



ГЕОГРАФИЯ – GEOGRAPHY

УДК 910.3

МРНТИ 39.01.94

DOI 10.37238/1680-0761.2022.88(4).144

^{1,2}Петрищев В.П.*, ³Султанов Е.С., ³Сарманов А.Е.¹Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН,
Оренбург, Россия²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия³Западно-Казахстанский университет им.М.Утемисова,
Уральск, Казахстан

*Автор-корреспондент: orensteppe@mail.ru

E-mail: orensteppe@mail.ru, sultanov.e.s@list.ru, sarmanov.a@list.ru

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНОВЫХ ГЕОСИСТЕМ ОЗЕР СУЛУКОЛЬ И АЙДЫН В ЗАПАДНОМ КАЗАХСТАНЕ ЗА ПЕРИОД 1988-2021 ГГ.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности трансформации бассейновых геосистем озер Сулуколь и Айдын в Западном Казахстане за период 1988 г и 2021 г. Для анализа использовались космические снимки Landsat 5 и 8, а также ряд общедоступных сервисов, позволяющих точнее скоррелировать полученные модели с гидрологическими и геоботаническими данными, а также провести визуализацию контуров, полученных при классификации изображения. Проведен обзор мирового опыта по проблеме идентификации озерных аквальных геосистем и геосистем бассейнового типа. Особое внимание уделяется корреляции полевых экспедиционных исследований и данных классификации космических снимков. Для более точного выявления воздействия антропогенного фактора на структуру бассейновых геосистем были выбраны водоемы, расположенные в различных природно-климатических условиях: в пределах Утвинско-Илекского водораздела и Прикаспийской низменности. Основным итогом исследования стала констатация того, что в условиях резкого сокращения антропогенной нагрузки на степные геосистемы происходит сезонное высыхание водоемов (Сулуколь), ранее поддерживавшихся системой прудов и проток. В условиях пустынных геосистем Прикаспийской низменности поддержание уровня водоема (Айдын) зависит исключительно от притока речных вод (Малый Узень).

Ключевые слова: бассейновые геосистемы; дистанционное зондирование; классификация изображения; гидрологический режим.

Введение

Аквальные геосистемы озер Западного Казахстана несмотря на сравнительно компактное расположение характеризуются достаточно резкими различиями как в гидрологическом отношении, так и в отношении различных аспектов биологического разнообразия, в т.ч. микробиологического.

На наш взгляд, ландшафтно-экологические особенности озер, располагающихся в пределах Западно-Казахстанской области, обусловлены как различиями в широтно-зональном расположении – степная, полупустынная и пустынная зоны, так и провинциальными различиями: озера относятся к Прикаспийской низменности, Илек-Утвинскому междуречью и к долине реки Урал (рис. 1). Для физико-географического

сопоставления нами выбраны озера Сулуколь и Айдын поскольку с одной стороны они располагаются в различных широтно-зональных условиях: озеро Сулуколь в пределах южной части степной зоны, озеро Айдын на границе полупустынной и пустынной зон, с другой - озеро Сулуколь относится в провинциальном отношении к денудационным равнинам Илек-Утвинского междуречья, озеро Айдын – к аккумулятивным равнинам Прикаспийской низменности. Таким образом, физико-географическая контрастность для обоих водоемов очевидна.

