

Библиографический список

1. Линник, П.Н. Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем / П.Н. Линник, Т.А. Васильчук, Р.П. Линник // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40. – № 1.
2. Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействия с ионами металлов / Г.М. Варшал, И.Я. Коцеева, И.С. Сироткина [и др.] // Геохимия. – 1979. – № 4.
3. Singer, P.S. Influence of dissolved organics on the distribution, transport and fate of heavy metals in aquatic systems / P.S. Singer // Fate Pollutants Air and Water Environ. Symp. – 165th. NAT. Amer. Chem. Soc. Meet. – Philadelphia, 1997. – P. 155-182.
4. Фомин, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериологической и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справочник / Г.С. Фомин. – 2-е изд. – М.: Протектор, 1995.
5. ПНД Ф 14.1:2.100-97. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом.
6. Методы исследования органического вещества в океане / Е.А. Романкевич. – М.: Наука, 1980.
7. ПНД Ф 14.1:2.4.139-98. Методика выполнения измерений массовой концентрации железа, кобальта, марганца, меди, никеля, серебра, хрома и цинка в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии.
8. Vasiliev, O.F. Suspended sediment and associated mercury transport - the case study on the Katun River / O.F. Vasiliev, T.S. Papina, Sh.R. Pozdnjakov // Proc. 4 Int. Symp. on river sedimentation, Beijing. – China, IRTCES, 1990. – P. 155-162.
9. Белоконов, В.Н. Содержание тяжелых металлов, органических веществ и соединений биогенных элементов в донных отложениях Дуная / В.Н. Белоконов, Я. И. Басс // Водные ресурсы. – 1993. – Т. 20. – № 4.
10. Horowitz, A.J. A primer on trace metal-sediment chemistry / A.J. Horowitz // Alexandria: U.S. Geological Survey water-supply paper 2277, 1985. – 67 p.
11. Steell, K.F. Trace metal relationships in bottom sediments of freshwater stream the Buffalo River, Arkansas / K.F. Steell, G.H. Wagner // J. Sediment Petrol. – 1975. – V. 45. – № 1. – P. 310-319.
12. Геохимическое поведение серы в донных осадках Тихого океана / Э.А. Остроумов, И.И. Волков // Химические процессы в морских водах и осадках. – М.: Наука, 1967. – Т. 83.
13. Вышемирский, В.С. Органическое вещество в Мировом океане / В.С. Вышемирский. – Новосибирск: НГУ, 1986.
14. Sutherland, R.A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream Oahu, Hawaii // R.A. Sutherland / Environmental geology. – 2000. – V.39. – № 6. – P. 611-627.
15. Emerson, S. The behavior of trace metals in marine anoxic waters: Solubility at the oxygen-hydrogen sulfide interface // S. Emerson, L. Jacobs, B. Tebo / Trace Metals in Seawater. – New York: Plenum Press. – 1983. – P. 579-608.
16. Salomons, W. Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments // W. Salomons, Stigliani (Eds). – Springer-Verlag, Berlin, 1995. – 353 p.
17. Мур, Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах / Дж.В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987.

Статья поступила в редакцию 12.03.09

УДК 556.11

*Д.М. Безматерных, канд. биол. наук, доц., уч. секр. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул,
О.Н. Жукова, аспирант ИВЭП СО РАН, г. Барнаул,
Л.А. Долматова, канд. хим. наук, н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул*

СОСТАВ И СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР СТЕПНОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И ФАКТОРЫ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ. ЧАСТЬ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В первом сообщении приводятся данные об основных гидрохимических характеристиках, составе и структуре зообентоса восьми разнотипных озер степной и лесостепной зоны Алтайского края. Во втором сообщении будет представлен анализ влияния основных абиотических факторов на формирования зообентоса этих озер.

Ключевые слова: зообентос, гидрохимия, Алтайский край, Кулунда, Касмала.

С самого зарождения науки озеро находилось в центре внимания ученых, что связано с их привлекательностью для людей как источника продовольствия и воды. Однако комплексное изучение озерных экосистем с учетом взаимодействия абиотических и биотических факторов их формирования началось чуть более 100 лет назад. Все же до сих пор идет выявление основных типов водных объектов и особенностей их функционирования, что приближает нас к лучшему пониманию экологии озер [1]. Необходимой основой рационального использования минерализованных вод становится всестороннее изучение их биоты в условиях меняющейся солёности и установление границ устойчивости организмов, сообществ и экосистем [2].

Зообентос озер степной и лесостепной зон Алтайского края изучали в 1920-1930 гг. и 1967-1969 гг. [3]. В условиях

меняющихся гидрологических условий и антропогенного воздействия состав и структура сообществ озер этого региона могли значительно измениться.

