

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ КРАЕВЫХ СТРУКТУР БИОЦЕНОЗОВ

3-я Международная конференция



**2 – 4 октября 2012 года
Саратов**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова

«ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ КРАЕВЫХ СТРУКТУР БИОЦЕНОЗОВ»

Материалы 3-й Международной научной конференции

(Саратов, 2 – 4 октября 2012 г.)

Саратов
Издательство Саратовского университета
2012

кающих между биогеоценозами леса и открытых пространств. Продемонстрирована роль переходных зон между наземными биоценозами в сохранении биоразнообразия. Проанализировано влияние границ биоценозов на экологию популяций позвоночных животных. Показана роль экотонных в формировании фауны и таксоценозов птиц в условиях мегаполисов.

Организаторы конференции надеются, что статьи данного сборника могут оказаться полезными для широкого круга специалистов в области экологии, гидробиологии, ботаники, ландшафтоведения, а также для преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Выражаем искреннюю благодарность сотрудникам и администрации Национального исследовательского Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского за помощь в организации и проведении конференции.

Редакционная коллегия

РАНЖИРОВАНИЕ КРАЕВЫХ БИОТОПОВ ПО ИХ БИОЛОГИЧЕСКОМУ РАЗНООБРАЗИЮ НА ПРИМЕРЕ ЧЁРНОГО МОРЯ

Б. Г. Александров, Ю. П. Зайцев, А. Б. Зотов, А. Ю. Гончаров, А. В. Курилов

*Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины
Украина, 65011, Одесса, Пушкинская, 37
E-mail: alexandrov@paco.net*

На границе раздела фаз краевых сообществ происходит активизация физико-химических и биологических взаимодействий. С одной стороны, в краевых биотопах наблюдается максимальное биоразнообразие, с другой – сильнейший пресс антропогенных воздействий. Именно здесь формируются критические экологические зоны взаимодействий («горячие экологические точки»), мониторинг которых дает самое полное представление о состоянии морской экосистемы, темпах и тенденциях ее изменения.

В методологическом отношении изучение биологии и экологии краевых биотопов развивает и конкретизирует фундаментальные идеи В. И. Вернадского (Вернадский, 1987) об особом статусе граничных зон, которые предложено называть также контурными зонами (Zaitsev, 1980).

Относительно терминологии краевых биотопов, в литературе употребляются разные названия, причем случаются существенные расхождения, даже когда оперируют одним термином, например «контактные зоны». В геологической литературе контактными зонами называют места соединения горных пород, по большей части разного состава, происхождения и возраста без уточнения их конкретных размеров (БСЭ, 1973). При описании зоны контакта речных и морских вод в северо-западной части Черного моря уточняется ее ширина, составляющая несколько метров (Большаков, 1958). Однако К. А. Виноградов в монографии «Экологическая биогеография контактных зон моря» (1968) расширяет содержание термина «контактные зоны» до размеров северо-западного шельфа Черного моря. Это вполне справедливо, когда идет речь об интенсивности биологических и экологических процессов, если сравнивать с Черным морем в целом. Точно так же, как само Черное море является одной из контактных зон Мирового океана.

Однако краевой эффект (увеличение разнообразия и плотности поселения организмов) наиболее полно проявляется в пограничных биотопах, размеры которых выражаются в метрах и долях метра. Эти биотопы именуются контурами (Zaitsev, 1986), а именно: аэроконтур (граница море – атмосфера, толщиной до 5 см), литоконтур (граница море – каменистой берег, шириной 5 – 10 м), псаммоконтур (граница

ца море – песчаный берег шириной 10 – 20 м или дно, в последнем случае, площадь псаммоконтура равняется площади песчаного дна, потамоконтур (граница морских и речных водных масс, шириной до 5 м), пелоконтур (граница море – илистый берег или дно, как в случае псаммоконтура). Краевой эффект часто связывают с «эффектом опушки» – увеличением биологического разнообразия и количественного развития организмов в переходной зоне между двумя соседствующими климатическими сообществами, т.н. экотон (Дедо, 1990).

Открытие с помощью оригинальной методики морского нейстона на аэроконтуре пелагиали Черного моря (Зайцев, 1960) стимулировало такого рода исследования в других краевых биотопах моря. Это привело, в частности, к выявлению малоизвестных особенностей биологии и экологии организмов песчаных пляжей псаммоконтура (Воробьева и др., 1992) и к открытию жизнеспособных спор и цист аэробийонтных видов водорослей и грибов на пелоконтуре сероводородной батииали Черного моря (Зайцев и др., 2007).

