

К ОБЗОРУ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПРЕСНЫХ ВОДАХ, НА ПРИМЕРЕ МАКРОЗООБЕНТОСА

Т.А. Чужекова, С.П. Ковалишина

Украинский научный центр экологии моря,
Французский блв. 89, Одесса, 65009, Украина
e-mail: chuzhekova@gmail.com, svetakovalish@gmail.com

Изменение климата - одна из важнейших проблем современного мира, поскольку влияет на все аспекты цивилизации. Наличие пресной воды и состояние пресноводных водоемов наиболее актуально для засушливых зон, таких как Северо-Западное Причерноморье. По мере того, как температура продолжает расти и количество экстремальных гидрологических явлений (засух, наводнений, оползней) увеличивается, это в свою очередь негативно сказывается на биоразнообразии территорий [1, 2].

Европейское агентство окружающей среды в 2003г. предложило список из 38 абиотических, биотических и антропогенных индикаторов изменения климата. В 2019 году Алекс Шик с соавторами подготовили развернутую классификацию характеристик окружающей среды, которые следует учитывать при исследовании влияния изменения климата. В наиболее простом варианте (без учета молекулярных методов), к пресноводному макрозообентосу могут быть применимы следующие биологические индикаторы:

1) *Изменения численности видов*. Популяции живых организмов изменяются в ответ на ежегодные колебания погодных условий и более долгосрочное изменение климата, хотя в большинстве случаев будет очень трудно вывести связанные с климатом изменения из-за воздействия неклиматических факторов. Поэтому для актуального сравнения данных о современном состоянии сообществ требуется не менее двух лет сезонных наблюдений.

2) *Изменения структуры сообщества*. Связано с динамикой популяций отдельных видов и требует набора данных для каждого отдельно взятого региона. Тем не менее, ряд авторов из Европы и Северной Америки рекомендует следующие параметры:

- % Ephemeroptera-Plecoptera-Trichoptera (как в альфа-разнообразии, так и от численности в сообществе);

$$\frac{\%EPT \text{ (евритермные, тепловодные)}}{\%EPT \text{ (стенотермные, холодноводные)}}$$

- для анализа влияния собственно изменения температуры при наличии многолетних данных;
- разнообразие отрядов Coleoptera, Diptera, Odonata;
- % насекомых от общей численности;
- % первичноводных организмов;
- % Bivalvia/Gastropoda;
- % хищного макрозообентоса;
- % разгрызателей (личинки Tipulidae, Limnephelidae и т.д.);
- % соскребателей (большинство Ephemeroptera, Orthocladinae и т.д.);
- % стенобионтных видов.

Так же, по мнению некоторых исследователей, хорошую корреляцию с изменением температуры показали:

- Индекс Маргалефа;
- Биотический индекс Хильзенхоффа (Hilsenhoff Family-Level Biotic Index).

3) *Изменения в фенологии и продолжительности жизненного цикла.* В ряде исследований было показано укорачивание жизненного цикла и изменение сроков массового вылета амфибиотических насекомых. Исследования, проведенные в Великобритании и Австралии, рассматривают стрекоз как потенциальные виды-индикаторы климатических сдвигов, в том числе потому, что лёт крупных насекомых относительно легко отслеживать. Для ряда ледниковых водоемов и озер в высоких широтах было отмечено сокращение длины жизненных циклов у комаров-звонцов.

4) *Изменения в морфологии видов.* Среди водных организмов для анализа морфологических изменений хорошо подходят двусторчатые моллюски, поскольку они обладают длинным жизненным циклом и реагируют на ежегодные колебания температуры.

5) *Изменение ареалов.* Изменение температурного режима водоема может сделать его более доступным для проникновения чужеродных видов. По данным Михаила Сона с соавторами, в Черноморском регионе наблюдается тенденция проникновения всё большего числа тропических и субтропических экзотических видов, но большинство из них не переносят аномально холодные зимы, оставаясь только в различных искусственных водоемах, водоемах-охладителях. Биологические инвазии в бассейне Днестра связаны в основном с декоративными или преднамеренно интродуцированными видами, а также с видами, которые проникают сюда из вторичного ареала посредством естественного рассеивания. В настоящий момент достаточно высока встречаемость следующих видов-вселенцев: *Ferrissia californica* (Rowell, 1863), *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849), *Physella acuta* (Draparnaud, 1805), *Dreissena bugensis* Andrusov, 1897, *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1853). В связи с этим в бассейне Днестра не происходит быстрых изменений в чужеродных элементах сообщества под давлением массового внедрения большого количества новых видов. Поэтому он удобен в качестве модельного объекта для наблюдения долгосрочных изменений состояния чужеродного компонента из-за климатических изменений.

На основе анализа литературных данных можно предположить, что большинство перечисленных выше индикаторов смогут быть применимы к макрозообентосу реки Днестр. Однако, возникают сомнения по поводу применимости ЕРТ-индекса на нижних участках Днестра, поскольку в настоящее время и в исторической ретроспективе представители индикаторных таксонов были единичны.

Настоящая работа выполнена в рамках проекта BSB165 «Создание системы инновационного трансграничного мониторинга трансформации экосистем рек Черного моря под влиянием развития гидроэнергетики и изменения климата» - HydroEcoNex.