Материалы и методы

Исследования водных экосистем степной части Алтайского края были проведены в июле-сентябре 2008 г. Исследованные объекты можно разделить на две группы. Первая группа – озеро внутреннего стока Кулундинской низменности: Кулундинское (Благовещенский р-н), Пресное, (Волчихинский р-н), озеро без названия в 1 км. от оз. Солёное (Михайловский р-н). Вторая – озеро Касмалинской системы: Угловое (Волчихинский р-н), Горькое (Романовский р-н), Большое Островное (Мамонтовский р-н), Ледорезное (Мамонтовский р-н), Мельничное (Ребрихинский р-н).

Отобрано и проанализировано 68 гидрохимических проб и 34 зообентоса. Используются общепринятые полевые и лабораторные методы [4;5].

Результаты

Минерализация исследованных озер колебалась от 359-387 мг/дм³ до 122,2-140,6 г/дм³ (табл. 1). По степени минерализации (по классификации О.П. Оксикюк с соавт. [6]) воды исследованных озер распределялись от гипогалинных пресных вод (оз. Ледорезное) до ультрагалинных соленых вод (оз. без названия, оз. Кулундинское).

По классификации О.А. Алекина [7] воды большинства озер (кроме оз. Горькое и оз. Кулундинское) относятся к гидрокарбонатному классу группы натрия I типа, т. е. это содовые озера. Полигалинное озеро без названия и ультрагалинное Пресное относятся к Михайловской группе содовых озер Кулундинской степи [8]. Другие озера (Ледорезное, Мельничное, Б. Островное, Угловое) относятся к бассейну р. Касмалы, так как расположены вдоль Касмалинской древней долины [9].

Мезогалинное оз. Горькое также относится к Касмалинской озерной системе, но тип вод в этом озере неоднороден и изменяется от менее минерализованных (12000 мг/дм³) хлоридных вод группы натрия I типа до более минерализованных (16141 мг/дм³) смешанных сульфатно-хлоридных вод группы натрия I типа.

Воды ультрагалинного Кулундинского озера относятся к классу хлоридных вод группы натрия II типа.

Активная реакция среды в исследованных озерах изменялась от слабо (7,8) до сильно щелочной (10,1). Окислительно-восстановительный потенциал был положительным, что свидетельствует об окислительных условиях в воде этих озер и изменялся в интервале 88-205 мВ. Удельная электропроводность менялась от 378-425 мкСм/см в пресном Ледорезном озере до 107-134 мСм/см в соленом озере Кулундинском. Концентрация растворенного кислорода удовлетворяла ПДК_{в.р.} и составляла 6,73-11,10 мг/дм³. БПК₅ варьировала от 1,17 до

6,06 мг О₂/дм³. Перманганатная окисляемость (ПО) составляла от 14,1 мгО/дм³ в пресном Ледорезном озере до 66,3 мгО/дм³ в солоноватых водах оз. Горького.

В 2008 г. в исследуемых озерах выявлено 38 видов зообентонтов из 4 классов: Hirudinea, Gastropoda, Crustacea, Insecta (табл. 2). Из них: пиявок 3 вида, брюхоногих моллюсков 3, ракообразных 1 и насекомых 31 вид. Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (17 видов, из которых 10 видов хирономид), также из насекомых встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, бабочки и клопы.

По численности и биомассе наибольшее значение имели семейства: Chironomidae, Ceratopogonidae. Из них доминировали виды-детритофаги Chironomus gr. plumosus, Cricotopus gr. silvestris и Ceratopogon sp. Среди других таксонов основную массу составляли фитофильные виды стрекоз, поденок и клопов. Из стрекоз чаще встречалась Epithea bimaculata, из клопов – Notonecta glauca и Pyocoris camicoides, из поденок – Caenis sp.

В озерах Кулундинской низменности было выявлено 7 видов зообентоса, относящихся к классу насекомых. Из них 6 видов из отряда двукрылых, и 1 вид из отряда жуков. В оз. Кулундинском выявлено 3 вида зообентоса из отряда двукрылых, здесь отмечены Scathophagidae gen., Scatella sp., Ceratopogon sp. Ранее в оз. Кулундинском были отмечены только хирономиды п/сем. Orthoclaadiinae (Eukiefferiella gr. longicalcar, Orthocladus gr. olivaceus). Зообентос прочих обследованных озер отличался однообразием, донные беспозвоночные были представлены 2 видами: Ephydra sp. и Ceratopogon sp. В нижнем слое воды над грунтом в оз. без названия (Михайловский р-н) отмечены массовые скопления личинок мух-береговушек (Ephydridae), их численность достигала 9200 экз./м², а биомасса – 385 г/м².