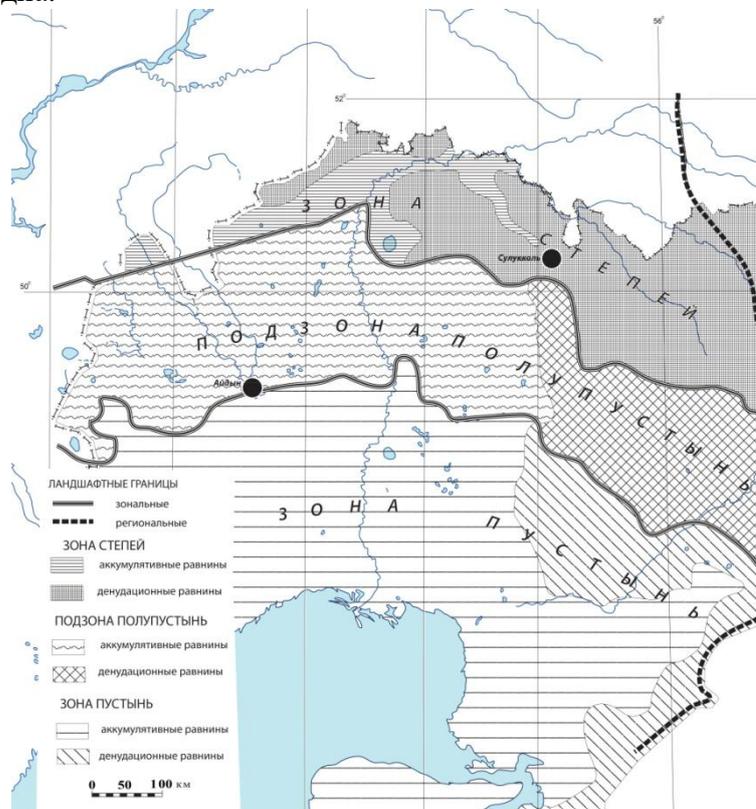


Рисунок 1 – Физико-географическое расположение озер Сулуколь и Айдын

Материалы и методы исследования

В качестве ведущего метода исследований нами была выбрана классификация изображений территории, охватывающей бассейновые геосистемы озер Сулуколь и Айдын. Для определения влияния антропогенных факторов был выбран широкий диапазон за 1988 и 2021 год. Для этого использовались космические снимки Landsat 5 и Landsat 8. Временные масштабы, по нашему мнению, позволили сопоставить воздействие резкого снижения сельскохозяйственного землепользования и водопользования (особенно, для озера Сулуколь), а также определить влияние климатических показателей на высыхание водоемов.

При оценке морфологической структуры геосистем, располагающихся в пределах бассейновой геосистемы озера Сулуколь нами использовались возможности классификации изображения, которые предоставляет программа ENVI 4.7. Для этого использовался алгоритм автономной классификации ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique), основанный на методе самоорганизующейся кластеризации [1].

Для определения индекса, наиболее подходящего для классификации поверхности и интерпретации аквальных геосистем и геосистем, входящих в состав бассейновой системы водоема использовались возможности сервиса EOS/LandViewer. В частности для выявления наиболее подходящего алгоритма, соответствующего данным, полученным в результате полевых наблюдений. Таковым оказался алгоритм: $B2+B3+B4+B5+B7$, который максимально близко к индексу «Water Ratio Index» (WRI) [2, 3].



Кроме того использовался сервис Global Surface Water Explorer, позволяющий проследить динамику уровня воды в водоеме за выбранный период, а также оценить степень наполняемости водоема водой, выявить многолетние и сезонные тренды гидрологического режима водоема [4]. Привлеченные различные общедоступные базы данных (<https://global-surface-water.appspot.com>; <https://eos.com/landviewer>) позволили точнее интерпретировать полученную классификацию и разработать модели трансформации аквальных геосистем.

В качестве метода изучения аквальных и супераквальных геосистем методы дистанционного зондирования применяются достаточно давно, в т.ч. в аридных и семиаридных регионах. Классификация изображений для озера Урмия и озера Арал за 1988 и 2018 годы была выполнена учеными Ирана и Индии [5]. Было выделено шесть классов: водоем, засушливый и неиспользуемый, сельскохозяйственный, солончаковый, солонцевато-влажный и селитяный. Классификация показала, что за исследованный период произошло сокращение уровня воды в озерах и увеличение засоления прибрежных территорий. Вместе с этим резко увеличились площади сельскохозяйственных угодий и селитяных территорий вокруг озера Урмия, что привело к росту водопотребления. Авторы описывают сценарий необратимой экологической катастрофы, когда происходит полное обмеление озера, ликвидация сельского хозяйства и поселений. Озеро покрывается соляной коркой и становится источником распространения соляной пыли, пыльных бурь.

Результаты исследования

Достаточно большое количество исследований в настоящее время раскрывают широкие возможности к использованию общедоступных баз данных, таких как Global Surface Water, GSW (<https://global-surface-water.appspot.com/map>). В исследованиях положительно оценивается возможность использования баз данных GSW для определения межгодовой динамики озерных аквальных геосистем Казахстана, в т.ч. на уровне выявления динамики высыхания отдельных водоемов [6].

В рамках нашего исследования особенно интересными являлась как интерпретация спутниковых данных, так и анализ динамики площадей контуров, соответствующих определенным видам землепользования. Среди наиболее современных исследований в данном направлении следует выделить разработанные модели трансформации землепользования, полученные на основе анализа космоснимков Landsat для территории Кашмира за 1992-2015 годы [7]. Указанные модели показывают снижение площади пахотных угодий и водоемов, и, напротив, рост селитяных земель, лесных массивов, пастбищ и плантаций.