Библіографія

1. Dolédec S., Tilbian J., Bonada N. Temporal variability in taxonomic and trait compositions of invertebrate assemblages in two climatic regions with contrasting flow regimes // *Sci. Total Environ.* Elsevier B.V., 2017. T. 599-600. - P. 1912-1921.
2. Mulholland P.J. et al. Effects of climate change on freshwater ecosystems of the south-eastern United States and the Gulf Coast of Mexico // *Hydrol. Process.* 1997. T. 11, № 8. - P. 949-970.
3. Wilkins D., Wright K. Review of UK Climate Change Indicators // *Contract EPG 1/1/158.* Bush Estate, 2004. - 74 p.
4. Kristensen P. EEA core set of indicators: revised version April 2003 // *Tech. Rep.* . 2003. № April. - P. 79.
5. Schick A. et al. Classification of key ecological attributes and stresses of biodiversity for ecosystem-based conservation assessments and management // *Ecol. Complex.* Elsevier, 2019. T. 38, № February. - P. 98-111.
6. Lawrence J.E. et al. Long-term macroinvertebrate responses to climate change: Implications for biological assessment in mediterranean-climate streams // *J. North Am. Benthol. SoP.* 2010. T. 29, № 4. - P. 1424-1440.
7. Hering D. et al. Monitoring the Responses of Freshwater Ecosystems to Climate Change // *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems.* 2010. - P. 84-118.
8. Feld P.P.K. et al. WISER Deliverable D5.1-2: Driver-Pressure-Impact and Response- Recovery chains in European rivers : observed and predicted effects on BQEs. 2012. - P. 227.
9. Arkansas Aquatic Nuisance Species Management Plan. 2013. № August. - P. 1-266.
10. Langlois T.J. et al. Marine Sampling Field Manual for Benthic Stereo BRUVS (Baited Remote Underwater Videos) // *F. Manuals Mar. Sampl. to Monit. Aust. Waters.* 2018. № February. - P. 82-104.
11. Xiaocheng F. et al. Impacts of small hydropower plants on macroinvertebrate communities // *Acta Ecol. Sin.* 2008. T. 28, № 1. - P. 45-52.
12. Li F. et al. The response of benthic macroinvertebrate communities to climate change: Evidence from subtropical mountain streams in Central China // *Int. Rev. Hydrobiol.* 2012. T. 97, № 3. - P. 200-214.
13. Woznicki S.A. et al. Large-scale climate change vulnerability assessment of stream health // *Ecol. IndiP.* Elsevier Ltd, 2016. T. 69. - P. 578-594.
14. Hershkovitz Y. et al. A multi-trait approach for the identification and protection of European freshwater species that are potentially vulnerable to the impacts of climate change // *Ecol. IndiP.* Elsevier Ltd, 2015. T. 50. - P. 150-160.
15. Hamilton A.T., Stamp J.D., Bierwagen B.G. Vulnerability of biological metrics and multimetric indices to effects of climate change // *J. North Am. Benthol. SoP.* 2010. T. 29, № 4. - P. 1379-1396.
16. Hilsenhoff W.L. Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index // *J. North Am. Benthol. SoP.* 1988. T. 7, № 1. - P. 65-68.
17. Bush A. et al. Dragonflies: Climate canaries for river management? // *Divers. Distrib.* 2013. T. 19, № 1. - P. 86-97.
18. Brooks S.J., Birks H.J.B. The dynamics of Chironomidae (Insecta: Diptera) assemblages in response to environmental change during the past 700 years on Svalbard // *J. Paleolimnol.* Springer, 2004. T. 31, № 4. - P. 483-498.
19. Butler M.G. A 7-year life cycle for two Chironomus species in arctic Alaskan tundra ponds (Diptera: Chironomidae) // *Can. J. Zool.* NRC Research Press, 1982. T. 60, № 1. - P. 58-70.
20. Bolotov I.N. et al. Climate Warming as a Possible Trigger of Keystone Mussel Population Decline in Oligotrophic Rivers at the Continental Scale. 2018. № December 2017. - P. 1-9.
21. Steeves L.E. et al. Past , Present , and Future : Performance of Two Bivalve Species Under Changing Environmental Conditions. T. 5, № May 2018. - P. 1-14.
22. Alexander J.M., Edwards P.J. Limits to the niche and range margins of alien species // *Oikos.* 2010. T. 119, № 9. - P. 1377-1386.
23. Rabitsch W. et al. Invasive alien species indicators in Europe. A review of streamlining European biodiversity (SEBI) Indicator 10. 2012. № 15. - P.1-44
24. Сон М. О. Моллюски - вселенцы на території України : источники и направления инвазии // *Рос. журнал биол. инвазий* 2009. № 2. - С. 37-48

25. Семенченко В.П., Сон М.О., Новицкий Р.А., Квач Ю.В., Панов В.Е. Чужеродные макробеспозвоночные и рыбы в бассейне реки Днепр // Рос. журнал биол. инвазий 2014. № 4. - С. 76-96.
26. Насер М.Д., Сон М.О., Яссер А.Г. Оценка рисков инвазий водных беспозвоночных в реке Шатт-Эль-Араб. // Рос. журнал биол. инвазий 2011. № 1. - С. 77-85.
27. Жданова Г.А. и др. Экологическая оценка качества воды нижнего Днестра // Гидробиол. журн. 1995. Т. 31, № 6. - С. 22-34.
28. Ярошенко М.Ф. Гидрофауна Днестра - М. Изд-во АН СССР. 1957. - 168 с.
29. Чужекова Т.А., Ковалишина С.П. Некоторые данные об изменении структуры сообществ макрозообентоса нижней части реки Днестр // Hydropower impact on river ecosystem functioning, International conference. Tiraspol: Eco-TIRAS, 2019. - С. 358-360.
30. Сиренко Л.А. и др. Гидробиологический режим Днестра и его водоемов. - Киев, Наук. думка. 1992. - 347 с.