Гидрометеорология и экология
№ 3 2019

УДК 574.524(504.058)

Канд. биол. наук В.Н. Тальских[1]
Л.Ю. Шардакова[1]

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ОЗЕРНЫХ СИСТЕМ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА ЭКОЛОГИЧЕКОГО СОСТОЯНИЯ

Ключевые слова: благополучные, условно благополучные, неблагополучные ветланды, балльно-индексное ранжирование, абиотические и биотические экологические параметры, индекс экологического состояния.

Приводятся результаты индексной оценки по бальной шкале состояния некоторых озерных экосистем/ветландов в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи с использованием комплекса абиотических и биотических параметров, а также значения впервые разработанного регионального индекса экологического состояния (ИЭС). Для наглядности даны примеры расчета ИЭС для экологически разнотипных ветландов, относящихся к «условно благополучным» и «неблагополучным».

Ясные временные экологические тренды по большинству ветландов дельты и нижнего течения Амударьи и Сырдарьи (также как и в целом по бассейну Аральского моря), выявить не представляется возможным из-за ограниченности необходимых сведений, поскольку их регулярный экологический мониторинг не проводится. Тем не менее, методология оценки, представленная в предыдущих статьях «Разработка индикаторов экологически допустимого состояния для озерных экосистем бассейна Аральского моря в условиях антропогенного воздействия и изменения климата», «Разработка регионального метода балльно-индексной оценки состояния озерных систем бассейна Аральского моря», результаты полевых исследований, собранная обзорная информации и экспертные оценки [1-5], позволили дифференцировать некоторые ветланды на: «благополучные» (с удовлетворительным экологическим со-

[1] НИГМИ Узгидромета, г. Ташкент, Узбекистан.

стоянием), «условно благополучные» (с условно удовлетворительным экологическим состоянием), «неблагополучные» (находящиеся в состоянии выраженного экологического регресса). Оценка проводилась по методу расчета комплексного индекса экологического состояния (ИЭС) озерных систем, впервые разработанного для региона. Индекс рассчитывается на основе фиксированного набора индикаторов, которые разделены на две взаимно увязанные между собой группы: абиотические (А1…А10 – 10 параметров) и биотические (Б1… Б14 – 14 параметров) и оцениваются по балльной шкале (ИО – индекс оценки). Итоговые результаты представлены в сводной табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица результатов балльно-индексной оценки экологического состояния озер

Название озера	Водность года	∑ИО, баллы	n, кол-во ИО	ИЭС	Эколог. состояние
Акчакуль	СрВ*	68	15	4,5	Бл
Аязкала	СрВ	38	17	2,2	НБл
Каратерень (вост.)	СрВ	86	19	4,5	Бл
Макпалколь	СрВ	35	9	3,9	УБл
	МВ/Зш	11	11	1,0	НБл
Муйнакский залив	СрВ	72	19	3,8	УБл
	МВ/Зш	21	19	1,1	НБл
Рекреационное озеро б/н (лев. берег р. Сырдарьи)	СрВ	108	20	5,4	Бл
Рыбачий залив	СрВ	49	13	3,8	УБл
	МВ/Зш	13	13	1,0	НБл
Судочье (Плесы)					
Большое Судочье	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
	СрВ	82	23	3,6	УБл
Бегдулла-Айдин	СрВ	81		3,5	УБл
	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
Каратерень	СрВ	86	23	3,7	УБл
	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
Тайлы (сев.ч.	СрВ	54	22	2,4	НБл
оз. Акушпа)	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
Акушпа	СрВ	53	23	2,3	НБл
	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
Шегекуль (вдхр. Междуречье)	СрВ	71	19	3,7	УБл
	МВ/Зш	23	19	1,2	НБл

Примечание: МВ/Зш – маловодный, засушливый год, СрВ – средней водности год; Бл – благополучное, УБл - условно благополучное, НБл- неблагополучное.

В соответствии с табл. 1 к «условно благополучным» ветландам можно отнести в разной мере проточные плесы ветланда Судочье – Бегдулла-Айдин, Большое Судочье, Каратерень, а также правобережные дельтовые озера Шегекуль (водохранилище Междуречье), Муйнакский залив, Рыбачий залив, Макпальколь, которые в критически маловодные и засушливые годы перешли в категорию «неблагополучных» или полностью деградировали.

Озера Акчакуль, Каратерень (восточный) в правобережной части нижнего течения Амударьи в средние по водности годы, а также безымянное озеро на левобережье Сырдарьи, используемое как рекреационный водоем, входят в категорию «благополучных».