Антропогенные процессы выделяются в качестве ведущих факторов, оказывающих влияние на трансформацию озерных геосистем. При этом исследователи доказывают то, что даже при благоприятных климатических условиях происходит высыхание озер [8].

Достаточно серьезное преимущество классификации поверхности по космическим снимкам состоит в возможности оценки степени деградации земель в результате антропогенных процессов и выявления восстановительной динамики ландшафтных геосистем. Для эолового-аккумулятивных равнин Прикаспийской низменности площадь деградированных геосистем, испытывающих переувлажнение и лишенных растительности составляет до 8% и соответственно образует собственный класс [9]. Также в комплексных научных исследованиях делается акцент на полевую верификацию данных, полученных средствами дистанционного зондирования. При этом речь идет не просто о визуальной идентификации, а корреляции ландшафтного профилирования, педо- и фитокатен с классификацией геосистем по космическим данным [10].

Озеро Сулуколь в отношении ландшафтного районирования располагается в пределах Верхнеутвинско-Баянасского увалисто-холмистого района Подуральско-Илекской возвышенной степной провинции. Озеро Сулуколь практически бессточное если не считать крайне небольших эрозионных врезов, основными из которых являются: восточный со



стороны мелового водораздела рек Утва и Акбулак и юго-западный, проходящего вдоль бугристо-песчаного массива. В целом область стока озера ограничена небольшой карстово-эрозивной котловиной и составляет всего 75,8 км². Это вполне может объяснять крайне нестабильный уровень воды в озере Сулуколь, которое в течение ряда лет наблюдений либо полностью пересыхает, либо образует в центральной части небольшой водоем [11, 12].

Озеро Айдын располагается в северной части Камыш-Самарского плосковолнистого песчаного района, относящегося к Южной Волго-Уральской бугристо-песчаной пустынной провинции. Особенность ландшафтного района, в котором размещается озеро Айдын, состоит в том, что это область стока паводковых вод рек Большая и Малая Узень, в связи с чем годовой ритм колебаний уровня воды в озере коррелирует с объемом стока этих рек. Общая область стока рек Большой и Малый Узень составляет 24,1 тыс. км², что в определенной степени компенсирует резкие колебания годового стока.

Анализ морфологической структуры природно-антропогенных комплексов сложившихся вокруг озера Сулуколь (Сулыкколь), на основе сопоставления космических снимков Landsat за 1988 г. и 2021 г. показал, что за 33 летний период они претерпели значительные изменения (табл. 1, табл. 2). Отмечается две наиболее важные детали: 1) в 1988 году прослеживаются многочисленные линейные объекты, характерные для агрогеосистем земельных участков с пашней и залежами, лесополос и грунтовых автодорог; 2) в 2021 году линейные объекты уже практически не прослеживаются, однако, достаточно отчетливо проявляется ландшафтно-геоморфологическая ярусность на водоразделе между котловиной озера Сулуколь и рекой Утва, которая выражается в форме последовательной смены элювиальных автоморфных геосистем трансэлювиальными, трансэлювиально-аккумулятивными полугидроморфными и суперакальными (на побережье озера). Очевидно, что вследствие снижения сельскохозяйственной нагрузки на ландшафтные геосистемы восстановились ранее слабо прослеживавшиеся границы естественной ландшафтной дифференциации. Следует подчеркнуть, что как на снимках 1988 года, так и на снимках 2021 года псаммитовые ландшафты, примыкающие к озеру Сулуколь с юга, практически не изменили ключевых параметров морфологической структуры ландшафтных геосистем: площадь, количество контуров и общий периметр контуров. Поскольку, песчаные массивы не имеют, как и не имели ранее, никакого значения в качестве земель сельскохозяйственного назначения, указанный факт демонстрирует справедливость выше указанных выводов. Снимок на 19.08.2021 г. показал полное высыхание озера Сулуколь и существенное усложнение контуров аквальной и супраквальных геосистем. Достаточно интересным является сопоставление параметров контуров, соответствующих литоморфным геосистемам. Довольно странным выглядит почти двухкратное увеличение площади элювиальных геосистем плосковершинно-холмистых меловых водоразделов и, напротив, сокращение размеров урочищ с выходами мела на склонах южной экспозиции по берегам реки Утва. Возможно, что причинами является изменение уровня антропогенного воздействия в результате сокращения как пастбищной дигрессии, так и уровня антропогенной трансформации геосистем в целом.