Цель работы – дать количественную оценку сообществ организмов краевых биотопов, на основании чего произвести их ранжирование, как первый шаг по определению их значимости в функционировании водных экосистем; уточнить пространственное положение областей «сгущения жизни».

При анализе использованы результаты обработки 1183 проб морских грибов, одноклеточных водорослей, инфузорий, планктонных и бентосных беспозвоночных, отобранных в 5 контурных биотопах (аэроконтуре, потамоконтуре, пелоконтуре, литоконтуре и псаммоконтуре, включая песчаную супралитораль) северо-западной части Черного моря с 2001 по 2011 год.

Аэроконтур. Несмотря на изначальное мнение о формировании скоплений фитопланктона в тонком приповерхностном слое моря (Нестерова, 1969), только бактерии, беспозвоночные и рыбы являются основными компонентами биоценоза нейстона. Основной вклад в биомассу нейстона вносят зоопланктонные организмы. Обнаружено достоверное превышение концентрации животных (в 3 раза по численности и в 2 раза по биомассе) в слое 0 – 5 см по сравнению со слоем 5 – 25 см. Установлено, что средние значения зоонейстона выросли по сравнению с 1990 гг. и приблизились к значениям 1970 – 1980-х гг.

Потамоконтур был изучен на примере Придунайского взморья. Фито- и зоопланктон изучался в трех зонах трансформации речной воды в море, выделявшихся по солености: основная – $S < 10\text{‰}$, гидрофронтальная – $S = 10 - 12\text{‰}$ и заключительная – $S = 12 - 17\text{‰}$ (Большаков, 1970). Здесь было обнаружено 180 видов фито- (Нестерова, Теренько, 2007) и 99 видов зоопланктона. Максимальное число видов зоопланктона было обнаружено в основной зоне из-за более высокого разнообразия планктонных беспозвоночных пресноводного происхождения (из 99 зарегистрированных видов только 37 морских). Максимальная численность и биомасса зоопланктона зарегистрирована в заключительной зоне, минимальная – в гидрофронтальной. Различия в среднем достигали двукратного уровня. Распределение фитопланктона имело аналогичный характер (Нестерова, 2001). Таким образом, было уточнено положение зоны основной концентрации планктона, которая приходилась не на гидрофронт «река – море» шириной всего несколько метров, а на заключительную зону трансформации, измеряемую километрами (для Дуная 5 – 70 км).

Псаммоконтур. Данный биотоп, ввиду особенностей его пространственного распределения, был рассмотрен как контактная поверхность «берег – море» (песчаная супралитораль) и как граничная поверхность «дно – водная толща» (песчаная литораль).

Супралитораль по особенностям характера своей структуры как местообитания напоминает пелагиаль. Его население обитает в интерстициях (промежутках) между отдельными песчинками, заполненных водой, которая по капиллярным ходам поднимается из водоносного горизонта. Гранулометрический состав грунта ограничивает размеры обитающих здесь организмов до размеров планктона, не превышающих в основной массе длину более 1 мм. Грибы (25 видов) и одноклеточные водоросли (97 видов) представлены здесь главным образом жизнеспособными покоящимися стадиями развития (пропагулами, спорами и цистами). Численность пророщенных из спор микроводорослей достигала 600 тыс. кл.·см² (Гаркуша и др., 2012). Относительно постоянным и многочисленным компонентом (в зависимости от гранулометрии песка) являются инфузории (средняя численность 285 тыс. экз·л⁻¹, биомасса 690 мг·м⁻³). В большинстве случаев биомасса обитающих здесь беспозвоночных на порядок уступает их количеству, регистрируемому в море у самого берега на глубине до 20 см. Периодически в больших количествах регистрировались ногохвостки *Collembola*, достигавшие численности 245000 экз·м⁻³ и биомассы 15.5 г·м⁻³. Максимальное количественное развитие организмов в супралиторали отмечено на удалении 1.5 – 3 м от уреза воды в сторону берега. Возможно, именно с этим связано и резкое увеличение здесь содержания аммонийного азота, как индикатора обмена животных, в поровой воде (до 800 мкг·дм⁻³) в несколько раз превышающего его концентрацию по сравнению со смежными участками. С дальнейшим удалением от уреза на 10 – 15 м численность и биомасса организмов интерстициали песков резко сокращаются.

Песчаная литораль включает представителей грибов, растительного и животного мира, однако по своей биомассе здесь доминируют донные беспозвоночные. По мере удаления от берега в сторону моря количественные показатели регистрируемых здесь организмов растут, достигая максимума на глубине 8 – 12 м, после чего постепенно снова снижаются. В среднем биомасса мейо- и макрозообентоса в 5 раз превышает значения, обнаруживаемые до и после этих глубин. Исключение составляют поселения мидий с максимумом на глубине более 16 м.

