over the period from 2015 to 2016. As the result, it has been found out that the most pronounced seasonal variability was shown by the water surface area of the Aktash Lake, and the least pronounced was shown by the Kirleut Lake. The lowest degree of water fill-up was in October for all lakes. In the inter-annual variability pattern (2015–2016), the smallest surface areas are distinctive of the autumn season, at the end of October.

**Keywords**: satellite monitoring, the Aktash Lake, the Aygul Lake, the Kirleut Lake, lake surface area, seasonal and inter-annual variability, fisheries value of the lakes, stocks of aquatic invertebrates