Таблица 1 – Результаты дешифрирования классифицированной поверхности по снимку Landsat 5 (24.08.1988) в пределах озера Сулуколь с выделением элементарных геосистем

	Количество контуров	Общий периметр, км	Площадь, км ²
Аквальные геосистемы (озеро Сулуколь, река Утва)	10	16,08	3,148



Супераквальные геосистемы (прибрежные, частично затапливаемые)	70	75,06	1,775
Транссупераквальные (прибрежные склоны, западины)	393	192,8	3,787
Трансэлювиальные (литоморфные) геосистемы (выходы коренных пород, склоны южной экспозиции)	206	86,1	2,012
Элювиальные (псаммитовые) геосистемы	734	362,9	7,682
Элювиальные (автоморфные) геосистемы (пологие меловые холмы)	1659	775,6	14,972
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (слабодренированные солонцовые, пастбища)	2774	1377,4	34,425
Трансэлювиальные геосистемы (пологие склоны, пахотные земли, залежи)	1447	683,7	18,782
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (слабодренированные, заросли степных кустарников)	2542	1257,5	26,044
ИТОГО	9835	4827,14	112,627

Таблица 2 – Результаты дешифрирования классифицированной поверхности по снимку Landsat 8 (19.08.1921) в пределах озера Сулуколь с выделением элементарных геосистем

	Количество контуров	Общий периметр, км	Площадь, км ²
Аквальные геосистемы (высохшее озеро Сулуколь, отдельные плесы реки Утва)	97	82,14	3,571
Супераквальные геосистемы (прибрежные сухие солончаковые)	94	27,84	0,372
Транссупераквальные (прибрежные склоны, западины)	486	256,02	5,344
Трансэлювиальные (литоморфные) геосистемы (выходы коренных пород южной экспозиции,	26	18,18	0,527
Элювиальные (псаммитовые) геосистемы	723	358,3	7,723
Элювиальные (автоморфные) геосистемы (пологие меловые холмы)	1747	989,5	24,719
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (слабодренированные солонцовые, пастбища)	2361	1318,3	36,466
Трансэлювиальные геосистемы (пологие склоны, залежи)	1196	629,7	27,587
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (слабодренированные, заросли степных кустарников)	174	71,88	1,223
ИТОГО	6904	3751,8	107,532

Анализ данных классификации структуры поверхности для ландшафтов озера Айдын за 1988 г. и 2021 г. (табл.3, табл.4) сразу же показывают значительное количество водопокрытой территории даже на август (дата снимка 14.08.1988 г.). Свободная поверхность воды отмечается как для озера Айдын и соседнего озера Сорайдын, так и для расположенных южнее соров, что отображает высокий уровень стока по реке Малый Узень



даже несмотря на достаточно засушливые условия 1988 года. Также следует отметить высокий уровень пастбищной дигрессии и широкого развития открытых песков, особенно вдоль побережья Сорайдына. Напротив, для 2021 года (дата снимка 17.08.2021 г.) даже несмотря на более чем вдвое большее количество осадков в зимний период по сравнению с 1988 годом отмечается наличие свободной водной поверхности только в пределах озера Айдын. Прилегающее и связанное с ним озеро Сорайдын было лишено воды и было покрыто прибрежной растительностью. Прилегающие соры оказались полностью высохшими и выделяются на снимке соляной коркой. Также для 2021 года отмечаются довольно резкие различия между северной и южной частью ландшафтов, прилегающих к озеру Айдын. К северу выделяются сильно сбитые полупустынные геосистемы, к югу - закустаренные псаммитовые пустынные комплексы.

Таблица 3 – Результаты дешифрирования классифицированной поверхности по снимку Landsat 8 (17.08.2021) в пределах озера Айдын с выделением элементарных геосистем

	Количество контуров	Общий периметр, км	Площадь, км ²
Аквальные геосистемы (озеро Айдын, отдельные плесы реки Малый Узень)	117	68,88	3,763
Аквальные и супераквальные геосистемы (сор Сорайдын, соровые и солончаковые впадины, луговые прибрежные солонцы)	766	391,86	10,287
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (межсоровые полынько-солянковые солонцы)	1569	902,64	36,410
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (кустарничково-полынные солонцы и западины)	2243	1280,46	44,570
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (псаммитовые с эоловыми процессами и дигрессией, автодороги)	1358	798,78	19,906
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (открытые лишенные растительности, автодороги, селитебные)	532	356,52	8,876
Супераквальные (сухие корковые солончаки в западинах)	112	70,56	2,117
Супераквальные геосистемы (прибрежные луговые отмели)	343	204,0	6,768
Транссупераквальные геосистемы (соровые обрывы, открытые выходы коренных пород)	727	380,16	8,220
ИТОГО	7767	3173,4	140,917

