

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О СОСТАВЕ ВОДНОЙ БИОТЫ В МЕСТЕ ИЗЛИВА РАССОЛА ИЗ ДРЕВНЕЙ СКВАЖИНЫ (ЯЙВИНСКИЙ ОСТРОЖЕК, Р. УСОЛКА, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Т.В. Фадеева, И.И. Чайковский, Е.П. Чиркова
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Получены первые данные о таксономическом составе биоты в месте излива высокоминерализованной воды из древней рассолоподъемной скважины на территории северо-востока Пермского края. В результате исследования выявлены несколько таксонов диатомовых водорослей и беспозвоночных животных, составляющих ядро уникальной локальной биоты. Установлена толерантность к высокой солености некоторых видов диатомовых водорослей, которые доминируют в пресных водах региона. Наличие галофильных организмов свидетельствует об устоявшейся экосистеме со сравнительно низким видовым разнообразием.

Ключевые слова: диатомеи, *Ephydra riparia*, рассолоподъемная скважина, Яйвинский острожек.

В пределах таежной зоны Пермского края существуют локальные территории, которые находятся под влиянием аazonального природного фактора – высокоминерализованных подземных вод. К настоящему времени частично исследованы биоты трех таких аazonальных локализаций в пределах территории соляной залежи – Дурнятская котловина, Яйвинский острожек и Людмилинская скважина [14, 15, 19]. Последние два местонахождения исторически имеют в качестве образующего фактора антропогенный – более чем 500 лет назад пробурены скважины на территории Яйвинского острожка и более 100 лет назад на территории Людмилинской скважины [6, 7]. Все локализации естественных и искусственных выходов соленых вод в пределах территории калийной залежи Верхнекамского месторождения несомненно представляют собой значительный интерес в плане исследований галотолерантных видов организмов и в свете вопросов сохранения биоразнообразия (видовой состав флоры и фауны, способность организмов выживать и завершать жизненный цикл в экстремальных условиях, возможности колонизации соленой среды и адаптации организмов к повышенной солености).

Материалом для данной работы послужила проба бентоса, взятая в ходе разведочных работ в месте излива рассола из древней скважины (№1) Яйвинского острожка (59° 8'23.80"С 57° 10'14.40"В) 19 сентября 2022 г. (рис. 1).

Органическое содержание панциря диатомовых водорослей удалялось при нагревании с перекисью водорода (30%). После нескольких промывок дистиллированной водой небольшое количество проб помещали на предметные стекла, которые затем высушивались и напылялись углеродом. Определение таксономической принадлежности диатомей выполнено с использованием сводок, определителей и атласов отечественных и зарубежных исследователей [8, 9, 17, 18 и др.]. Названия таксонов (табл.) соответствуют AlgaeBase [20]. Экологические и географические характеристики водорослей (табл.) приведены по данным Бариновой и др. [1]. Таксономическая принадлежность личинок беспозвоночных животных установлена по определителю [10]. Видовое определение личинок и пупариев *Ephydra riparia* проведено по методикам [16, 21].

Микрофотографии диатомовых водорослей и беспозвоночных животных получены с помощью стереомикроскопа Stemi 508 (Zeiss) с универсальной цветной цифровой камерой Zeiss AxioCam 208 и сканирующего электронного микроскопа VEGA 3 LMN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments INCA Energy 250/X-max 20 (Tescan).



Рис. 1. Расположение древней рассолоподъемной скважины № 1 Яйвинского острожка, Пермский край

В районе излива из скважины зафиксирована высокая минерализация воды 34,4 г/л при температуре 6°C (внешняя температура 13°C). По химическому составу вода классифицирована как хлоридно-натриевая.

По предварительным данным установлено девять таксонов диатомовых водорослей разных категории галобности (рис. 2, табл.). В сообществе доминируют *Navicula capitatoradiata*, *Navicula kefvingensis*, *Tabularia affinis* var. *acuminata*. Первый вид (*Navicula capitatoradiata*) многочисленен в водах Камского водохранилища, реки Сылва и в водах с антропогенным загрязнением реки Китенка [2, 3, 11, 13]. Обнаружение этого вида в водах в местах изливов рассолов из Людмилинской скважины (минерализация в 2020 г. 8,95 г/л) и исследуемой скважины Яйвинского острожка, а также в водных объектах солеотвалов вблизи городов Соликамск и Березники [12] свидетельствует о его приспособленности к очень широкому спектру водной минерализации. Аналогичный вывод можно сделать и о степени экологической пластичности *Navicula kefvingensis*, которая обитает в Камском и Воткинском водохранилищах [2, 4] и в районе Людмилинской скважины [19]. *Cocconeis placentula*, доминирующая в пресных водах Камского и Воткинского водохранилищ, рек Чусовой и Сылва [2, 4, 6, 11, 13] в исследуемой пробе обнаружена в единичном количестве.

