

Клоп-солдатик:  $R = 0,15*0,45+0,10*0,51+0,08*0,37+0,03*0,31+0,48*0,42+0,16*0,35 = 0,4150$

Клоп итальянский:

$R=0,15*0,25+0,10*0,14+0,08*0,06+0,03*0,26+0,48*0,11+0,16*0,20 = 0,1489$

Оса германская:  $R = 0,15*0,18+0,10*0,25+0,08*0,37+0,03*0,10+0,48*0,07+0,16*0,05 = 0,1262$

Клоп горчичный:  $R = 0,15*0,06+0,10*0,06+0,08*0,10+0,03*0,17+0,48*0,20+0,16*0,20 = 0,1561$

Клоп тощий:  $R = 0,15*0,06+0,10*0,05+0,08*0,10+0,03*0,17+0,48*0,20+0,16*0,20 = 0,1560$

Итоговые ранги свидетельствуют о том, что клоп-солдатик характеризуется наибольшим значением, далее расположились близкие к нему по биологическим особенностям клоп горчичный и клоп тощий, затем клоп итальянский. Наименьшие значения определены для осы германской.

Таким образом, по всем выбранным критериям из пяти исследованных видов клоп-солдатик наиболее соответствует требованиям к модельным объектам биоиндикации наземных экосистем.

### Список литературы

*Батлуцкая, И.В.* Экологический и морфологический анализ изменчивости меланизированного рисунка насекомых: Автореф. дис. доктор. ... биолог. наук / И.В. Батлуцкая. – Ульяновск, 2004. – 28 с.

*Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993 – 314 с.

*Саати, Т.* Аналитическое планирование / Т. Саати, К. Кернс – М.: Радио и связь, 1991 – 223 с.

УДК 576.859+628.394:622.323

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЕМОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

*Н.А. Лаптева, Д.Б. Косолапов*

п. Борок, Институт биологии внутренних вод РАН

*Л.Ф. Косолапова*

г. Тюмень, Тюменский государственный университет

Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция обеспечивает 2/3 годовой добычи нефти Российской Федерации. В процессе добычи, транспортировки и переработки нефти происходит значительное загрязнение водоемов этого региона. В результате этого ухудшаются физико-химические свойства воды, нарушаются природные круговороты элементов и трофические связи в сообществах гидробионтов. Трудно разлагаемые компоненты нефти накапливаются в донных отложениях, которые в определенных ситуациях могут являться источником вторичного загрязнения водоемов. Микроорганизмы способны окислять различные классы углеводородов нефти и вовлекать их в круговорот веществ, тем самым, играя главную роль в процессах самоочищения водоемов.

Цель работы – определить структур-

но-функциональные характеристики бактериальных сообществ рек и озер, подверженных влиянию нефтепромыслов. Исследования проводили на водоемах, расположенных в северных районах Тюменской области, в различной степени подверженных нефтяному загрязнению: неэксплуатируемых (условно фоновых), участках пробной эксплуатации (средней степени загрязнения) и на территории действующих нефтяных месторождений (загрязненных). Гидробиологические и микробиологические показатели определяли общепринятыми методами [Кузнецов, Дубинина, 1989].

В водоемах, расположенных на территории нефтяных месторождений, зарегистрировано увеличение концентрации ароматических углеводородов в водной толще и донных отложениях, а также возрастание общей минерализации воды по сравнению с

фоновыми величинами (0.014-1.33 мг/л воды, 0.8-35 мг/100 г сухого грунта и 47-52 мг/л воды, соответственно), т.е. условно фоновые водоемы также имеют повышенный углеводородный фон.