Таблица 4 – Результаты дешифрирования классифицированной поверхности по снимку Landsat 5 (14.08.1988) в пределах озера Айдын с выделением элементарных геосистем

	Количество контуров	Общий периметр, км	Площадь, км ²
Аквальные геосистемы (озера Айдын и Сорайдын, отдельные плесы реки Малый Узень, заполненные водой соры)	267	249,12	20,594
Аквальные и супераквальные геосистемы (соровые и солончаковые впадины, луговые)	665	398,52	8,099



прибрежные солонцы)			
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (межсоровые поlynко-солянковые солонцы)	1415	810,36	32,742
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (кустарничково-поlynные солонцы и западины)	1545	925,80	34,029
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (открытые лишённые растительности, автодороги, селитебные)	776	474,54	16,072
Супераквальные (пологие понижения и западины)	890	386,70	6,169
Аквальные и супераквальные геосистемы (подтопленная растительность)	686	440,22	7,346
Транссупераквальные геосистемы (соровые обрывы, открытые выходы коренных пород)	1174	460,56	8,292
Трансэлювиально-аккумулятивные геосистемы (межозерные, псаммитовые, открытые, незадернованные песчаные бугры)	131	95,82	4,878
Супераквальные геосистемы (прибрежные луговые отмели)	271	134,16	4,04
ИТОГО	7820	4375,8	142,261

Для определения межгодового тренда полноводности и высыхания озер Сулуколь и Айдын были использованы сервисы GSW «Monthly Water Recurrence» и «Water History». Поскольку оба озера имеют связанные водоемы с протоками к основным озерам и тем самым Сорколь и Айдын представляют собой бинарные аквальные геосистемы, проводятся данные и по этим водоемам (Малый Сулуколь и Сорайдын, табл.5).

Таблица 5 – Показатели полноводности и высыхания озер Сулуколь, Айдын и дублирующих связанных водоемов (0 – полностью высохло; - - частично высохло; + - полноводное)

Год	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Сулуколь	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
Малый Сулуколь	-	+	-	-	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
Айдын	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сорайдын	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

Сопоставление показателей водности озера Сулуколь с данными ближайших метеостанций Чингирлау и Каратобе, несмотря на неполноту данных по сумме выпавших осадков, показывает высокую зависимость состояния водоема от атмосферного питания с учетом небольших размеров Сулукольской котловины (табл.6). Но особенно чувствительным оказывается смежный водоем Малый Сулуколь, для наполнения которого требуется не меньше 300 мм годовой нормы осадков. Сопоставление климатических данных по метеостанции Жалпактал (табл. 7) с показателями водности озер Айдын и Сорайдына показывают, что даже в наиболее засушливые годы озера сокращались в размерах, но не

высыхали полностью, что, в целом указывает на восполнение водоемов за счет приточных вод реки Малый Узень.

Таблица 6 – Месячные и годовые суммы выпавших осадков на метеостанции Чингиралу (по озеру Сулуколь), мм

ГОД	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
2018	5	8	37	28	35	13	10	5	0.0	13	16	14	184
2019	15	13	16	12	3	4	44	56	28	16	2	24	231
2020	22	23	10	34	9	10	2	37	27	24	12	9	218
2021	17	30	41	27	24	30	36	0.0	12	13	18	28	273
2022	26	9	31	23	75	16	31	0.3	43	33	45	13	345

Таблица 7 – Месячные и годовые суммы выпавших осадков на метеостанции Жалпактал (по озеру Айдын), мм

ГОД	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
2018	7	21	41	22	4	7	8	1	9	14	19	38	192
2019	22	10	27	22	27	17	23	10	13	16	2	15	203
2020	7	31	2	5	37	11	5	39	15	7	11	15	185
2021	20	28	33	48	15	43	9	0.0	34	2	28	43	303
2022	30	12	59	11	47	5	23	2	36	62	45	8	338

На приведенных ниже 3D-моделях приводится расположение аквальных геосистем озер Сулуколь и Айдын (рис. 2).

