

опубликовала исследование «Образовательные экосистемы: возникающая практика для будущего образования». Авторы пришли к выводу, что в модернизации существующей системы образования ведущую роль должны сыграть экосистемы. Это будет партнерство различных организаций, например, вузов с компаниями-работодателями, с одной стороны, и школами для привлечения абитуриентов, с другой. Именно такой подход позволит вузам в условиях автоматизации рынка труда, растущей скорости обновления информации, цифровизации знаний и технологий обучения готовить специалистов нового уровня.

С этой точки зрения новую сетевую магистерскую программу по ядерной и радиационной безопасности можно рассматривать как шаг к экосистемному подходу в образовании, поскольку в консорциум университетов включены компании-работодатели (ГНТУ «Центр по ядерной и радиационной безопасности», Объединенный Институт ядерных исследований «Сосны», Технопарк «Полесье» и др.). Однако поскольку в рамках проекта они играют пока роль только ассоциативных членов в будущем целесообразно усилить их участие в процессе подготовки специалистов данной программы магистерского образования.

T. A. Savitskaya¹, I. M. Kimlenka¹, S. V. Vaschenka¹, D. Mostacci², S. Compagno²

NEW NETWORK MASTER PROGRAM FOR NUCLEAR AND RADIATION SAFETY AS A STEP TOWARDS AN ECOSYSTEM APPROACH IN EDUCATION

¹*Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus,
savitskayaTA@bsu.by*

²*University of Bologna,
Bologna, Italy,
domiziano_mostacci@unibo.it*

Abstract. The article discusses the stages of creating a new network master's program in nuclear and radiation safety in the Republic of Belarus, taking into account the requirements of the IAEA and the updated Education Code, its features, as well as the issues that arose during its creation, and ways to solve them.

Keywords: Master program, Nuclear and Radiation Safety, University Networking, RADIUM project.

УДК 579. 68

Н. А. СИДОРОВА, А. А. КУЧКО, Н. А. ЧЕЧКОВА

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ГЕТЕРОТРОФНЫХ СООБЩЕСТВ ПРОКАРИОТ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ

*ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»,
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Российская Федерация,
fagafon@yandex.ru*

Для мониторинга окружающей среды в зоне накопления донных отложений на акватории рыбохозяйственных водоёмов выполнена оценка морфологического состава гетеротрофных групп прокариот. Обнаружено присутствие актиномицетов, клостридий, бацилл, диплобактерий и кокков, соотношение которых в сообществе зависело от глубины залегания и фракционного состава донных отложений.

Ключевые слова: гетеротрофы, донные отложения, морфологическая структура сообщества, рыбохозяйственные водоемы.

При интенсивной эксплуатации естественных водоемов в целях рыборазведения возникает ряд экологических проблем, связанных с нагрузкой на водоем избытка органических загрязнителей аллохтонного и автохтонного происхождения, которые со временем приводят к образованию специфических донных отложений [6, 7]. Как правило, такие отложения характеризуется низкими значениями окислительно-восстановительного потенциала [9], высоким содержанием органики [10], накоплением соединений азота и фосфора [8]. Связанные с донными отложениями изменения физических и химических характеристик дна водоёма вызывают заметные изменения в структуре сообществ гидробионтов [11, 12], включая и микроорганизмы, от численности и видового обилия которых во многом зависит интенсивность минерализации органики [13]. Биохимическая активность микроорганизмов контролирует доступность соединений углерода, азота, фосфора и др. для представителей фитопланктона и бентоса. Уменьшение биоразнообразия микробных сообществ донных отложений, как правило приводит к снижению буферной емкости грунта [14] и деградации генетического фонда гидробионтов [1]. С целью комплексного исследования биологических свойств физиологически активных сообществ гетеротрофных групп прокариот, способных к минерализации органических веществ донных отложений рыбохозяйственных водоемов, выполнен первичный анализ морфологической структуры сообщества.

