

УДК 574.587(285.2):592+556.555.6

САПРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГРУНТОВ И ПРИДОННОГО СЛОЯ ВОДЫ ЧОГРАЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ОРГАНИЗМАМ МАКРОЗООБЕНТОСА

© Е.В. Никитенко, Г.Х. Щербина

Ключевые слова: Чограйское водохранилище; индексы сапробности; донные макробеспозвоночные.

Проведена сапробиологическая оценка грунтов и придонного слоя воды Чограйского водохранилища по организмам макрозообентоса с использованием некоторых распространенных методов. Показано, что наиболее высокий трофический статус в водоеме характерен для его верхней части, что связано с мелководностью данного участка, пониженным водообменом и повышенной степенью зарастания макрофитами.

К числу важнейших показателей, определяющих возможность эффективного и рационального использования водных и биологических ресурсов, является качество поверхностных вод, которое представляет собой совокупность физических, химических и биологических показателей, определяющих степень пригодности воды для разнообразного водопользования. Качество вод характеризуется: составом и количеством растворенных и взвешенных в воде веществ, содержанием биомассы микроорганизмов и макробеспозвоночных, температурой и рядом других химико-биологических характеристик.

Наиболее важным системным показателем изменения состояния природных экосистем под воздействием антропогенных факторов является перестройка структуры и метаболизма биоценозов [1]. Биологическое равновесие водных экосистем поддерживается многочисленными подвижными связями организмов между собой и с окружающей средой [2].

Сообщество донных макробеспозвоночных наиболее консервативно по отношению к неблагоприятным воздействиям. Для перестройки его структуры требуется гораздо больше времени, чем для планктонных сообществ, если воздействие не было губительным. При различных антропогенных катастрофах организмы донной фауны, как правило, находятся в неблагоприятных условиях вследствие аккумуляции загрязняющих и токсичных веществ в донных отложениях. Организмы и сообщества зообентоса – удобные объекты биологического мониторинга пресноводных водоемов [3–5].

В Чограйском водохранилище, сооруженном в долине Восточного Маныча, в последние годы наблюдаются резкие изменения гидрологических показателей, что связано с нестабильной подачей воды по Кумо-Манычскому каналу, являющимся практически единственным источником питания водохранилища. В связи с этим возникла необходимость проведения мониторинговых исследований качества грунтов и придонного слоя воды Чограйского водохранилища.

В основу работы положен материал по макрозообентосу, собранный во время комплексных экспедиций, проводимых БНУ РК «ИКИАТ» (2009, 2010 и 2012 гг.). Обработка материала проводилась в Институте биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН.

При выборе методов биоиндикации, пригодных для использования в водохранилищах, был проведен анализ наиболее распространенных и объективно признанных методов.

К настоящему времени разработано много разных методов и способов (>60) оценки качества воды и грунтов, которые учитывают показательное значение обнаруженных организмов и видовое разнообразие населения исследуемого водоема [2; 6]. Метод Пантле–Букк характеризует степень органического загрязнения величиной индекса сапробности организмов. Величина индекса сапробности в полисапробной зоне составляет 3,51–4,0, в α -мезосапробной – 2,51–3,5, в β -мезосапробной – 1,51–2,5, в олигосапробной – 1,0–1,5 и ксеносапробная < 1,0 [7].

При анализе загрязнения по донным животным наибольшее распространение получили различные индексы, характеризующие количественно и качественно структуру донных сообществ. При этом используются крупные таксоны, например, личинки насекомых и олигохет. Замечено, что олигохеты легко переносят загрязнения и достигают большой численности в грунтах, обогащенных органическим веществом [8]. Поэтому индексы, учитывающие соотношение олигохет и других групп макрозообентоса, получили широкое распространение [2; 9–11].

Карр и Хилтонен оценивали загрязнение по абсолютной численности олигохет (см. [2]). К.Г. Гуднайт и Л.С. Уитлей [12–13] предлагали судить о качестве вод по доле олигохет в общей численности животных бентоса. Если этот показатель равен 60 %, то водоем находится в хорошем состоянии, при 60–80 % – в сомнительном, более 80 % – состояние водоема оценивалось как тяжелое.

Цаннер, а затем Райт, Карр и Хилтонен (см. [2]) использовали для оценки степени загрязнения плотность олигохет: 100–999 экз./м² – слабое загрязнение; 1000–5000 экз./м² – среднее загрязнение; >5000 экз./м² – тяжелое загрязнение.