В озерах Касмалинской системы выявлено 34 вида зообентоса из 4 классов, наибольшее число видов приходится на долю насекомых (27 видов). Биомасса колебалась в разных

Таблица 1

Химический состав вод озер Касмалинской системы и Кулундинской низменности

Показатель	Озера							
	Ледорезное	Мельничное	Большое. Островное	Угловое	Горькое	Пресное	Без названия	Кулундинское
T, °C	14,4-20,1	13,5-21,0	11,1-20,1	15,8-23,9	16,6-20,2	26,7-29,7	20,1-25,6	15,4-28,0
pH	7,80-9,20	8,70-9,45	8,65-9,20	8,15-9,25	8,25-9,35	10,1-10,2	9,90-10,1	8,3-8,83
Eh, мВ	160-182	88-147	99-121	143-161	142-152	118-123	108-128	131-205
χ, мСм/см	0,378-0,425	0,792-0,829	1,04-1,27	3,56-3,71	18,9-19,1	23,2-24,0	55,3-57,2	107-134
O ₂ , мг/дм ³	9,00-10,30	8,49-8,90	8,68-9,32	8,78-9,32	10,70-11,10	...	9,46	6,73-9,43
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1,17-1,77	1,41-1,53	1,40-3,66	3,77-4,07	1,89-6,06
ПО, мгО/дм ³	14,1-16,5	31,5-33,1	30,4-30,7	56,6-63,0	64,7-66,3
CO ₃ ²⁻ , мг/дм ³	7,13	6,84-20,8	6,84-20,8	77,2-83,2	14,3-238	2910-3085	8148-9603	186-198
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	250-268	445-469	485-512	1582-1747	3123-3389	11720-11980	41669-43623	1302-1432
Cl ⁻ , мг/дм ³	2,48-2,95	13,5-21,3	54,0-70,9	219-291	2588-2978	1241-1396	2998-3154	51801-63278
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	5,80-19,0	34,0-63,0	117-146	126-274	2120-4240	320-640	2833-3533	20200-24400
жесткость, °Ж	1,65-1,74	3,61-4,08	5,00-5,34	4,94-5,46	17,6-18,7	5,67-5,77	5,07-5,33	426-458
Ca ²⁺ , мг/дм ³	10,6-16,5	16,2-19,1	15,2-17,0	5,05-17,0	9,09-10,3	102	71,2	81,3-102
Mg ²⁺ , мг/дм ³	10,0-14,4	33,8-39,9	51,0-55,8	55,4-60,1	209-221	7,24-8,49	18,5-21,6	5125-5518
? Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	68,3-79,1	124-155	175-217	807-945	3794-5341	8307-8488	27360-29568	39129-46976
? и, мг/дм ³	359-387	700-757	912-1017	2948-3294	12000-16141	24920-25379	83151-89283	122172-140611
Соленость по Оксикюк и др., 1993	α – гипогалинные пресные воды	β – олигогалинные пресные воды	α – олигогалинные пресные воды	β – мезогалинные солоноватые воды	α – мезогалинные солоноватые воды	полигалинные соленые воды	ультрагалинные соленые воды	ультрагалинные соленые воды
Классификация по Алекину, 1953	C _{I 0,4} Na ²	C _{I 0,7} Na ⁴ C _{I 0,8} Na ⁴	C _{I 0,9} Na ⁵ C _{I 1,0} Na ⁵	C _{I 3,0} Na ⁵ C _{I 3,3} Na ⁵	Cl _{I 12,0} Na ¹⁹ SC _{I 16,1} Na ¹⁸	C _{I 25,0} Na ⁶ C _{I 25,4} Na ⁶	C _{I 83,2} Na ⁵ C _{I 89,3} Na ⁵	Cl _{II 122,2} Na ⁴⁴⁰ Cl _{II 140,6} Na ⁴²⁶

Таблица 2

Таксономический состав зообентоса озер Касмалинской системы и Кулундинской низменности