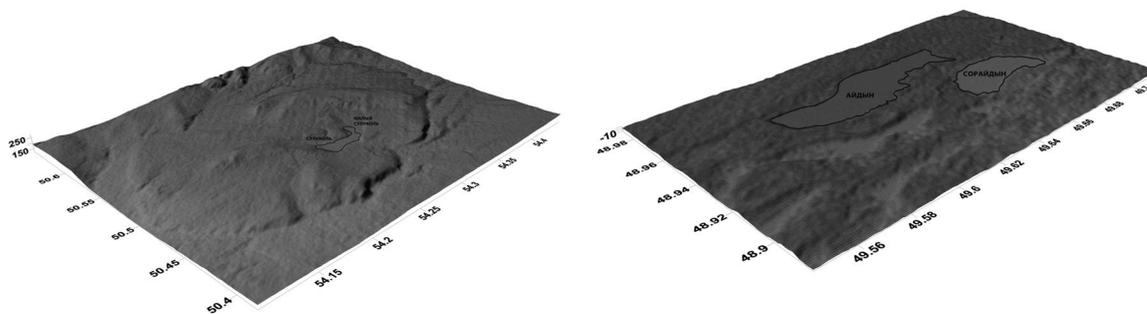


Рисунок 2 – 3D-модели геосистем озер Сорколь и Айдын

Данные модели демонстрируют важную особенность данных геосистем: озера имеют связанные водоемы, которые соединены протокой с основным озером, т.е. представляют собой бинарные гидрологические системы. Таким образом, озеро Сулуколь в качестве дополнительного водоема имеет озеро Малый Сулуколь (рис.3), озеро Айдын – озеро Сорайдын. Однако, роль этих малых водоемов существенно различается. Малый Сулуколь располагается топографически выше озера Сорколь и к настоящему времени наполняется крайне редко и отделен от основного водоема дамбой. Сорайдын представляет собой классическую соровую впадину, располагается ниже озера Айдын (рис.4), но его наполнение происходит гораздо чаще, особенно в годы особенно значительного стока по реке Малый Узень (например, в период с 1988 г. по 1996 г.), когда водой заполняются и ниже расположенные соры.



Рисунок 3 –Озеро Айдын (слева – в 2019 г.; справа – в 2022 году)



Рисунок 4 – Озеро Сулуколь (сверху слева – в 2019 г.; сверху справа – в 2020 году; снизу слева – в 2021 году; снизу справа – в 2022 году)

Заключение

Сопоставление годовых гидрологических ритмов уровня воды в озерных аквальных геосистемах, расположенных в Западном Казахстане в пределах степной и пустынной зоны, далеко не всегда связано со степенью аридности. Важную роль играет изменение антропогенной нагрузки на аквальные геосистемы и геосистемы, входящие в состав бассейновых комплексов озер. При этом нельзя сказать однозначно, что усиление антропогенной деятельности положительно влияет на увеличение водности водоемов и поддержание стабильного уровня воды.