В основу применения индекса видового разнообразия Шеннона–Уивера [14] (d) положено правило уменьшения числа видов животных с увеличением загрязнения. Считается, что $d > 3$ соответствует чистым, d от 1 до 3 – загрязненным, $d < 1$ – грязным водам.

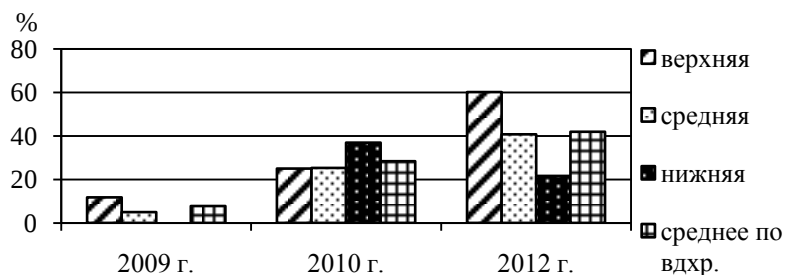


Рис. 1. Значение индекса Гуднай–Уитли в различных частях Чограйского водохранилища

Серьезным возражением против широкого применения индекса d при оценке степени загрязнения вод следует считать его высокую вариабельность [15]. Снижение видового разнообразия может быть вызвано как загрязнением, так и специфическими условиями, например, однообразием биотопов.

Для определения степени загрязнения вод и придонного слоя воды Чограйского водохранилища использовали несколько методов из указанных ранее. Так, при использовании метода Пантле–Букк нами было выявлено, что в 2009 и 2012 гг. верхняя часть водохранилища характеризовалась как α -мезосапробная зона, а в 2010 г. большинство станций на данном участке являлись β -мезосапробными. Средняя часть водохранилища, напротив, в 2009 и 2012 гг. по степени загрязнения, определенной с помощью индикаторных организмов макрозообентоса, характеризовалась как β -мезосапробная зона, а в 2010 г. – α -мезосапробная. В нижней части Чограйского водохранилища бентосные съемки проводились лишь в 2010 и 2012 гг., и в первый год исследований участок являлся β -мезосапробным, а во второй – α -мезосапробным (табл. 1).

Мелководные участки (до 2,5 м) в Чограйском водохранилище во все годы исследований по средним величинам сапробности характеризовались как β -мезосапробные. Глубины от 2,6–5,0 м в 2009 г. по средним значениям величины индекса сапробности были α -мезосапробными, а в последующие годы исследований – β -мезосапробными. С увеличением глубин значение индекса сапробности менялось с β -мезосапробного в 2009 г. до α -мезосапробного в остальные два года (табл. 2).

В целом Чограйское водохранилище по степени загрязнения, определенной с помощью метода Пантле–Букк, можно охарактеризовать как α - β -мезосапробный водоем. Так, в 2009 г. среднее значение величины индекса сапробности в водохранилище составило 2,55, и водоем характеризовался как α -мезосапробный, в 2010 и 2012 гг. его значение несколько снизилось – 2,47 и 2,49, соответственно, что характеризует водохранилище в данные годы как β -мезосапробный водоем.

Согласно значению индекса Гуднай–Уитли состояние Чограйского водохранилища во все годы исследований можно оценить как «хорошее». Наиболее загрязненным по этому показателю в 2009 г. и 2012 г. был верхний участок, что совпадает с индексами Пантле–Букк. В 2012 г. в верхней зоне Чограйского водохранилища показатель немного превышал 60 %, что соответствовало состоянию «сомнительное» (рис. 1).

Видовое разнообразие макрозообентоса Чограйского водохранилища оценивалось по величине индекса

Таблица 1

Величина индекса сапробности Пантле–Букк в различных частях Чограйского водохранилища

Год	Части		
	верхняя	средняя	нижняя
2009	<u>2,7</u> 2,17–3,42	<u>2,47</u> 1,86–3,23	–
2010	<u>2,37</u> 2,18–2,8	<u>2,58</u> 2,1–3,17	<u>2,27</u> 2,1–2,62
2012	<u>2,56</u> 2,19–2,95	<u>2,45</u> 1,94–3,55	<u>2,57</u> 2,15–3,38

Примечание: здесь и в табл. 2 над чертой – средняя величина сапробности, под чертой – ее минимальные и максимальные значения

Таблица 2

Величина индекса сапробности Пантле–Букк на различных глубинах Чограйского водохранилища

Год	Глубины, м		
	0,1–2,5	2,6–5,0	5,1–7,5
2009	<u>2,45</u> 1,86–3,42	<u>2,86</u> 2,53–3,23	<u>2,35</u> 2,19–2,48
2010	<u>2,48</u> 2,1–3,17	<u>2,37</u> 2,1–2,9	<u>2,57</u> 2,1–3,04
2012	<u>2,40</u> 2,1–2,95	<u>2,50</u> 2,15–3,38	<u>2,57</u> 1,94–3,55

Шеннона–Уивера, рассчитанного как по численности, так и биомассе.