Пелоконтур был исследован как илистая литораль только на границе «дно – водная толща». Подобно песчаной литорали по своей биомассе здесь доминируют донные беспозвоночные. Максимальное видовое разнообразие (в среднем до 10 видов макрозообентоса на станции), численность и биомасса зарегистрирована на глубине 11 – 15 м. Здесь же зарегистрирована максимальная биомасса и выживаемость мидий. Интересно отметить, что на глубинах 12 – 20 м поток фосфора из донных отложений в водную толщу на порядок выше, чем в смежных зонах и достигает 2.4 мг Р·м⁻²·сут⁻¹. На глубине более 15 м регистрируется в 2 раза больше спор планктонных водорослей. Общая численность спор на илистой литорали существенно выше, чем на песчаной. Скорее всего, это объясняется их более высокой жизнеспособностью при прорастивании. В целом общее количественное развитие гидробионтов (донных беспозвоночных) на песчаной и илистой литорали сходно.

Литоконтур характеризуется максимальным количественным развитием гидробионтов, что обусловлено, скорее всего, эффектом контакта не двух, а трех фаз состояния вещества (твердой, жидкой и газообразной). При этом среди исследованных гидробионтов отмечались не только максимальная численность и биомасса организмов, но и их видовое разнообразие. Здесь зарегистрировано 45 видов морских грибов и 50 таксонов макрозообентоса. Особенностью пространственного распределения населения литоконтра является то, что максимальное число обнаруженных видов и их численность регистрируется у самой поверхности моря в горизонте 0 – 3 м, тогда как биомасса на глубине 4 – 10 м. В среднем биомасса была в 4.2 раза выше, чем в поверхностном слое. Скорее всего, это связано с волновым воздействием на обрастание, которое приводит к периодическому обрыву части формирующейся биомассы, образованной немногочисленными крупными моллюсками и ракообразными.

Для сопоставления и ранжирования исследованных биотопов на основании собранного материала был выполнен ряд осреднений их некоторых количественных характеристик. Учитывая то обстоятельство, что грибы и водоросли имеют ряд ограничений для развития в исследуемых биотопах, приоритет при расчете характеристик был отдан животным (таблица). Биотопы расположены в порядке возрастания средней биомассы беспозвоночных.

Количественные характеристики распределения беспозвоночных в краевых биотопах северо-западной части Черного моря**

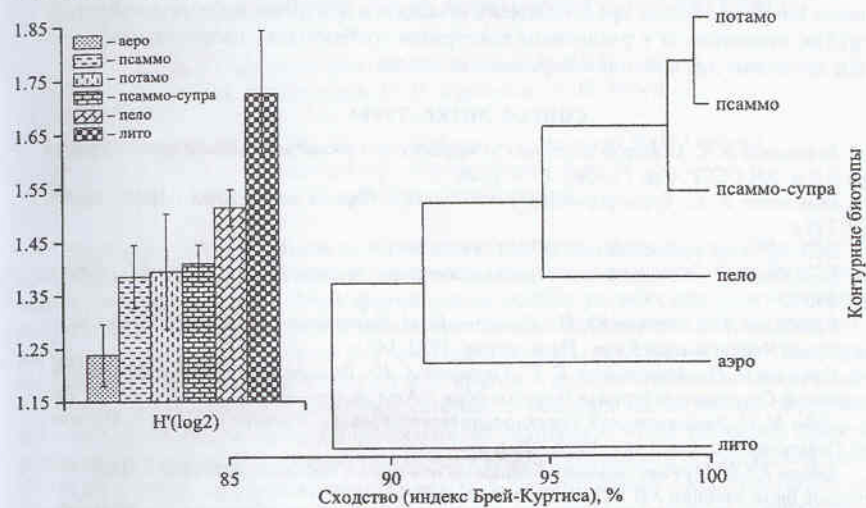
Краевой биотоп	Экологическая зона	Средняя биомасса, г·м ⁻³ (м ⁻²)	Средняя численность, экз·м ⁻³ (м ⁻²)	Общее число таксонов	Пространственное положение <i>max</i> концентрации организмов
Аэроконтур	Нейсталь	0.257	22057	38	¹ 0 – 5 см
Псаммоконтур	Супралитораль	0.289	9362	27	² 1 – 3 м
Потамоконтур	Пелагиаль	1.814	53850	99	³ 5 – 70 км
Пелоконтур	Батраль	*153 (1361)	9561	56	глубина 11 – 15 м
Псаммоконтур	Батраль	*196 (2585)	2249	51	⁴ глубина 8 – 12 м
Литоконтур	Батраль	14043	20290	49	глубина 3 – 7 м

Примечание. ** – Данные по: Сообщества..., 2011; * – в скобках данные для поселений мидии; ¹от поверхности воды; ²от уреза воды в сторону суши; ³от края дельты в сторону моря, заключительная зона трансформации речной воды в море ($S = 12 - 17\%$); ⁴для поселений мидии глубина > 16 м.