В качестве материала для исследования использованы донные отложения рыбохозяйственных водоемов, расположенных на территории Республики Карелии. Микробиологический анализ отобранных образцов выполняли в лабораторных условиях согласно Методики изучения биогеоценозов внутренних водоемов (1975). Выбор гетеротрофных сообществ прокариот для мониторинга окружающей среды в зоне накопления донных отложений на акватории деятельности предприятий по разведению рыбы аргументирован тем, что они легко культивируются на стандартных питательных средах мясопептонном агаре (МПА) и мясопептонном бульоне (МПБ) и являются хорошими индикаторами содержания органических веществ в водоеме. Посевы выполняли из десятикратных разведений донных отложений. Для этого на стерильном часовом стекле делали навеску донных отложений в количестве 100 мг, которую помещали в колбу со 100 мл стерильного физиологического раствора. После перемешивания из колбы отбирали 1 мл жидкости и переносили в пробирку с 9 мл стерильного физраствора и т. д. до десятого разведения. Из последних трех разведений выполняли посевы 1 мл жидкости «глубинным» способом на мясопептонный агар. Выбор температуры -22°C . и период культивирования – 48 ч связан с направленным выделением сапрофитов, как наиболее активных участников процесса самоочищения водоема [5]. Для морфологического типирования выделенных культур микроорганизмов использовали метод определения морфологии и тинкториальных свойств выделенных чистых культур бактерий с помощью окраски фиксированных препаратов по Граму. Для окрашивания использовали набор красителей: «Микро-ГРАМ-НИЦФ» (производства Научно-исследовательского центра фармакотерапии (НИЦФ), Россия), предназначенный для дифференциально-диагностической окраски микроорганизмов путем последовательной обработки мазка, взятого из биологического материала, компонентами набора: генцианвиолетом, основным фуксином, Люголем и 96° спиртом. При микроскопии оценивали присутствие бактерий с грамположительным типом клеточной стенки, окрашенных в темно-фиолетовый цвет генцианвиолетом и с грамотрицательным типом - окрашенных в красно-розовый цвет фуксином [Васильев и др., 2003]. Микроскопию выполняли с использованием иммерсионной техники при увеличении $\times 1000$ на биологическом микроскопе «Motic B1-220E-SP» (производство Китай), снабженном цифровой камерой «Moticam T» и программным обеспечением «Motic Images Plus 2. 0» (производство Китай) для вывода изображения наблюдаемого объекта на экран компьютера в режиме реального времени и документирования полученных результатов микроскопического исследования. Посевы гетеротрофных бактерий выполняли в трехкратной повторности. При статистической обработке данных вычисляли среднюю арифметическую. Для обработки полученных результатов использовали статистический модуль Excel 2010.

В результате выполненных исследований получено морфологическое описание гетеротрофной бактериофлоры 13 образцов донных отложений, отличающихся по глубине залегания, слою донных отложений и характеристикам фракций согласно ГОСТ 17.1.2.04-77 С.11 «Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов» (таблица 1). Среди исследованных образцов донных отложений, минеральные фракции в виде среднего песка с размером частиц 0,25-0,50 мм и фрагментами органической фракции в виде мелкого детрита, установлены только для образцов, полученных с глубины залегания 20 метров. С увеличением глубины залегания отложений соответственно до 30 и 42 м, преобладали глинистые пылеватые минеральные фракции с размером частиц менее 0,05 мм при преобладании органических фракций в виде ила.

Таблица 1 – Характеристика исследованных образцов донных отложений

№. образца	Глубина залегания донных отложений, м	Слой донных отложений, см	Фракции, по ГОСТ 17.1.2.04-77С.11
1	20,0	0 – 4	минеральные фракции в виде среднего песка размером 0,25-0,50 мм и органические фракции в виде мелкого детрита
2		4 – 9	
3		9 – 14	
4	30,0	0 – 2	глинистые пылеватые минеральные фракции размером менее 0,05 мм с преобладанием органических фракций в виде ила
5		2 – 6	
6		6 – 10	
7		10 – 14	
8		14 – 21	
9	42,0	0 – 3	глинистые пылеватые минеральные фракции с размером менее 0,05 мм с преобладанием органических фракций в виде ила
10		2 – 7	
11		7 – 12	
12		12 – 17	
13		17 – 22	