Первичная продукция фитопланктона в летний период в условно фоновых водоемах изменялась в пределах 8-53 мкг С/(л сут), а в водоемах средней степени загрязнения нефтепродуктами (1.1-3.2 мг/л воды, 5.4-96.5 мг/100 г сухого грунта) – 32-180 мкг С/(л сут) (рис. а). В хронически загрязненных водоемах (0.1-6.3 мг/л воды, 0.5-384.0 мг/100 г сухого грунта) фотосинтез фитопланктона был угнетен – его скорость составляла всего 3-18 мкг С/(л сут). Интенсивность деструкции органического вещества, обусловленная, в основном, деятельностью микроорганизмов, и продукция бактериопланктона в среднезагрязненных водоемах были в 3-5 раз выше, чем в фоновых и грязных водоемах (рис. б). Интенсивность деструкции ОВ была максимальной (до 683 мкг С/(л сут) в начале осени, когда происходило отмирание фитопланктона, и минимальной в период весеннего паводка. В загрязненных водоемах максимум деструкции наблюдался в июле. Изменения продукции бактериопланктона происходили синхронно с изменениями продукции фитопланктона (рис. в). Отношение продукции фитопланктона к деструкции ОВ условно фоновых водоемах составляло 0.22-0.45, в среднезагрязненных – 0.05-2.60, в грязных – 0.01-1.2, т.е. преобладание автотрофных процессов над гетеротрофными наблюдалось только в загрязненных водоемах в начале лета. В воде слабозагрязненных участков водоемов микроорганизмы разлагали добавленную нефть со скоростью 0.11-0.29 мг/(л сут), что вполне сравнимо с величинами потенциальной способности микроорганизмов к разложению нефти, полученными для Рыбинского водохранилища [Марголина, 1969].

Значения общей численности и биомассы бактериопланктона были в целом невысокими, характерными для малопродуктивных водоемов, и мало изменялись по сезонам. В загрязненных реках общая численность бактерий летом колебалась от 0.87 до 3.52 млн. кл/мл (в среднем, 1.31 млн. кл/мл),

осенью – от 0.78 до 1.20 млн.кл/мл (в среднем, 1.02 млн. кл/мл). В условно фоновых и среднезагрязненных водоемах этот показатель изменялся летом в пределах 0.42-0.63 и 0.40-1.44 млн. кл/мл, соответственно, а осенью при максимальной скорости деструкционных процессов достигал 1.8 млн. кл/мл. В озерах сезонные изменения биомассы бактериопланктона соответствовали изменениям численности. В реках планктонные бактерии имели малые размеры, и поэтому при высоких величинах численности регистрировались низкие величины биомассы.

Средние значения общего количества и биомассы бактериобентоса в фоновых водоемах составили 1.41 млрд. кл/мл и 1.12 мг С/мл, в умереннозагрязненных водоемах – 0.81 млрд. кл/мл и 0.60 мг С/мл, в грязных – 0.25 млрд. кл/мл и 0.18 мг С/мл, соответственно. Вероятно, низкие величины этих параметров в загрязненных донных осадках обусловлены накоплением в них наиболее токсичных компонентов нефти, такие как полициклические ароматические углеводороды и высокомолекулярные гетероциклические соединения.

В период максимального прогрева воды и интенсивной продукции фитопланктона удельная активность бактериопланктона, рассчитанная как отношение скорости темновой ассимиляции  $CO_2$  к биомассе, была наибольшей в водоемах средней степени загрязнения, где она достигала 1.75. В водоемах двух других групп этот показатель был гораздо ниже – 0.13-0.28. В июне и сентябре удельная активность бактерий была низкой во всех трех группах озер. Бактериопланктон проявлял наибольшую активность при низких показателях численности и биомассы в водоемах средней степени загрязнения. Микроорганизмы интенсифицируют свою деятельность в период поступления легкоокисляемых органических веществ, продуцируемых водорослями. Осенью, с уменьшением температуры и замедлением процессов фотосинтеза, численность и биомасса бактериопланктона увеличились, а его активность понизилась. Вероятно, в этот период в загрязненных водоемах для бактерий возрастает значение легкоокисляемой фракции нефти.