Таксон	оз. Кулундинское	оз. Пресное	оз. без названия	оз. Угловое	оз. Горькое	оз. Большое Островное	оз. Ледорезное	оз. Мельничное
Класс Hirudinea								
Glossiphonia companula Johnson							+	+
Erpobdella nigricollis Brandes							+	+
E. octocollata L.								+
Класс Gastropoda								
Lymnea auricularia L.					+			+
L. palustris Mueller				+				+
L. stagnalis L.				+	+	+		+
Класс Crustacea								
Отряд Amphipoda								
Сем. Gammaridae								
Gammarus lacustris Sars.							+	
Класс Insecta								
Отряд Odonata								
Сем. Coenagrionidae								
Coenagrion armatum Charpentier								+
Сем. Cordulidae								
Epithea bimaculata Charpentier								+
Сем. Platycnemididae								
Platycnemis pennipes Pallas						+		+
Отряд Ephemeroptera								
Сем. Caenidae								
Caenis miliaria Thernova								+
Отряд Heteroptera								
Сем. Corixidae								
Cymatia rogenchoseri Fieber					+			
Hesperocorixa linnaei Fieber					+			
Sigara falleni Fieber				+				
Сем. Naucoridae								
Pyocoris cimicoides L.								+
Сем. Notonectidae								
Notonecta glauca L.				+				
Отряд Coleoptera								
Сем. Chrysomelidae								
Donacia sp.								+
Сем. Dytiscidae								
Acillus sulcatus L.				+	+			
Hygrotus sp.		+						
Отряд Lepidoptera								
Сем. Pyraustidae								
Parapoynx stratiotata L.								+
Отряд Trichoptera								
Сем. Polycentropodidae								
Cyrnus sp.								+
Отряд Diptera								
Сем. Ceratopogonidae								
Ceratopogon sp.	+	+	+	+	+	+		+
Culicoides (Monoculicoides) stigma Meig.				+				
Сем. Chironomidae								
Chironomus gr. plumosus L.				+				+
Ch. sp.								+
Cricotopus gr. silvestris		+			+			+
Cr. gr. tibialis		+			+			+
Dicotendipes nervosus Staeger				+	+	+		+
Glyptotendipes barbipes Staeger				+	+		+	+
Paracladius sp.				+				+
Polypedilum (Tripodura) scalaenum Scalaenum					+			+
Psectrocladius nevalis Akhrorov					+			+
Tanytarsus mendax Kieffer				+				+
Сем. Ephydriidae								
Scatella sp.	+	+	+					
Сем. Limoniidae								
Helius longirostris Meig.						+		+
Сем. Psychodidae								
Clytocerus crispus Vailant				+				
Сем. Scathophagidae								
Scathophagidae indent.	+							
Сем. Syrphidae								
Eristalis sp.			+					
Всего видов	3	5	3	11	13	4	7	15

озерах от 1,28 до 11,44 г/м², численность от 350 до 1505 экз./м². Максимальные значения численности (3153 экз./м²) и биомассы (11,44 г/м²) отмечены для оз. Углового и оз. Мельничного (2002 экз./м², 10,1 г/м²). Минимальные значения численности (350 экз./м²) и биомассы (1,85 г/м²) отмечены для оз. Большого Островного.

Максимальное разнообразие зообентонтов отмечено в олигогалинных озерах, а минимальное в уэгалинных (табл. 3). Максимальные значения биомассы (до 10,1 г/м²) как правило характерны для озер южной лесостепной подзоны, что соответствует альфа-мезотрофному – альфа-эвтрофному уровню развития зообентоса по шкале трофности В.П. Китаева [10]. Колебания биомассы зообентоса в зоне умерено засушливой степи были в диапазоне от 1,85 до 11,44 г/м², что соответствует бета-мезотрофному – альфа-эвтрофному уровню развития. Минимальные значения биомассы зообентоса озер отмечены в сухой степи – 1,28 г/м², что характерно для бета-олиготрофного уровня и по всей вероятности является следствием угнетающего действия высокого уровня минерализации. Ранее такая же тенденция была выявлена на значительном градиенте минерализации озер Барабинской низменности [11].

Выводы

1. Минерализация воды исследованных озер изменяется от 359-387 мг/дм³ до 122,2-140,6 г/дм³. По степени минерализации воды исследованных озер распределяются от гипогалинных пресных вод (оз. Ледорезное) до ультрагалинных соленых вод (оз. без названия, оз. Кулундинское).

2. По классификации О.А. Алекина воды большинства озер (кроме оз. Горькое и оз. Кулундинское) относятся к гидрокарбонатному классу группы натрия I типа.

3. В озерах внутреннего стока Кулундинской низменности и Касмалинской озерной системы обнаружено 38 видов зообентонтов из 4 классов: Hirudinea, Gastropoda, Crustacea, Insecta. Наибольшее число видов приходится на долю насекомых – 31 видов, далее по числу видов следуют: пиявки – 3 вида, брюхоногие моллюски – 3, ракообразные – 1.