Surirella striatula на территории Пермского края ранее была обнаружена только в месте излива Людмилинской скважины [19]. Распространение этого вида зафиксировано в соленых континентальных водоемах и прибрежных участках морей [8].

Впервые для региона зафиксировано обитание *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*, вида, характерного для морей и солоноватоводных водоемов [9]. В исследуемой пробе также обнаружены солоноватоводные виды рода *Halamphora*, предварительно отнесенные к *Halamphora coffeiformis* и к *Halamphora holsatica* по ряду признаков [24, 25]. Одна из вариаций *Halamphora coffeiformis* обнаружена в водоемах г. Соликамска [8].

Таблица

Видовой состав диатомовых водорослей бентосной пробы в районе разлива из скважины № 1 (Яйвинский острожек, Пермский край) и их эколого-географические характеристики

Таксон/характеристика	1	2	3	4	5	6
Bacillariophyta						
Класс Bacillariophyceae						
Порядок Bacillariales						
Сем. Bacillariaceae						
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith 1853	-	-	-	mh	acf 7-8	k
Порядок Licmophorales						
Сем. Ulnariaceae						
<i>Tabularia affinis</i> var. <i>acuminata</i> (Grunow) Aboal 2003	B	-	-	mh	ind	k
Порядок Achnanthes						
Сем. Achnanthes						
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve 1895	B	-	-	hl	alf	k
Сем. Cocconeidaceae						
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	B	13-35	ind	hl	alf 5,5-9	k
Порядок Naviculales						
Сем. Amphipleuraceae						
<i>Halamphora</i> cf. <i>coffeiformis</i> (C.Agardh) Mereschowsky 1903	-	-	-	hl	-	-
<i>Halamphora</i> cf. <i>holsatica</i> (Hustedt) Levkov 2009	-	-	-	hl	-	-
Сем. Naviculaceae						
<i>Navicula capitatoradiata</i> H.Germain ex Gasse 1986	B	-	-	i	alf	k
<i>Navicula kefvingensis</i> (Ehrenberg) Kützing 1844	B	-	-	mh		k
Порядок Surirellales						
Сем. Surirellaceae						
<i>Surirella striatula</i> Turpin 1828	-	-	-	hl	-	

1 - местообитание (B - бентос);

2 - температура (C°);

3 - реофильность (ind - индифферентный);

4 - соленость (hl - галофильный, mh – мезогалофильный, i – индифферентный);

5 - pH (alf – алкалофильный, acf - ацидофильный, ind - индифферентный);

6 - географическое положение (k - космополит)