К «неблагополучным» ветландам, не зависимо от водности года, относятся плесы Акушпа, Тайлы (ветланд Судочье) и Аязкала.

Приведенные в табл. 1 ветланды для лет средней водности (1990-е годы) представляют собой ряд экосистем с характеристиками от «благополучного» состояния со значением ИЭС 4,5…5,4 балла для транзитных по типу питания ветландов до «условно благополучного» состояния со значениями ИЭС 3,52…3,9 баллов для аккумулятивно-транзитных ветландов.

Экологический статус аккумулятивных ветландов в средний по водности период был низким и оценивался значениями ИЭС 2,2…2,45 баллов, т.е. они относились к категории «неблагополучных».

В маловодный засушливый период 2000…2001 гг., в связи с нарушением водного баланса, экологические характеристики/параметры состояния всех озер ветланда Судочье, а также озер Макпальколь Шегекуль, Муйнакского и Рыбачьего заливов постепенно ухудшались. К концу 2001 г. экологический регресс привел к полной деградации этих ветландов, состояние которых в этот период оценивалось значением ИЭС 1,0…1,2 балла.

В табл. 2 для наглядности выборочно приведены примеры результатов расчета значений ИЭС для разнотипных озерных экосистем:

– для транзитно-аккумулятивной озерной экосистемы в среднем течении Сырдарьи, стабильно подпитываемой речной водой и используемой в рекреационных целях;
– для транзитно-аккумулятивной экосистемы ветланда Каратерень дренируемого коллекторно-дренажным стоком;

– для аккумулятивной системы ветланда Акушпа – накопителя коллекторно-дренажного стока.

Таблица 2

Примеры расчета ИЭС озерных экосистем/ветландов с использованием экологических индикаторов

Индикатор	Характеристика параметра	ИО	Водность года
	Рекреационное озеро б/н (левый берег р. Сырдарьи)		
А-1	Речное питание из скважины и из р. Сырдарьи	5	СрВ
А-2	Транзитно-аккумулятивный	5	СрВ
А-3	Регулируемый гидрологический режим с постоянной подпиткой на восполнение потерь воды за счет испарения и фильтрации	5	СрВ
А-4	Обеспечено поддержание постоянного уровня воды	5	СрВ
А-5	Прозрачность водной толщи 2,5…2,7 м	5	СрВ
А-6	Бесцветная в мелководной зоне и зелено-бирюзовый оттенок в глубоководной приплотинной зоне	5	СрВ
А-7	Средняя глубина 2,5…4,5 м	5	СрВ
А-8	Минерализация воды 0,7…0,8 г/л	7	СрВ
А-9	Растворенный кислород 10,46…13,70 мг/л	7	СрВ
А-10	Грунты в основном представлены плотными и мягкими глинами с серым наилком, местами с выходом галечника		СрВ
Б-1	Водно-болотная растительность не развита	7	СрВ
Б-2	Мозаичное скоплений в мелководных зонах рдестов (нитевидного, курчавого), хары и зеленых нитчатых водорослей – до 50 % проективного покрытия	5	СрВ
Б-3	Доминирование пресноводных видов водорослей	7	СрВ
Б-4	Данные отсутствуют	-	СрВ
Б-5	ЗС – бетамезосапробная (в) ИС – 1,50…1,78	5	СрВ
Б-6	Доминирование пресноводных видов	7	СрВ
Б-7	Доминируют зарослевые и прудовые формы *Rotifera, Cladocera, Copepoda* с преобладающим развитием *Rotifera*	5	СрВ
Б-8	Разнообразное развитие пресноводных и солоноватоводных пелагиальных и зарослевых видов *Ephemeroptera, Chironomidae, Coleoptera, Gammaridae, Hirudinea, Odonata, Oligochaeta,*	5	СрВ