По данным микробиологического анализа в составе гетеротрофного бактериопланктона донных отложений обнаружено присутствие 6 морфотипов прокариот. Это актиномицеты, кластридии, бациллы, диплобактерии, монобактерии и кокки, представленные, в основном, микрококками. Распределение доли морфотипов гетеротрофных сообществ прокариот в зависимости от глубины залегания и слоя донных отложений представлено на нормированных линейчатых диаграммах (рисунки 1-3), используемых для сравнения относительной доли вклада каждой морфологической группы прокариот в общую структуру сообщества. Независимо от размера слоя донных отложений, на 20 метровой глубине их залегания, минимальные значения установлены для диплобактерий. Их доля в общем составе исследуемых гетеротрофов изменялась от 4,2 % (образец 3) до 13,8 % (образец 2). К многочисленным морфотипам можно отнести представителей актиномицетов и бацилл, состав которых для актиномицетов соответствовал 29,5 % (образец 1), а для бацилл – 42,3 % (образец 3).

При увеличении глубины залегания донных отложений до 30 метров обнаружено изменение не только состава фракций донных отложений (таблица 1), но и соотношения доли разных морфотипов гетеротрофных бактерий в структуре сообщества (рисунок 2). При сохранении минимальных значений диплобактерий во всех слоях донных отложений от 1,7 % (образец 8) до 10,6 % (образец 4), увеличилась суммарная доля спорогенных культур в виде факультативно анаэробных бацилл и облигатно анаэробных кластридий – до 52,5 %. На 42-метровой глубине донных отложений доля кокков, монобактерий и диплобактерий во всех слоях отобранных проб снизилась до минимальных значений и изменялась от 0,4 % (кокки – образцы № № 9 и 13 и диплобактерии – образец № 10) до 2,3 % (диплобактерии - образец 11).

Доля бацилл, клостридий и актиномицетов оставалось стабильно высокой во всех образцах и варьировала от 26,4 % для клостридий в образце донных отложений № 11 до 37,8 % для бацилл в образце № 9.

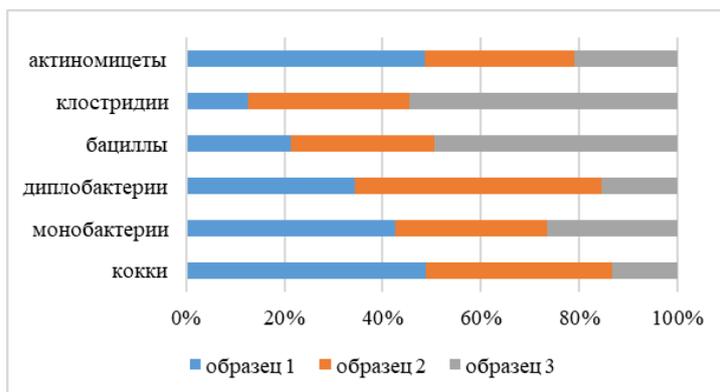


Рисунок 1 – Распределение доли морфотипов гетеротрофных сообществ прокариот на 20 метрах залегания донных отложений

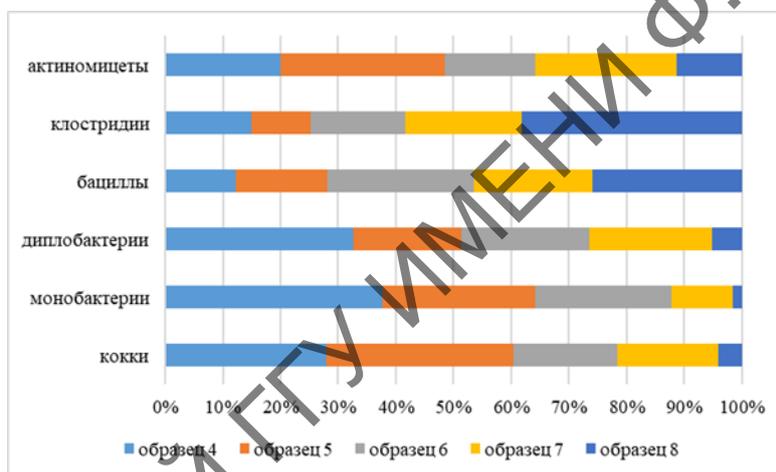


Рисунок 2 – Распределение доли морфотипов гетеротрофных сообществ прокариот на 30 метрах залегания донных отложений