ЛИТЕРАТУРА

- [1] Крупочкин, Е.П. Методы классификации многозональных снимков для оценки разнообразия геосистем / Е.П.Крупочкин, О.Н.Барышникова // География и природопользование Сибири. – 2010. – № 12. – С. 086-097.
- [2] Морозова В.А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования / В.А.Морозова // Современные проблемы территориального развития. – 2019. – № 2. – С. 9.
- [3] Сайт LandViewer <https://eos.com/landviewer>.
- [4] Сайт Global Surface Water Explorer <https://global-surface-water.appspot.com>.
- [5] Khorshiddoust A.M., Patel N., Khalilzadeh E., Bostanabad S., Tajbar S. A comparative study of the surface level changes of Urmia Lake and Aral Lake during the period of 1988 to 2018 using satellite images. // *Frontiers of Earth Science*. 2022. DOI 10.1007/s11707-022-1010-5.
- [6] Abiyeva D. Analysis of suitability of global surface water data sets for studying the dynamics of the lake areas in Kazakhstan. // *Issues of Geography and Geocology*. 2020, V.3. pp. – 33-42.
- [7] Alam A., Bhat M., Maheen, M. Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. // *GeoJournal*. 2020, V.85. – pp. :1529–1543. DOI - 10.1007/s10708-019-10037-x.
- [8] Rahimi, A. Why is Lake Urmia Drying up? Prognostic Modeling With Land-Use Data and Artificial Neural Network / A. Rahimi, J. Breuste // *Frontiers in Environmental Science*. – 2021. – Vol. 9. – P. 603916. – DOI 10.3389/fenvs.2021.603916.
- [9] Юферев, В.Г. Геоинформационный анализ деградации ландшафтов полупустыни / В.Г. Юферев, Н.А. Ткаченко // *Научно-агрономический журнал*. – 2020. – № 1(108). – С. 15-21. – DOI 10.34736/FNC.2020.108.1.003.15-21.
- [10] Разработка и составление базы геоданных для картографирования и моделирования наземных экосистем средствами ГИС и ДЗ на примере Чуйской степи Горного Алтая / И.Д.Зольников, А.Ю.Королюк, Е.Н.Смоленцева [и др.] // *Сибирский экологический журнал*. – 2010. – Т. 17. – № 2. – С. 209-220.
- [11] Таксономический состав и количественные показатели макрозообентоса ряда водоемов Западно-казахстанской области / А.Е.Сарманов, Н.Х.Сергалиев, К.М.Ахмеденов [и др.] // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. – 2021. – № 3. – С. 35-46.
- [12] Результаты исследования зоопланктона озера глубинное Западно-казахстанской области / Е.С.Султанов, А.Е.Сарманов, Н.Х.Сергалиев [и др.] // *Естественные и технические науки*. – 2022. – № 6(169). – С. 91-95. – DOI 10.25633/ETN.2022.06.23.

REFERENCES

- [1] Krupochkin, E.P. & Baryshnikova, O.N. (2010) *Metody klassifikacii mnogozoneal'nyh snimkov dlja ocenki raznoobrazija geosistem* [Methods of classification of multi-zone images for assessing the diversity of geosystems] / *Geografija i prirodopol'zovanie Sibiri*. – 12, 086-097 [in Russian].
- [2] Morozova, V.A. (2019) *Raschet indeksov dlja vyjavlenija i analiza harakteristik vodnyh objektov s pomoshh'ju dannyh distancionnogo zondirovanija* [Calculation of indices for identification and analysis of characteristics of water bodies using remote sensing data] / *Sovremennye problemy territorial'nogo razvitija*. – 2, 9.[in Russian].
- [3] Sait LandViewer [*LandViewer website*]. Retrieved from <https://eos.com/landviewer>[in English].



[4] Sait Global Surface Water Explorer [*Global Surface Water Explorer Website*]. Retrieved from <https://global-surface-water.appspot.com>[in English].

[5] Khorshiddoust, A.M., Patel, N., Khalilzadeh, E., Bostanabad, S. & Tajbar, S. A comparative study of the surface level changes of Urmia Lake and Aral Lake during the period of 1988 to 2018 using satellite images. // *Frontiers of Earth Science*. 2022. DOI 10.1007/s11707-022-1010-5.[in English].

[6] Abiyeva, D. Analysis of suitability of global surface water data sets for studying the dynamics of the lake areas in Kazakhstan. // *Issues of Geography and Geoecology*. 2020, V.3. pp. – 33-42. [in English].

[7] Alam, A., Bhat, M. & Maheen, M. Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. // *GeoJournal*. 2020, V.85. – pp. :1529–1543. DOI - 10.1007/s10708-019-10037-x. [in English].

[8] Rahimi, A. Why is Lake Urmia Drying up? Prognostic Modeling With Land-Use Data and Artificial Neural Network / A.Rahimi, J.Breuste // *Frontiers in Environmental Science*. – 2021. – Vol. 9. – P. 603916. – DOI 10.3389/fenvs.2021.603916.[in English].

[9] Juferev, V.G. & Tkachenko, N.A. (2020) Geoinformacionnyj analiz degradacii landshaftov polupustyni [Geoinformation analysis of degradation of semi-desert landscapes] // *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. – 1(108), 15-21. – DOI 10.34736/FNC.2020.108.1.003.15-21.[in Russian].

[10] Zol'nikov, I.D., Koroljuk, A.Ju., Smolenceva, E.N. et al. (2010) Razrabotka i sostavlenie bazy geodannyh dlja kartografirovaniya i modelirovaniya nazemnyh jekosistem sredstvami GIS i DZ na primere Chujskoj stepi Gornogo Altaja [Development and compilation of a geodata database for mapping and modeling terrestrial ecosystems by means of GIS and DZ on the example of the Chui steppe of the Altai Mountains] / *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*. – Siberian Ecological Journal. V. 17,2, 209-220.[in Russian].