Инди-катор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
	Hemiptera, Heteroptera, Diptera, Mollusca, Misidaceae		
Б-9	Трофическая сеть разветвленная, в которой наряду с сокребателями, измельчителями, подбирающими коллекторами и хищными формами также заметно развиваются зарослевые формы и фито-детритофаги	5	СрВ
Б-10	Доминирование пресноводных и широко распространенных *Bacillariophyta* из родов *Melosira, Achnanthes, Cocconeis, Cyclotella, Cymbella, Diatoma, Synedra, Gomphonema, Fragilaria Navicula, Nitzschia, Surirella, Gyrosigma*	5	Ср В
Б-11	ПС – 2,4 МГ % – 9	5	СрВ
Б-12	ЗС – бетамезосапробная (в) ИС – 1,74…1,96	3	СрВ
Б-13	Данные отсутствуют	-	СрВ
Б-14	Данные отсутствуют	-	СрВ
Рас-чет ИЭС	Сумма баллов – ∑ИО =108 Количество учтенных ИО: n =20; ИЭС = ∑ИО/n = 5,40	ИЭС 5,40	СрВ
	Ветланд Судочье: плес Каратерень		
А-1	КДВ	1	СрВ
	КДВ	1	МВ
А-2	Транзитный	7	СрВ
	Аккумулятивный	1	МВ
А-3	Средний многолетний объем подпитывающего стока 640 млн. $м^3$/год. В 1999 г. 568,2 млн. $м^3$/год, что составило 88 % от условной нормы	5	СрВ
	В 2001 г. объем стока в систему ветланда Судочье был 46,2 млн. $м^3$/год, что составило 8 % от условной нормы	1	МВ
А-4	Колебания уровня воды 0,3…0,35 м	5	СрВ
	Колебания уровня воды 1,21 м	1	МВ
А-5	Прозрачность до дна	3	СрВ
	Высыхание	1	МВ
А-6	Цвет воды в пелагиале с преобладанием зеленого оттенка	3	СрВ
	Высыхание	1	МВ
А-7	Средняя глубина 1,0…1,2 м	3	СрВ

Инди-катор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
	0,2 м – высыхание	1	МВ
А-8	Средняя минерализация 3,72…12,9 г/л	3	СрВ
	Средняя минерализация 18,2…54,0 г/л	1	МВ
А-9	Данные отсутствуют	-	СрВ
	Данные отсутствуют	-	МВ
А-10	Грунты: по всей акватории – темно-серые и черные илы с растительным детритом и запахом сероводорода	1	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-1	Покрытие 50…70 % прибрежной зоны	3	СрВ
	Высыхание прибрежных зарослей	1	МВ
Б-2	Одновременное обильное развитие пресноводных и солоноватоводных макрофитов до глубины проникновения света	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-3	Преобладающее развитие пресноводно-солоноватоводных видов водорослей	5	СрВ
	Преобладающее развитие солоноватоводно-морских видов водорослей - Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-4	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС – 2,26	3	СрВ
	ЗС – альфамезосапрбная (а) ИС – 2,52 – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-5	Биомасса 2,22…36,8 г/м^3	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-6	7 % галофильных видов	5	СрВ
	100 % галофильных видов – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-7	Разнообразное качественное развитие пелагиальных и зарослевых видов *Rotifera, Copepoda, Cladocera.*	5	СрВ
	Выпадение из состава зоопланктона *Cladocera* – Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-8	Донная фауна представлена в основном пресноводно-солоноватоводными пелагиальными и зарослевыми видами хирономид, поденок, ручейников, стрекоз, клопов, моллюсков, мизид, гаммарусов, олигохет, жуков.	5	СрВ
	Из состава донной фауны выпали поденки, ручейники, стрекозы, клопы и пресноводно-	1	МВ

Инди-катор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
	солоноватоводные моллюски – высыхание всей акватории озера.		
Б-9	Преобладающее развитие зарослевых форм и фито-детритофагов, слабое развитие хищников при общей разветвленности трофической сети.	3	СрВ
	Разрушение трофической сети, массовое развитие 3-х солоноватоводно-морских видов *Mollusca, Chironomidae, Polychaeta* – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-10	Интенсивное и разнообразное развитие пресноводно- солоноватоводные и тяготеющие к биотопам со скоплением растительного детрита видов Bacillariophyta	3	СрВ
	Доминирование солоноватоводных и солоноватоводно-морских видов *Bacillariophyta* – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-11	ПС – 1,60 МГ % – 26	3	СрВ
	ПС – 0,87 МГ % – 52. Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-12	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС 1,85	3	СрВ
	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС 1,80	3	МВ
Б-13	Гидрофильные виды птиц – 94,8…97,5 %	7	СрВ
	В связи с пересыханием акватории фауна гидрофильных птиц исчезла	1	МВ
Б-14	Присутствие в ихтиофауне преимущественно взрослых особей промысловых лимнофильных рыб	3	СрВ
	Деградация рыбного стада	1	МВ
Рас-чет ИЭС	Сумма баллов: ∑ИО = 86, Количество учтенных ИО: n = 23; ИЭС = ∑ИО/n = 3,74	ИЭС 3,7 4	СрВ
Рас-чет ИЭС	Сумма баллов: ∑ИО – 23 Количество учтенных ИО: n =23; ИЭС = ∑ИО/n = 1,0	ИЭС 1,0	МВ
	Ветланд Судочье: плес Акушпа		
А-1	КДВ	1	СрВ
	КДВ	1	МВ
А-2	Аккумулятивный	1	СрВ
	Аккумулятивный	1	МВ
А-3	Средний многолетний объем подпитывающего	5	СрВ