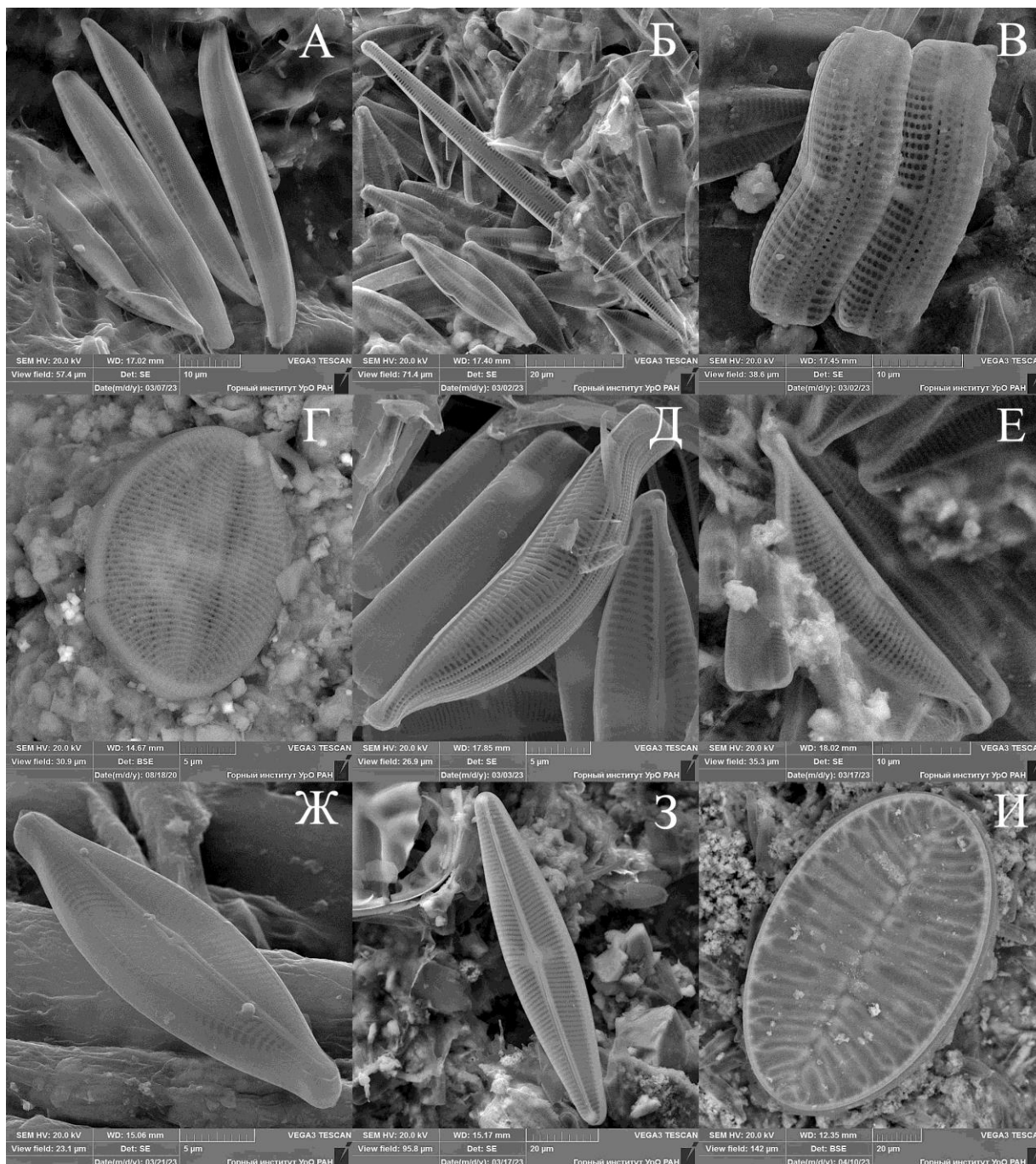


Рис. 2. Диатомовые водоросли. Скважина № 1. Яйвинский острожек, Пермский край.

А – *Nitzschia sigma*; Б – *Tabularia affinis* var. *acuminata*; В – *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*;
 Г – *Cocconeis placentula*; Д – *Halamphora* cf. *coffeiformis*; Е – *Halamphora* cf. *holsatica*;
 Ж – *Navicula capitatoradiata*; З – *Navicula kefvingsensis*; И – *Surirella striatula*

Среди беспозвоночных животных в исследуемой пробе зафиксированы представители отряда двукрылых (Diptera) и моллюски (Vertiginidae, Valloniidae). Обнаружены личинки третьего возраста и пупарии мух-береговушек *Ephydra riparia* (Ephydriidae) (рис. 3). Узор дорсальных чешуек соответствует данному виду (рис. 2, В, Г). Вид широко распространен [22], на территории Пермского края зафиксирован впервые. Виды рода *Ephydra* размножаются на разлагающихся соленых водорослях на морских берегах или в соленых континентальных водах [21]. В пробе многочисленны личинки мокрецов (Ceratopogonidae).