В верхней зоне водохранилища наименьшие значения индекса Шеннона–Уивера как по биомассе, так и численности отмечались в 2009 г., и были как минимум в два раза ниже таковых в 2010 и 2012 гг. В средней зоне водохранилища особых изменений в значениях этого индекса во все годы исследований не отмечалось. В нижней зоне наибольшие значения индекса как по биомассе, так и численности отмечались в 2010 г. Таким образом, можно заключить, что в Чограйском водохранилище чистые воды отсутствуют. В основном они определены как **загрязненные**, за исключением верхней части водоема, когда в 2009 г. соответствовали **грязным** водам ($d < 1$) (табл. 3).

На мелководье (до 2,5 м) во все годы исследований величина индекса Шеннона–Уивера по численности

Таблица 3

Величина индекса Шеннона–Уивера в различных частях Чограйского водохранилища в разные годы

Год	Части					
	верхняя		средняя		нижняя	
	HN, бит	HB, бит	HN, бит	HB, бит	HN, бит	HB, бит
2009	<u>0,98</u> 0,46–1,88	<u>0,56</u> 0,11–1,63	<u>1,35</u> 0,36–1,93	<u>1,31</u> 0,81–1,82	–	–
2010	<u>1,75</u> 0,92–2,45	<u>1,39</u> 0,86–2,21	<u>1,39</u> 0–2,18	<u>1,14</u> 0–2,1	<u>2,07</u> 1,37–2,68	<u>1,68</u> 0,81–2,49
2012	<u>1,68</u> 0,81–2,54	<u>1,38</u> 0,33–2,28	<u>1,44</u> 0,72–3,0	<u>1,21</u> 0,34–2,28	<u>1,45</u> 0,75–2,64	<u>0,82</u> 0,26–2,09

Примечание: здесь и в табл. 4: над чертой – средняя величина индекса Шеннона–Уивера, под чертой – ее минимальные и максимальные значения.

Таблица 4

Значение индекса Шеннона–Уивера на различных глубинах Чограйского водохранилища в разные годы

Год	Глубина, м					
	0,1–2,5		2,6–5,0		5,1–7,5	
	HN, бит	HB, бит	HN, бит	HB, бит	HN, бит	HB, бит
2009	<u>1,21</u> 0,46–1,88	<u>0,84</u> 0,11–1,58	<u>0,95</u> 0,36–1,58	<u>1,04</u> 0,81–1,58	<u>1,60</u> 1,2–1,93	<u>1,53</u> 1,33–1,68
2010	<u>1,77</u> 0,92–2,45	<u>1,26</u> 0,28–2,21	<u>1,75</u> 0,97–2,68	<u>1,43</u> 0,46–2,49	<u>1,24</u> 0–2,12	<u>1,18</u> 0–1,19
2012	<u>1,7</u> 0,81–2,64	<u>1,44</u> 0,54–2,28	<u>1,22</u> 0,72–2,47	<u>0,86</u> 0,26–2,17	<u>1,57</u> 0,92–3,0	<u>1,26</u> 0,33–2,28

соответствовала загрязненным водам, по биомассе (исключение 2009 г.) средние значения колебались от 1,26 до 1,44. С увеличением глубин в 2009 г. по численности, а в 2012 г. по биомассе наблюдалось ухудшение качества воды, которое характеризовалось как грязное (табл. 4).

В 2009 г. среднее значение индекса Шеннона–Уивера по численности составляло 1,25, по биомассе – 1,14, в 2010 г. – 1,66 и 1,34, в 2012 г. – 1,52 и 1,18.

Таким образом, значение индекса Шеннона–Уивера (*d*) на большинстве станций Чограйского водохранилища изменялось в интервале от 1 до 3, что соответствовало различной степени загрязнения – от сильного до слабого.

Проанализировав индексы загрязнения, в целом Чограйское водохранилище можно считать умеренно загрязненным и α - β -мезосопробным. В период исследований (2009–2012 гг.) наиболее загрязненными оказались воды в 2009 г., особенно верхний участок водохранилища, характеризующийся как «сомнительный» (индекс Гуднайта–Уитли), «грязный» (индекс Шеннона–Уивера), α -мезосопробный (индекс Пантиле–Букк).