Инди-катор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
	стока 640 млн. м^3/год. В 1999 г. 568,2 млн. м^3/год, что составило 88 % от условной нормы		
	В 2001 г. объем стока в систему ветланда Судочье был 46,2 млн. м^3/год, что составило 8 % от условной нормы	1	МВ
А-4	Колебания уровня воды 0,3…0,35 м	5	Ср В.
	Колебания уровня воды 0,75 м	1	МВ
А-5	Прозрачность до дна	3	СрВ
	Дно не просматривается	1	МВ
А-6	Серо-зеленый цвет воды в пелагиале	3	СрВ
	Желто-коричневый цвет воды по всей акватории	1	МВ
А-7	Средняя глубина 1,5…1,7 м	5	СрВ
	Средняя глубина 0,3 м	1	МВ
А-8	Средняя минерализация 23,27…47,48 г/л	1	СрВ
	Средняя минерализация 35,6…82,9 г/л	1	МВ
А-9	Данные отсутствуют	-	СрВ
	Данные отсутствуют	-	МВ
А-10	Грунты: в пелагиале – серые и темно серые илы с заметным содержание растительного детрита; в прибрежных зарослях – мощные черные илы с большим содержанием растительного детрита и выраженным запахом сероводорода	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-1	Покрытие 50…70 % прибрежной зоны и острова зарослей в средней части озера	1	СрВ
	Высыхание прибрежных и островных зарослей	1	МВ
Б-2	Развитие только солоноватоводных макрофитов до глубины проникновения света	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-3	Преобладающее развитие солоноватоводных видов водорослей	3	СрВ
	Преобладающее развитие солоноватоводно-морских видов водорослей – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-4	ЗС – бета-альфамезосапрбная (в-а) ИС – 2,48	3	СрВ
	ЗС – альфамезосапрбная (а) ИС – 2,53 – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-5	Биомасса 11,2…25,7 г/м^3	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ

Инди-катор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
Б-6	72 % галофильных видов	1	СрВ
	100 % галофильных видов – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-7	Выпадение из состава зоопланктона *Cladocera* –	1	СрВ
	Выпадение из состава зоопланктона *Cladocera* – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-8	Донная фауна представлена 3…4 солоновато-водно-морскими видами моллюсков, хироно-мид, полихет	1	СрВ
	Донная фауна представлена 3…4 солоновато-водно-морскими видами моллюсков, хироно-мид, полихет – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-9	Разрушение трофической сети, массовое разви-тие 3-х солоноватоводно-морских видов *Mollus-ca, Chironomidae, Polychaeta*	1	СрВ
	Разрушение трофической сети, массовое разви-тие 3-х солоноватоводно-морских видов *Mollus-ca, Chironomidae, Polychaeta* – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-10	Преобладающее развитие солоноватоводных и слоноватоводно-морских видов *Bacillariophyta*	1	СрВ
	Появление типично морских видов *Bacillariophyta*	1	МВ
Б-11	ПС – 0,34 МГ % – 61	1	СрВ
	ПС – 0,22 МГ % – 72 – высыхание основной ак-ватории озера	1	МВ
Б-12	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС – 2,12	3	СрВ
	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС – 2,26 – высыха-ние всей акватории озера	1	МВ
Б-13	Гидрофильные виды птиц – 90,7…94,7 %	7	СрВ
	В связи с пересыханием акватории фауна гид-рофильных птиц исчезла	1	МВ
Б-14	Отсутствие промысловых пресноводно-генеративных рыб	1	СрВ
	Высыхание озера	1	МВ
Рас-чет ИЭС	Сумма баллов: ∑ИО – 53 Количество учтенных ИО: n=23; ∑ИЭС=∑ИО/n=2,30	ИЭС 2,30	СрВ
Рас-	Сумма баллов ∑ИО=23	ИЭС	МВ

Инди-катор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
чет ИЭС	Количество учтенных ИО: n=23; ИЭС=∑ИО/n=1,0	1,0	

Примечание: Значения ИЭС: 7 баллов – благополучное (фоновое) состояние; 5 баллов – благополучное состояние; 3 балла – условно благополучное состояние; 1 балл – неблагополучное состояние.