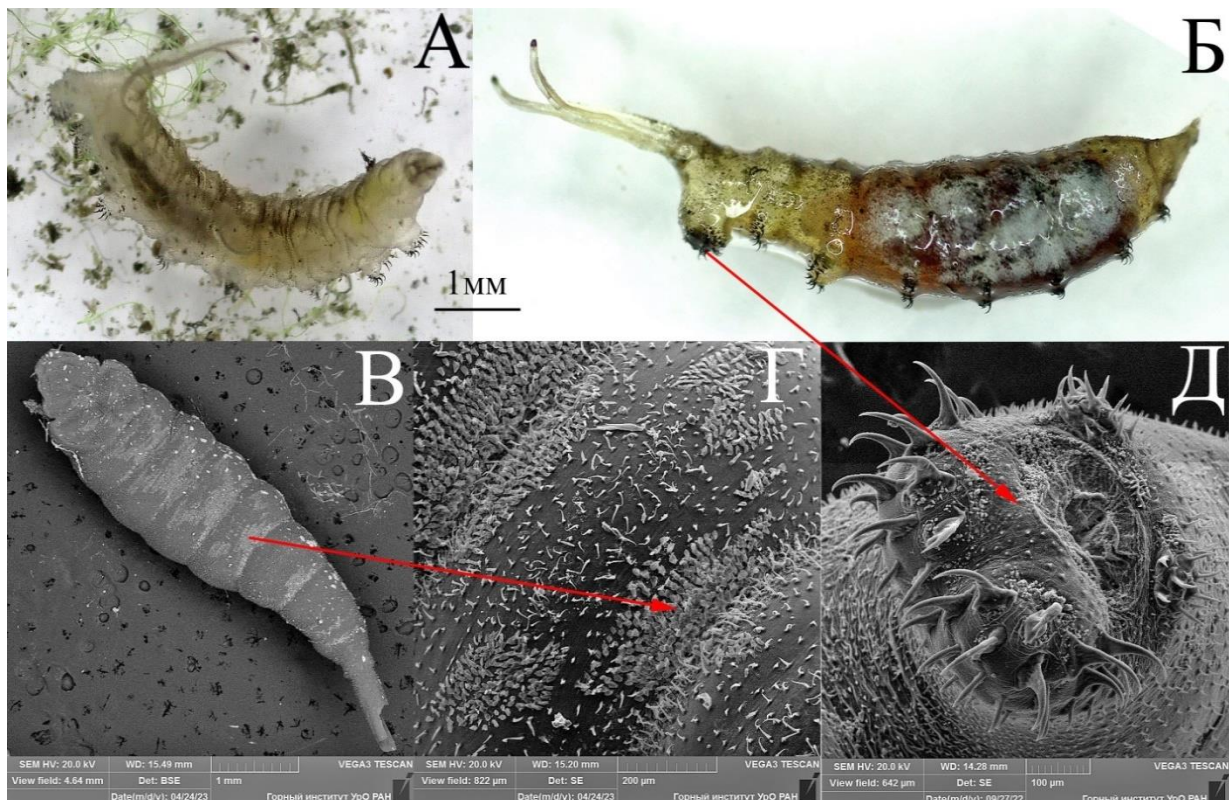


Рис. 3. Муха-береговушка *Ephydra riparia*. Сквжина № 1. Яйвинский острожек, Пермский край. А – личинка третьей стадии развития; Б – пупарий, вид сбоку; В – пупарий, дорсальная сторона; Г – пупарий, пятый брюшной сегмент с плоскими пигментированными чешуйками, образующими видоспецифичный узор; Д – пупарий, анальное отверстие и ложные ножки

Таким образом, в исследуемой бентосной пробе обнаружены организмы, способные выживать в экстремальных условиях, что предполагает у них наличие механизмов толерантности к высокой минерализации для компенсации осмотического и ионного стресса. В сообществе диатомовых водорослей доминируют широко распространенные в пресных водоемах Пермского края виды, что подтверждает гипотезу о способности диатомей адаптироваться к изменяющейся солености или высокой солености [23]. Данное местонахождение галофильных организмов представляет большой интерес, как в геологических, так и в экологических аспектах исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г. (рег. номер 122012000400-0)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М.: ВНИИ природы, 2000. – 150 с.: ил.
2. Беляева П.Г. Видовой состав и структура фитопланктона Камского водохранилища // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2013. – В.3. – С. 4-12.
3. Беляева П.Г. Структура фитопланктона Воткинского водохранилища в 2010-2016 гг. // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2017. – В. 3. – С. 257-262.
4. Беляева П.Г. Многолетняя динамика состава и распределения фитопланктона Воткинского водохранилища (бассейн Камы, Пермский край) // Ботанический журнал. – 2018. – № 3. – С. 297-312. – DOI: 10.1134/S000681361803002X.