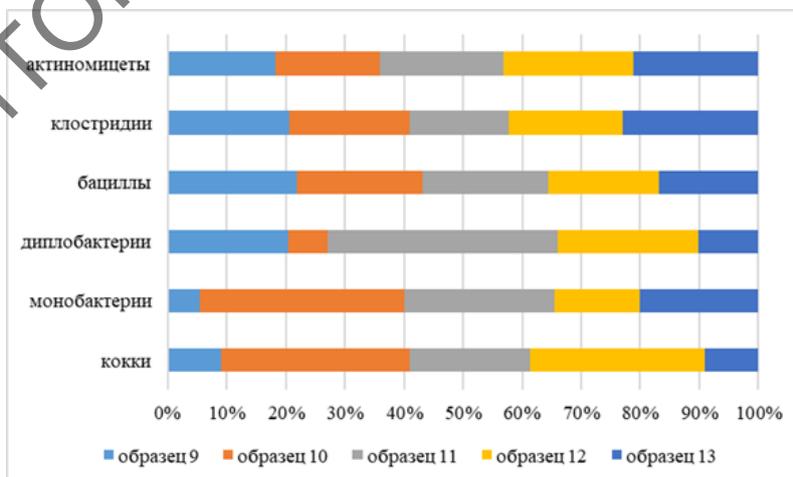


Рисунок 3 – Распределение доли морфотипов гетеротрофных сообществ прокариот на 42 метрах залегания донных отложений

Таким образом, на распределение гетеротрофных сообществ прокариот донных отложений рыбохозяйственных водоемов существенное влияние оказывает глубина залегания донных отложений и их фракционный состав. С увеличением глубины залегания отложений до 30 и 42 метров начинают доминировать спорогенные культуры и актиномицеты, которые активно участвуют в разложении большого спектра органических субстратов, включая высокомолекулярные вещества, которые формируются как интермедиаты микробного происхождения в процессе активной минерализации. Определение морфологического разнообразия микробных культур в составе донных отложений антропогенно измененных водоемов, может в дальнейшем послужить серьезным обоснованием для создания искусственных микробных сообществ, предназначенных для биodeградации органических загрязнителей различного происхождения.

Работа выполнена при поддержке гранта Главы Республики Карелия на 2022 год, проект №. КГРК-21/НЗ-12.

Список литературы

- 1 Влияние ртутного загрязнения на биоразнообразие гетеротрофных бактерий / С. А. Абдраштова [и др.] // Вісник Одеського нац. Університету, 2001. – №. 6, вип. 47. – С. 8–11.
- 2 Методы общей бактериологии : учебно-методическое пособие / Д. А. Васильев [и др.]. – Ульяновск : УлГСА, 2003. – 129 с.
- 3 ГОСТ 17. 1. 2. 04-77 С. 11 «Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов».
- 4 Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – Москва: Наука, 1975. – 239 с.
- 5 Образцова, А. М. Методы исследования окружающей среды с помощью микроорганизмов / А. М. Образцова, Н. А. Сидорова. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2014. – 82 с.
- 6 Angel, D. L. Benthic implications of the net cage aquaculture in the oligotrophic Gulf of Aqaba / D. L. Angel, P. Krost, H. Gordin. // Improving the knowledge base in modern aquaculture. Eur Aquacult Soc Spec Publ., 1995. – № 25. – P. 129–173.
- 7 Hall, POJ. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm / POJ. Hall, L. G. Anderson O. Holby, S. Kollberg, M. O. Samuelsson, // I Carbon Mar Ecol Prog Ser., 1990. – № 61. – P. 61–73.
- 8 Hall, POJ. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm / POJ. Hall., O. Holby, S. Kollberg, M. O. Samuelsson, // IV Nitrogen Mar Ecol Prog Ser., 1992. – № 89. – P. 81–91.
- 9 Hargrave, B. T. Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultured Atlantic salmon / B. T. Hargrave, D. E. Duplisea, E. Pfeiffer, D. J. Wildish, // Mar Ecol Prog Ser., 1993. – № 96. – P. 249–257.
- 10 Holmer, M. Impacts of aquaculture on surrounding sediments: generation of organic-rich sediments / M. Holmer, // Aquaculture and the environment. Eur Aquacult Soc Spec Publ., 1991. – № 16. – P. 155–175.
- 11 Pocklington, P. Polychaete response to different aquaculture activities / P. Pocklington, D. B. Scott, C. T. Schaffer, // Actes de la 4erne Conference Internationale des Polychetes Mem Mus Natn 'ist Nat., 1994. – № 162. – P. 511–520.
- 12 Weston, D. P. Quantitative examination of microbenthic community changes along an organic enrichment gradient / D. P. Weston // Mar Ecol Prog Ser., 1990. – № 61. – P. 233–244.
- 13 Wijsman, J. W. M. Early diagenetic processes in northwestern Black Sea sediments / J. W. M. Wijsman, // Proefschrift, Department of Ecosystem Studies Netherlands Institute of Ecology, 2001. – 119 p.
- 14 Grant, J. Resuspensions and stabilization of sediments with microbial biofilms: Implications for benthic-pelagic coupling / J. Grant, C. Emerson // Biostabilization of Sediments. Eds. W. E. Krumbein, D. M. Paterson, L. J. Stal. – Olgenburg, 1994. – P. 121–135.