Для ранжирования исследованных биотопов были проанализированы возможности наиболее используемых индексов биоразнообразия (ИБР): Маргалефа, Симпсона, Шеннона, J , $\Delta+$, $s\Delta+$, $L+$, $\Lambda+$, $\Phi+$, $s\Phi+$. Для отбора наиболее информативных из них часть индексов была отбракована после нормирования и сопоставления вкладов в показатели сходства и отличия отдельных станций, районов и съемок в пакете статистической обработки биологических данных PRIMER®. Наилучшим показателем сходства оказался $\Delta+$, а отличия – индекс Шеннона, определяемый по численности гидробионтов. Для оценки уровня изменчивости инте-

гральных индексов использовался критерий Фишера с уровнем погрешности 5%. Сравнительные оценки проводились для используемых ИБР по индексу Брей-Куртиса.

Биоразнообразие контурных биотопов распределилось в следующем порядке возрастания: аэроконтур, комплекс псаммоконтура, псаммоконтура супралитораля и потамоконтра, пелоконтур и литоконтур (рисунок).



Распределение биоразнообразия краевых биотопов в соответствии с индексами Шеннона ($H'(log2)$) и Брей-Куртиса

Данное ранжирование соответствует современным представлениям о формировании биоразнообразия. Наиболее важные условия, определяющие этот процесс – биотопическое разнообразие и интенсивность биогеохимических процессов, значительно различаются в краевых биотопах. Так, разнообразие экологических ниш и интенсивность гидрологических процессов, определяющих перенос вещества и энергии, максимальны в литоконтуре и снижаются в более стабильном биотопе песка и ила и «биотопически однородном» аэроконтуре.

Помимо условий обитания, одной из возможных причин различий биоразнообразия исследуемых контурных биотопов могут быть отличия сообществ населяющих их организмов, относящихся к разным группам. Биологическое разнообразие сообществ гидробионтов закономерно связано с особенностями их структурной организации и, соответственно, различной функциональной ролью в экосистеме. Так, общее количество видов, выявленное для различных сообществ северо-западной части Черного моря, значительно отличается, возрастая в ряду: грибы – 76 видов, мейобентос – 255, макрозообентос – 428, фитопланктон – 663 вида (Северо-западная часть..., 2006). Изменяется и потенциальная способность видов к форми-