4. Изученные водоемы характеризовались невысоким количеством зообентоса. Минимальные значения численности и биомассы в летний период характерны для оз. Кулундинского (357,5 экз./м², 1,28 г/м²). Максимальные значения отмечены для оз. Углового (3153 экз./м², 11,44 г/м²) и оз. Мельничного (2002 экз./м², 10,1 г/м²).

Таблица 3

Средняя биомасса, уровень трофности, доминирующие таксоны зообентоса и минерализация воды озер Касмалинской системы и Кулундинской низменности

Озера	Минерализация, г/л	Численность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Уровень трофности по С.П. Китаеву [10]	Количество видов	Доминирующие таксоны
Сухая степь						
Кулундинское	122,17-125,54	357,5	1,28	Бета-олиготрофный	3	Scathophagidae Ephydriidae Ceratopogonidae
Пресное	24,92-25,37	1215,5	2,42	Бета-олиготрофный	5	Ephydriidae Ceratopogonidae Chironomidae
Без названия	83,15-89,28	3503,5	5,11	Альфа-мезотрофный	3	Ephydriidae Ceratopogonidae
Умеренно засушливая степь						
Горькое	15,4-16,14	1143,6	6,8	Бета-мезотрофный	13	Heteroptera Ceratopogonidae Chironomidae
Угловое	3,23-3,29	3153	11,44	Альфа-эвтрофный	11	Chironomidae Ceratopogonidae Hirudinea
Большое Островное	10,07-10,17	350	1,85	Бета-олиготрофный	4	Chironomidae
Южная лесостепь						
Ледорезное	0,384-0,387	428,7	4,2	Альфа-мезотрофный	7	Chironomidae
Мельничное	0,557-0,748	2002	10,1	Альфа-эвтрофный	15	Chironomidae Odonata Ephemeroptera Trichoptera

- Алекин, О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1953.
- Посохов, Е.В. Ионный состав природных вод. Генезис и эволюция / Е.В. Посохов. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
- Никольская, Ю.П. Процессы солеобразования в озерах и водах Кулундинской степи / Ю.П. Никольская. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961.
- Китаев, С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон / С.П. Китаев // V съезд Всерос. гидроб. об-ва, ч. 2. – Куйбышев, 1986.
- Безматерных, Д.М. Уровень минерализации воды как фактор формирования зообентоса озер Барабинско-Кулундинской лимно биологической области / Д.М. Безматерных // Мир науки, культуры, образования. – 2007. – № 4 (7).

Статья поступила в редакцию 12.03.09

УДК 528.94

И.Н. Ротанова, канд. географ. наук, доцент, зам. директора по НР ИВЭП СО РАН, г. Барнаул,
В.Г. Ведухина, канд. географ. наук, н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул,
Ю.М. Цимбалей, канд. географ. наук, в.н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул

ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены основные принципы и подходы водно-экологического картографирования с использованием геоинформационных технологий. Приведены основные результаты апробации предложенной методики.

Ключевые слова: ГИС-технологии водно-экологическое картографирование, подсистемы водно-экологических ГИС.

Исследования проблем качества водных ресурсов включают разработку и применение новых методов комплексного анализа разнородных данных о состоянии природной среды и ее отдельных компонентов, их пространственной и временной ординации, визуализации полученных результатов для принятия управленческих решений. В этом отношении широкие возможности для анализа состояния водных объектов и водосборных бассейнов открываются на основе использования геоинформационных подходов.

Развитие геоинформатики открыло новые возможности для картографического моделирования состояния окружающей среды в целом и в том числе для водно-экологического кар-

тографирования, которое позволяет анализировать и оценивать экологическое состояние водных объектов и способствовать решению вопросов охраны водных ресурсов.

Научная новизна предлагаемых результатов исследований заключается в практической апробации выполненных разработок: создании на основе геоинформационных средств серии картографических произведений водно-экологического содержания на территорию субъекта РФ, отдельные административные районы, бассейны рек, озер, отдельные населенные пункты, некоторые примеры которых приводятся в настоящей статье.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-98019-р_сибирь_a.

Библиографический список

- The lakes handbook. V. 1. Limnology and limnetic ecology / Ed. by P.E. O'Sullivan and C. S. Reynolds. – Blackwell Publishing, 2004. – 699 p.
- Биология солоноватых и гипергалинных вод / Под ред. Н.В. Аладина и В.В. Хлебовича. – Л., 1989. – 142 с. (Тр. Зоол. ин-та АН СССР, т. 196).
- Благовидова, Л.А. Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири / Л.А. Благовидова // Гидробиологический журнал – 1973. – Т. 9, № 1.
- Руководство по гидрохимическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992.
- Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод / О.П. Оксик, В.Н. Жукинский, П.Н. Брагинский [и др.] // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 4.