Предложенная табличная форма записи представляет, по сути, удобную формализованную матрицу, которая в процессе осуществления долгосрочного мониторинга позволяет в стандартном виде накапливать/наращивать многолетний массив характеристик и прослеживать их динамику. Для этого достаточно добавлять для каждого вновь оцениваемого параметра дополнительную строку, а в последней графе таблицы проставлять дату обследования и, при необходимости, какое-либо краткое примечание (например, указание на характер водности года, на рекреационную нагрузку вовремя проведения исследования, информацию об уловах рыбы у работающих на ветланде рыболовных бригад и др.).

Можно заключить, что предложенная система оценки экологического благополучия озерных экосистем, основанная на ранжировании взаимно связанных абиотических и биотических характеристик /параметров озерных экосистем достаточно объективно отражает изменения происходящих в них сукцессионных процессов под влиянием сложившихся условий и внешних воздействий. Рассчитанный индекс ИЭС проявил себя как чувствительный индикатор изменения условий функционирования озерных экосистем/ветландов под воздействием изменчивых антропогенных и климатических факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин А. М. Гидрологический режим озер и водохранилищ СССР. Озера Средней Азии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 106 с.
2. Тальских В.Н. Методология оценки экологического состояния водных объектов Приаралья по гидробиологическим показателям. Пресная вода. // Труды отраслевой научно-практ. конф., 1995. – Ташкент. – С.87-95.
3. Тальских В.Н., Беглов Е.О. Влияние климатических факторов на водные экосистемы и меры адаптации // Последствия изменения

климата в Узбекистане, меры адаптации. – Бюллетень № 7. – Ташкент: НИГМИ, 2008. – С. 53-61.
4. Тальских В.Н., Мустафаева З.А. Систематический список водорослей перифитона в водных экосистемах Сары-Челекского заповедника // Труды заповедников Кыргызстана. Государственная лесная служба КР. Кыргызский НОРП Центральноазиатского трансграничного проекта ГЭФ/ВБ по сохранению биоразнообразия Западного Тянь-Шаня. – Бишкек, 2005. – С.84-93.
5. Шукуров Э.Дж., Митропольский О.В., Тальских В.Н., Жолдубаева Л.Ы., Шевченко В.В. //Атлас биологического разнообразия Западного Тянь-Шаня. Центральноазиатский трансграничный проект ГЭФ/ВБ по сохранению биоразнообразия Западного Тянь-Шаня. Региональный отдел реализации проекта. Астана-Бишкек-Ташкент – 2005. – 101 с.

Поступила 11.04.2019

Биол. ғылым. канд. В.Н. Тальских
Л.Ю. Шардакова

АРАЛ ТЕҢІЗІ АЛАБЫНДАҒЫ КӨЛДЕР ЖҮЙЕЛЕРІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙ ИНДЕКСІН ПАЙДАЛАНЫП БАҒАЛАУ НӘТИЖЕЛЕРІ

Түйін сөздер: өркендеген, шартты түрде өркендеген, өркендей алмаған ветландтар, балль-индекстік ранжирлеу, абиотикалық және биотикалық экологиялық көрсеткіштер, экологиялық жағдай индексі

Абиотикалық және биотикалық параметрлер кешенін, сондай-ақ алғашқы өңделген өңірлік экологиялық мемлекеттік индекс (ЭЖИ) көрсеткіштерін қолдана отырып, Амудария мен Сырдария өзенінің су алаптарындағы кейбір көл экожүйелерінің / сулы-батпақты алқаптарының жай-күйін индексті бағалау нәтижелері келтірілген. Түсінікті болу үшін «шартты түрде өркендеген» және «өркендей алмаған» әр түрлі экологиялық сулы-батпақты алқаптар бойынша ЭЖИ есептеу мысалдары келтірілген.

V.N. Talskikh, L.Yu. Shardakova

ASSESSMENT RESULTS OF THE LAKE SYSTEMS OF THE ARAL SEA BASIN USING THE ECOLOGICAL STATE INDEX

Key words: favourable, conditionally favourable, unfavourable wetlands, score-index ranking, abiotic and biotic environmental parameters, ecological state index.

There are given results of score-index assessment of some lake ecosystems/wetlands state in the Amu Darya and Syrdarya River Basins using a complex of abiotic and biotic parameters, as well as the values of the first developed regional ecological state index (IES). For clarity, examples are given for calculating the IES for ecologically diverse types of wetlands belonging to "conditionally favourable" and "unfavourable".