рованию обилия общей плотности при различных условиях в соответствии с принципом Олли (Одум, 1986). Следовательно, контурные биотопы, населенные сообществами гидробионтов, могут различаться в соответствии с их неодинаковым вкладом в биоразнообразие, которое определяется особенностями среды обитания. В пользу данного предположения свидетельствует достоверная изменчивость биоразнообразия сообществ как в целом, так и в рамках контурных биотопов. Изменчивость биоразнообразия представителей сообществ мейобентоса, макрозообентоса и грибов, относящихся к различным контурным сообществам, напротив, статистически незначима для всех анализируемых индексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Большаков В. С. О контакте речных и морских вод в северо-западной части Черного моря // Изв. АН СССР. Сер. Геофиз. 1958. Вып. 4.
- Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев : Наук. думка, 1970. 328 с.
- БСЭ. М. : Сов. энциклопедия, 1973. Т. 13. С. 59.
- Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М. : Наука, 1987. 340 с.
- Воробьева Л. В., Зайцев Ю. П., Кулакова И. И. Интерстициальная мейофауна песчаных пляжей Черного моря. Киев : Наук. думка, 1992. 144 с.
- Гаркуша О. П., Александров Б. Г., Гончаров А. Ю. Водоросли супралиторали песчаных пляжей Одесского побережья Черного моря // Альгология. 2012. Т. 22, № 1. С. 70 – 83.
- Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев : Гл. ред. Молдавской Советской энциклопедии, 1990. 408 с.
- Зайцев Ю. П. О существовании биоценоза нейстона в морской пелагиали // Науч. зап. Одесской биол. станции АН УССР. 1960. Вып. 2. С. 37 – 42.
- Зайцев Ю. П., Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Александров Б. Г., Гаркуша О. П., Копытина Н. И., Курилов А. В., Нестерова Д. А., Нидзвецкая Л. М., Никонова С. Е., Поликарпов И. Г., Поповичев В. Н., Руснак Е. М., Стокозов Н. А., Теплинская Н. Г., Теренько Л. М. Средоточие останков оксифибринов и банк живых спор высших грибов и диатомовых в донных отложениях сероводородной батииали Черного моря // Доповіді НАН України. 2007. Вып. 7. С. 159 – 164.
- Нестерова Д. А. Изучение роли микрофитов в нейстонном комплексе организмов // Биологические проблемы океанографии южных морей. Киев : Наук. думка, 1969. С. 108 – 110.
- Нестерова Д. А. Районирование северо-западной части Черного моря по составу фитопланктона // Экология моря. 2001. Вып. 55. С. 23 – 27.
- Нестерова Д. А., Теренько Л. М. Видовое разнообразие фитопланктона в зоне прямого влияния вод Дуная // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2007. Вып. 15. С. 541 – 555.
- Одум Ю. Экология : в 2 т. М. : Мир, 1986. Т. 2. 376 с.
- Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев : Наук. думка, 2006. 701 с.
- Сообщества краевых биотопов Черного моря : современное состояние, прогноз изменчивости, рекомендации по их охране и восстановлению / Одесский филиал Ин-та биологии южных морей НАН Украины. – Отчёт по научно-исследовательской работе / № Государственной регистрации: 0107V006790. 2011. 244 с. (на укр. языке).
- Экологическая биогеография контактных зон моря. Киев : Наук. думка, 1968. 160 с.

- Zaitsev Yu. P. Contour Communities of Seas and Oceans // Travaux du Museum d'Histoire Naturelle Grigore Antipa, Bucaresti. 1980. Vol. 22. P. 421 – 426.
- Zaitsev Yu. P. Contourbionts in Ocean Monitoring // Environmental Monitoring and Assessment. Dordrecht : Riedel Publ. Company, 1986. P. 31 – 38.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СУПРАЛИТОРАЛИ ПЕСЧАНЫХ ПЛЯЖЕЙ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Б. Г. Александров, Ю. П. Зайцев, А. Ю. Гончаров,
А. В. Курилов, О. П. Гаркуша, А. Б. Зотов

Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины
Украина, 65011, Одесса, Пушкінская, 37
E-mail: alexandrov@paco.net

Береговая зона водоемов, особенно зона заплеска, является местом контакта атмосферы, воды и суши. У линии уреза воды сходятся области нейстали, бентали и пелагиали (Зайцев, 2008). Здесь формируются особые условия для существования гидробионтов. С одной стороны, эта контактная зона подвергается целому ряду экстремальных воздействий, таких как приливы и отливы, волновая активность, перепады температуры, освещенности и т.д. С другой – сюда постоянно поступают минеральные и органические вещества, которые, сорбируясь на песчинках, задерживаются в прибрежной зоне. Гидрологическая активность воды песчаных пляжей имеет свои особенности, а сами интерстиции между песчинками представляют особое пространство для жизни организмов этой специфической зоны. Несмотря на важную роль супралиторали в жизни водных и наземных организмов, а также доступность данного биотопа для исследований, по ряду причин он остается хуже изученным, по сравнению с другими экологическими зонами морей и океанов.

Комплексные исследования условий жизни и обитателей супралиторали песчаных пляжей были проведены в период 2006 – 2011 гг. Географически объекты исследований включали пляжи Одесского залива разного гранулометрического состава и времени формирования (отсыпки), песчаные пересыпи северо-западной части Черного моря в районах Будаковского, Днестровского, Большого Аджалыкского лиманов, лимана Бурнас, р. Барабой, а также в Азово-Сивашском районе (Азовское море, Утлюкский лиман, Центральный и Восточный Сиваш).

Отбор проб производился в морской или лиманной воде на урезе. Помимо этого, пробы воды и песка брались в шурфах до глубины водоносного слоя на различном удалении от уреза (рисунок).

Исследовались гидрофизические и гидрохимические характеристики, включая содержание минеральных и органических форм биогенных элементов, общего органического вещества, а также численность бактерий, видовой и количественный состав микроводорослей, грибов, микрозообентоса, мейобентоса и беспозвоночных интерстициальных вод. Также учитывалось количество цист и спор одноклеточных водорослей путем их проращивания в лаборатории.