5. Беляева П.Г. Аристова Р.А. Экологическое состояние р. Чусовая по эпилимнону и гидрохимическим показателям (в районе г. Чусовой) // Поволжский экологический журнал. – 2020. – № 3. – С. 259-270. – DOI: 10.35885/1684-7318-2020-3-259-270.
6. Богданов М.В. История солеварения Соликамска. – Соликамск, 2014. – 272 с.: ил.
7. Головчанский Г.П., Мельничук А.Ф. Строгановские городки, острожки, села. – Пермь : Кн. мир, 2005. – 229 с.: ил.
8. Определитель пресноводных водорослей СССР. В 14-ти вып. Диатомовые водоросли. / Забелина М.М. и др. – М.: Советская наука, 1951. – Вып. 4. – 618 с.: ил.
9. Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель пресноводных водорослей России. – Ярославль: Филигрань, 2016. – 804 с.
10. Мамаев Б.М. Определитель насекомых по личинкам. – М.: Просвещение, 1972. – 400 с.: ил.
11. Саралов А.И. Беляева П.Г. Оценка разнообразия цианобактерий и водорослей эпилимнона р. Сылвы (Пермский край) морфологическими и молекулярными методами // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Биология. – 2018. – № 1. – С. 97-104. – DOI: 10.17072/1994-9952-2018-1-97-104.
12. Сердюк В.А. Биоразнообразие водорослей в районах воздействия галитовых отходов Пермского края // Фундаментальные и прикладные исследования в биологии и экологии: материалы регион. студенч. науч. конф. с междунар. участием / ПГНИУ. – Пермь, 2020. – С.19-22.
13. Таусон А.О. Водные ресурсы Молотовской области. – Молотов: Молотовгиз, 1947. – 324 с.
14. Хайрулина Е.А., Новоселова Л.В., Порошина Н.В. Природные и антропогенные источники водорастворимых солей на территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей // Географический вестник. – 2017. – № 1 (40). – С.93-101. – DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-93-101.
15. Хайрулина Е.А., Митракова Н.В., Новоселова Л.В., Порошина Н.В. Трансформация почвенно-растительного покрова в результате влияния изливающихся древних рассолоподъемных скважин на территории Пермского края // Географический вестник. – 2021. – № 4 (59). – С. 113-129. – DOI: 10.17072/2079-7877-2021-4-113-129.
16. Яковлева Е.Ю., Наймарк Е.Б., Сивунова Д.Д., Кривошеина М.Г., Марков А.В. Морфология личинок мух-береговушек *Ephydra riparia* и *Paracoenia fumosa* (Diptera: Ephydriidae) и адаптация двукрылых к повышенной солености // Журнал общей биологии. – 2023. – Т. 84, № 3. – С. 177-194. – DOI: 10.31857/S0044459623030077.
17. Bellinger E.G., Sigeo D.C. Freshwater Algae. Identification, Enumeration, and Use as Bioindicators. – West Sussex: John Wiley & Sons, LTD., 2015. – 275 p.
18. Hartley B., Barber H.G., Carter J.R., Sims, P.A. An atlas of British diatoms. – Bristol: Biopress Ltd, 1996. – 601 p.
19. Fadeeva T., Chaikovskiy I., Chirkova E. The biota in the brine discharge area of Ludmilinskaya well (Solikamsk, Russia) // Mine water: Technological and Environmental challenges. Proceedings of International Mine Water Association conference 2019, 15-19 jule / Perm state University, Perm Federal Research Center of the Ural Branch of RAS. – Perm, 2019. – P. 656-659.
20. AlgaeBase. 1996 – 2023: сайт – Текст электронный. – URL: <https://www.algaebase.org>. (дата обращения 23.08.2023).
21. Krivosheina M.G. To the biology of flies of the genus *Ephydra* Fallén, 1810, with the descriptions of larvae of seven Palaearctic species (Diptera: Ephydriidae) // Russian Entomological Journal. – 2003. –V. 12. № 1. – P. 79-86.
22. Krivosheina M.G., Ozerov A.L. A review of the shore-fly genus *Ephydra* Fallén, 1810 (Diptera: Ephydriidae) of Russia // Russian Entomological Journal. – 2021. – V. 30, № 3. – P. 345-360.
23. Potapova M. Patterns of Diatom Distribution in Relation to Salinity // The Diatom World. – Dordrecht: Springer, 2011. – P. 313-332.
24. Sar E.A., Sala S.E., Hinz F., Sunesen I. Revision of *Amphora holsatica* (Bacillariophyceae) // European Journal of Phycology. – 2003. –V. 38. – P. 73-81.
25. Stepanek J.G., Kociolek J.P. Molecular phylogeny of the diatom genera *Amphora* and *Halamphora* (Bacillariophyta) with a focus on morphological and ecological evolution // Journal of Phycology. – 2019. – V. 55. – P. 442-456.