Такое состояние водохранилища объясняется нестабильной подачей воды по Кумо-Манычскому каналу, который расположен в нижней части водохранилища у плотины, где и происходит основной водозабор из водоема. Поэтому в верхней части водохранилища практически отсутствует водный обмен, что приводит к загрязнению и ухудшению состояния данной зоны водохранилища. Кроме того, в 2009 г. проводился частичный спуск воды из водохранилища в связи с ремонтными работами плотины, что не могло не отра-

зиться на состоянии биоты водоема и его трофическом загрязнении.

Для того чтобы не происходило дальнейшего трофического загрязнения грунтов и придонного слоя воды в Чограйском водохранилище, необходимо обеспечить стабильную подачу воды в водохранилище.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В.А. Экологические модификации и развитие биоценозов // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: тр. Междунар. симпозиума. Л.: Гидрометеоздат, 1991. С. 18–40.
2. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1974. 60 с.
3. Абакумов В.А. Контроль качества вод по гидробиологическим показателям в системе Гидрометеорологической службы СССР // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям: тр. сов.-англ. семинара. Л.: Гидрометеоздат, 1977. С. 93–99.
4. Абакумов В.А., Черногаева Г.М. Состояние экосистем поверхностных вод России по данным многолетнего мониторинга // Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. М.: Наука, 2001. С. 177–191.
5. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод. Минск: Изд-во «ОРЕХ», 2004. 125 с.
6. Bakanov A.I. The use of macrozoobenthos for the detection and assessment of water pollution // Symp. of monitoring of water pollution. Borok, 1994. P. 6.
7. Wegl R. Index für die Limnosaprobität // Wasser und Abwasser. 1983. Bd. 26. 175 S.
8. Финогенова Н.П. Значение олигохет как индикатора загрязненных вод // Гидробиологические основы самоочищения вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1976. С. 51–59.
9. Макрушин А.В. Биоиндикация загрязнений внутренних водоемов // Биологические методы оценки природной среды. М.: Наука, 1978. С. 123–137.
10. Алимов А.Ф., Финогенова Н.П. Количественная оценка роли сообществ донных животных в процессах самоочищения пресновод-

- ных водоемов // Гидробиологические основы самоочищения вод. Л.: Наука, 1976. С. 5-14.
11. Попченко В.И. Использование олигохет в биоиндикации качества вод // Проблемы экологии Прибайкалья: тез. 3 Всесоюз. науч. конф. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1988. С. 77.
 12. Goodnight C.I. Whitley L.S. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Ext. Ser. 1961. V. 106. P. 139-142.
 13. Goodnight C.I. The use of aquatic macroinvertebrates as indicators of stream pollution // Transaction of the American Microsc. Society. 1973. V. 92. № 1. P. 1-13.
 14. Shennon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois press, 1963. 345 p.
 15. Финогенова Н.П., Алимов А.Ф. Оценка степени загрязнения вод по составу донных животных // Методы биологического анализа пресных вод. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1976. С. 95-106.

Поступила в редакцию 7 июля 2014 г.

Никитенко Елена Викторовна, Институт комплексных исследований аридных территорий, г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация, научный сотрудник, e-mail: elena.nikitenko@mail.ru

Nikitenko Elena Viktorovna, Institute of Complex Researches of Arid Territories, Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation, Scientific Worker, e-mail: elena.nikitenko@mail.ru

Щербина Георгий Харлампиевич, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Некouzский район, Ярославская область, Российская Федерация, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, e-mail: gregory@ibiw.yaroslavl.ru

Shcherbina Georgiy Kharlampievich, I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, settl. Borok, Nekouzskiy district, Yaroslavl region, Russian Federation, Doctor of Biology, Main Scientific Worker, e-mail: gregory@ibiw.yaroslavl.ru

Nikitenko E.V., Shcherbina G.K. SAPRO-BIOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY AND SOIL OF CHOGRAYSKY RESERVOIR USING ORGANISMS OF MACRO-ZOOBENTHOS

Sapro-biological assessment of soils and bottom water of Chograysky reservoir by macrozoobenthos organisms using some common methods is conducted. It is shown that the highest trophic status in the reservoir characteristic of the upper part, which is associated with this shallow area, reduced water exchange and high degree of overgrowing macrophytes.

Key words: Chograysky reservoir; indices saprobity; benthic macroinvertebrates.