[11] Sarmanov, A.E., Sergaliev, N.H., Ahmedenov, K.M., et al. (2021) Taksonomicheskij sostav i kolichestvennye pokazateli makrozoobentosa rjada vodoemov Zapadno-kazahstanskoj oblasti [Taxonomic composition and quantitative indicators of macrozoobenthos of a number of reservoirs of the West Kazakhstan region] // *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Rybnoe hozjajstvo - Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*.3, 35-46. [in Russian].

[12] Sarmanov, A.E., Sergaliev, N.H., Ahmedenov, K.M., et al. (2022) Rezul'taty issledovaniya zooplanktona ozera glubinnoe Zapadno-kazahstanskoj oblasti [The results of the zooplankton study of the deep lake in the West Kazakhstan region] // *Estestvennye i tehničeskije nauki*. 6(169), 91-95. – DOI 10.25633/ETN.2022.06.23. [in Russian].

Петрищев В.П., Султанов Е.С., Сарманов А.Е.

1988-2021 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ БАТЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ СУЛУКӨЛ ЖӘНЕ АЙДЫН КӨЛДЕРІНІҢ БАССЕЙНДІК ГЕОЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Мақалада 1988 және 2021 жылдар аралығында Батыс Қазақстандағы Сулукөл және Айдын көлдерінің бассейндік геожүйелерінің трансформациялану ерекшеліктері қарастырылған. Талдау жүргізу үшін Landsat 5 және 8 ғарыштық суреттері, алынған модельдерді гидрологиялық және геоботаникалық мәліметтермен дәлірек байланыстыруға, сондай-ақ кескінді жіктеу кезінде алынған контурларды визуализациялауға мүмкіндік беретін бірқатар қоғамдық қызметтер пайдаланылды. Көл аквалдық геожүйелері мен бассейндік типтегі геожүйелерді сәйкестендіру мәселесі бойынша әлемдік тәжірибеге шолу жасалды. Далалық экспедициялық зерттеулер мен ғарыштық суреттерді жіктеу деректерінің корреляциясына ерекше назар аударылады. Антропогендік фактордың бассейндік геожүйелердің құрылымына әсерін дәлірек анықтау үшін әртүрлі табиғи-



климаттық жағдайларда орналасқан суқоймалар таңдалды: Утвинск-Илек су алабы мен Каспий маңы ойпаты. Зерттеудің негізгі нәтижесі дала геожүйелеріне антропогендік әсердің күрт төмендеуінен, бұрын тоғандар мен каналдар жүйесі арқылы толып отырған су айдындарының (Сулуколь) маусымдық кебуі орын алғаны және Каспий маңы ойпатының шөлді геожүйелері жағдайында көлдердің су деңгейін ұстап тұру (Айдын) тек өзен суларының (Кіші Өзен) ағынына байланысты болды.

Кілт сөздер: бассейндік геожүйелер; қашықтықтан зондтау; кескінді жіктеу; гидрологиялық режим.

Petrishhev Vadim, Sultanov Erzhan, Sarmanov Aibek

ANALYSIS OF THE STATE OF BASIN GEOSYSTEMS OF LAKES SULUKOL AND AYDIN IN WESTERN KAZAKHSTAN FOR THE PERIOD 1988-2021

Annotation. The article discusses the features of the transformation of basin geosystems of lakes Sulukol and Aydin in Western Kazakhstan for the period 1988 and 2021. For the analysis, Landsat 5 and 8 satellite images were used, as well as a number of publicly available services that allow for more accurate correlation of the obtained models with hydrological and geobotanical data, as well as visualization of the contours obtained during image classification. The review of the world experience on the problem of identification of lake aquatic geosystems and basin-type geosystems is carried out. Particular attention is paid to the correlation of field expeditionary research and satellite image classification data. To more accurately identify the impact of anthropogenic factors on the structure of basin geosystems, reservoirs located in various natural and climatic conditions were selected: within the Utva-Ilek watershed and the Caspian lowland. The main result of the study was the statement that in the conditions of a sharp reduction in anthropogenic load on steppe geosystems, seasonal drying of reservoirs (Sulukol), previously supported by a system of ponds and channels, occurs. In the conditions of desert geosystems of the Caspian lowland, the maintenance of the reservoir level (Aydin) depends solely on the inflow of river waters (Maly Uzen).

Keywords: basin geosystems; remote sensing; image classification; hydrological regime.