

УДК 574.524(504.058)

Канд. биол. наук

В.Н. Тальских¹
Л.Ю. Шардакова¹**РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ОЗЕРНЫХ СИСТЕМ БАССЕЙНА
АРАЛЬСКОГО МОРЯ С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

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

Приводятся результаты индексной оценки по балльной 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 информация и экспертные оценки [1-5], позволили дифференцировать некоторые ветланды на: «благополучные» (с удовлетворительным экологическим состоянием), «условно бла-

¹ НИГМИ Узгидромета, г. Ташкент, Узбекистан.

гополучные» (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	п, 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 (Плеса)					
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. оз. Акушпа)	СрВ	54	22	2,4	НБл
	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
Акушпа	СрВ	53	23	2,3	НБл
	МВ/Зш	23	23	1,0	НБл
Шегекуль (вдхр. Между-речье)	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. Сырдарья)			
А-1	Речное питание из скважины и из р. Сырдарья	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 скопление 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 <i>Rotifera</i> , <i>Cladocera</i> , <i>Copepoda</i> с преобладающим развитием <i>Rotifera</i>	5	СрВ
Б-8	Разнообразное развитие пресноводных и солоноватоводных пелагиальных и зарослевых видов <i>Ephemeroptera</i> , <i>Chironomidae</i> , <i>Coleoptera</i> , <i>Gammaridae</i> , <i>Hirudinea</i> , <i>Odonata</i> , <i>Oligochaeta</i> , <i>Hemiptera</i> , <i>Heteroptera</i> , <i>Diptera</i> , <i>Mollusca</i> , <i>Misidaceae</i>	5	СрВ

Инди-кагор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
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 <i>Bacillariophyta</i> из родов <i>Melosira, Achnanthes, Cocconeis, Cyclotella, Cymbella, Diatoma, Synedra, Gomphonema, Fragilaria Navicula, Nitzschia, Surirella, Gyrosigma</i>	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 – \sum ИО =108 Количество учтенных ИО: n =20; ИЭС = \sum 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
	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

Инди-кагор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
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 <i>Rotifera</i> , <i>Copepoda</i> , <i>Cladocera</i> .	5	СрВ
	Выпадение из состава зоопланктона <i>Cladocera</i> –	1	МВ
	Высыхание всей акватории озера		
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-солоноватоводные моллюски – высыхание всей акватории озера.	1	МВ

Инди-кагор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
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 <i>Mollusca</i> , <i>Chironomidae</i> , <i>Polychaeta</i> – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-10	Интенсивное и разнообразное развитие пресноводно- солоноватоводные и тяготеющие к биотопам со скоплением растительного детрита видов <i>Bacillariophyta</i>	3	СрВ
	Доминирование солоноватоводных и солоноватоводно-морских видов <i>Bacillariophyta</i> – 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	Сумма баллов: $\sum \text{ИО} = 86$,	ИЭС	СрВ
	Количество учтенных ИО: $n = 23$;	3,7	
ИЭС	$\text{ИЭС} = \sum \text{ИО}/n = 3,74$	4	
Рас-чет	Сумма баллов: $\sum \text{ИО} = 23$	ИЭС	МВ
	Количество учтенных ИО: $n = 23$;	1,0	
ИЭС	$\text{ИЭС} = \sum \text{ИО}/n = 1,0$		
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 стока 640 млн. м ³ /год. В 1999 г.	5	СрВ

Инди-кагор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
	568,2 млн. м ³ /год, что составило 88 % от услов-ной нормы		
	В 2001 г. объем стока в систему ветланда Су-дочье был 46,2 млн. м ³ /год, что составило 8 % от условной нормы	1	МВ
A-4	Колебания уровня воды 0,3...0,35 м	5	Ср В.
	Колебания уровня воды 0,75 м	1	МВ
A-5	Прозрачность до дна	3	СрВ
	Дно не просматривается	1	МВ
A-6	Серо-зеленый цвет воды в пелагиале	3	СрВ
	Желто-коричневый цвет воды по всей акватории	1	МВ
A-7	Средняя глубина 1,5...1,7 м	5	СрВ
	Средняя глубина 0,3 м	1	МВ
A-8	Средняя минерализация 23,27...47,48 г/л	1	СрВ
	Средняя минерализация 35,6...82,9 г/л	1	МВ
A-9	Данные отсутствуют	-	СрВ
	Данные отсутствуют	-	МВ
A-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
B-1	Покрытие 50...70 % прибрежной зоны и острова зарослей в средней части озера	1	СрВ
	Высыхание прибрежных и островных зарослей	1	МВ
B-2	Развитие только солоноватоводных макрофитов до глубины проникновения света	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
B-3	Преобладающее развитие солоноватоводных ви-дов водорослей	3	СрВ
	Преобладающее развитие солоноватоводно-мор-ских видов водорослей – высыхание всей аква-тории озера	1	МВ
B-4	ЗС – бета-альфамезосапрбная (в-а) ИС – 2,48	3	СрВ
	ЗС – альфамезосапрбная (а) ИС – 2,53 – высыха-ние всей акватории озера	1	МВ
B-5	Биомасса 11,2...25,7 г/м ³	3	СрВ
	Высыхание всей акватории озера	1	МВ
B-6	72 % галофильных видов	1	СрВ

Инди- кагор	Характеристика параметра	ИО	Вод- ность года
	100 % галофильных видов – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-7	Выпадение из состава зоопланктона <i>Cladocera</i> –	1	СрВ
	Выпадение из состава зоопланктона <i>Cladocera</i> – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-8	Донная фауна представлена 3...4 солоновато-водно-морскими видами моллюсков, хирономид, полихет	1	СрВ
	Донная фауна представлена 3...4 солоновато-водно-морскими видами моллюсков, хирономид, полихет – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-9	Разрушение трофической сети, массовое развитие 3-х солоноватоводно-морских видов <i>Mollusca</i> , <i>Chironomidae</i> , <i>Polychaeta</i>	1	СрВ
	Разрушение трофической сети, массовое развитие 3-х солоноватоводно-морских видов <i>Mollusca</i> , <i>Chironomidae</i> , <i>Polychaeta</i> – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-10	Преобладающее развитие солоноватоводных и слоноватоводно-морских видов <i>Bacillariophyta</i>	1	СрВ
	Появление типично морских видов <i>Bacillariophyta</i>	1	МВ
Б-11	ПС – 0,34 МГ % – 61	1	СрВ
	ПС – 0,22 МГ % – 72 – высыхание основной акватории озера	1	МВ
Б-12	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС – 2,12	3	СрВ
	ЗС – бетамезосапрбная (в) ИС – 2,26 – высыхание всей акватории озера	1	МВ
Б-13	Гидрофильные виды птиц – 90,7...94,7 %	7	СрВ
	В связи с пересыханием акватории фауна гидрофильных птиц исчезла	1	МВ
Б-14	Отсутствие промысловых пресноводно-генеративных рыб	1	СрВ
	Высыхание озера	1	МВ
Рас- чет	Сумма баллов: $\sum \text{ИО} = 53$	ИЭС	СрВ
	Количество учтенных ИО: n=23;	2,30	
ИЭС	$\sum \text{ИЭС} = \sum \text{ИО} / n = 2,30$		

Инди-кагор	Характеристика параметра	ИО	Вод-ность года
Рас-чет	Сумма баллов $\sum \text{ИО}=23$	ИЭС	МВ
ИЭС	Количество учтенных ИО: $n=23$; $\text{ИЭС}=\sum \text{ИО}/n=1,0$	1,0	

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

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”.