N. A. Sidorova, A. A. Kucko, N. A. Chechkova

MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF HETEROTROPHIC COMMUNITIES OF PROKARYOTES OF BOTTOM SEDIMENTS OF FISHERY RESERVOIRS

*Petrozavodsk State University,
Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia,
fagafon@yandex.ru*

Abstract. The morphological composition of heterotrophic groups of prokaryotes was evaluated to monitor the environment in the zone of sediment accumulation in the water area of fishery reservoirs. The presence of actinomycetes, clostridium, bacilli, diplobacteria and cocci was detected, the ratio of which in the community depended on the depth of occurrence and the fractional composition of bottom sediments.

Keywords: heterotrophs, bottom sediments, morphological structure of the community, fishery reservoirs.

УДК 539. 16/. 17; 631. 51; 581. 19

Г. А. СОКОЛИК, М. В. ПОПЕНЯ, И. А. КОЛЬЦОВ, Е. А. КУХЛЕВСКИЙ

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСА ПОДВИЖНОГО И БИОЛОГИЧЕСКИ ДОСТУПНОГО ^{90}Sr В ПОЙМЕННОЙ ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ ВЛАЖНОСТИ

*Белорусский государственный университет,
Минск, Республика Беларусь,
sokolikga@mail.ru*

Методом последовательного химического фракционирования установлено содержание ^{90}Sr в подвижной и биологически доступной формах в образцах пойменной почвы заданной влажности (от 6 до 140 % от полной почвенной влагоемкости). Показано, что изменение влажности почвы влияет на содержание ^{90}Sr в формах, определяющих биологическую доступность этого элемента растениям.

Ключевые слова: химическое фракционирование, ^{90}Sr , формы нахождения, полная влагоемкость почвы, почва

В связи с аварией на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в формировании радиационного фона и радиоактивного загрязнения почв на территории Республики Беларусь значительная роль принадлежит ^{90}Sr . В шести загрязненных областях Беларуси площадь сельскохозяйственных земель с плотностью загрязнения по ^{90}Sr свыше 5. 55 кБк/м² составила 374. 9 тыс. га, а свыше 111 кБк/м² – 0. 07 тыс. га. При попадании в почву ^{90}Sr быстро вовлекался в протекающие там физико-химические процессы, происходило разрушение топливных частиц, выщелачивание ^{90}Sr в процессе их деструкции и дальнейшая трансформация его состояния [1].

Поглощение ^{90}Sr почвой связано со многими параллельно протекающими процессами. Сюда относится обменная сорбция радионуклидов минеральной и органической компонентами почвы, избирательная сорбция их глинистыми минералами и соосаждение с соединениями железа и марганца, а также поглощение клетками почвенной микробиоты. Все эти процессы зависят от условий внешней среды, таких как температура, влажность, кислотность почвенного раствора, емкость катионного обмена почвы. Отсюда понятно, что соотношение ^{90}Sr в формах нахождения, различающихся подвижностью, биологической доступностью в почвах с разными физико-химическими и агрохимическими свойствами может заметно различаться.