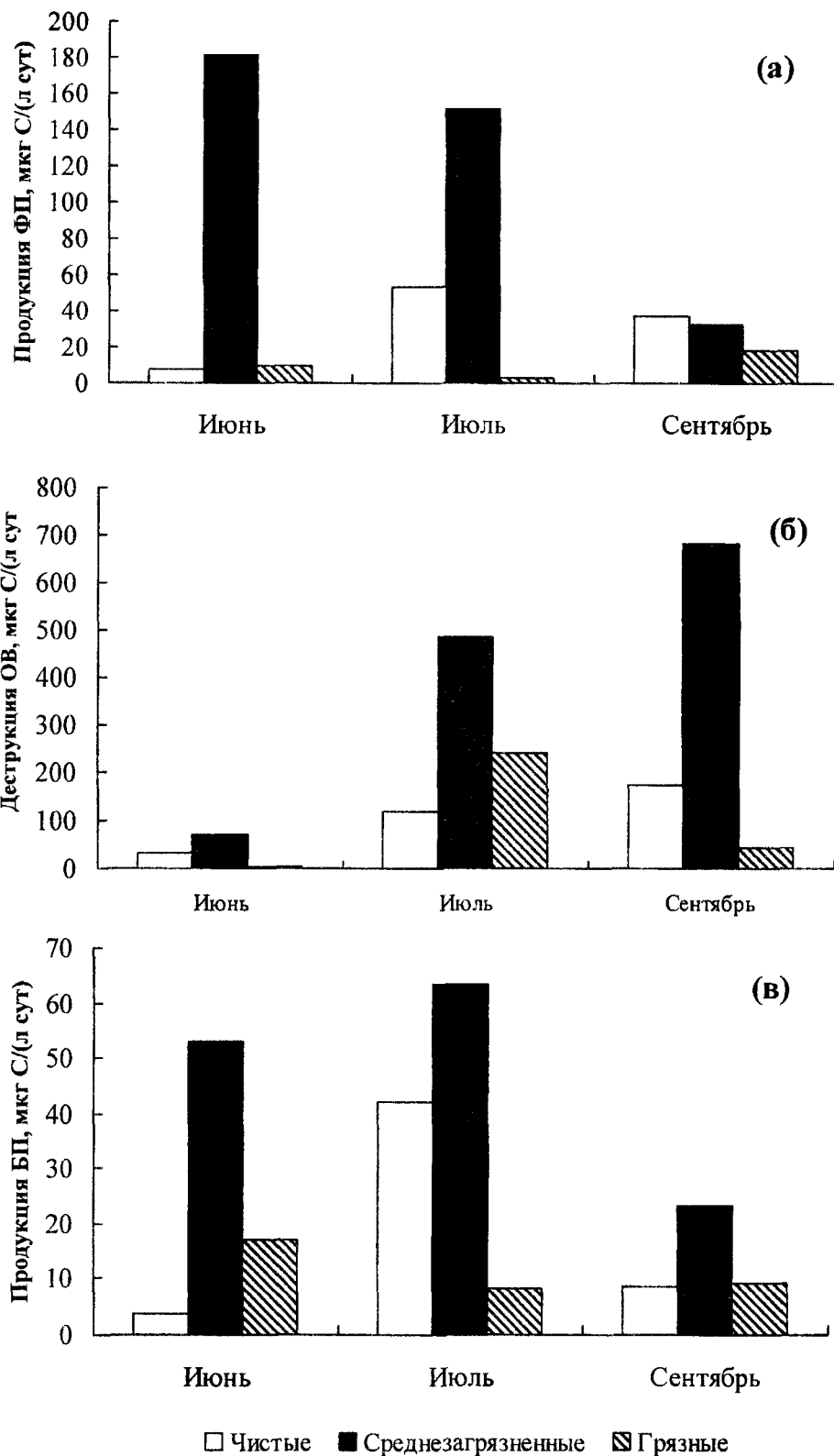


Рис. Скорости продукционно-деструкционных процессов в водоемах, подверженных нефтяному загрязнению.

В разложении нефти участвуют различные группы аэробных и анаэробных бактерий, включая углеводородокисляющих, сапрофитных, олиготрофных, суль-

фатредуцирующих. Количество углеводородокисляющих бактерий возрастало в загрязненных водоемах. Так если в фоновых водоемах оно составляло 10-100 кл/мл, то в

водоемах средней степени загрязнения – уже 1-100 тыс. кл/мл, а в грязных водоемах 10-100 тыс. кл/мл. Максимальные численности этих бактерий были зарегистрированы в водоемах средней степени загрязнения в начале лета, в грязных – в середине лета. Осенью их количество снижалось. Численность сапрофитных бактерий также возрастала в загрязняемых водоемах. В чистых водах она колебалась в пределах 20-100 кл/мл, водоемах средней степени загрязнения – 10-200 кл/мл, а в хронически загрязненных – 100-1800 кл/мл (с максимумом в период весеннего паводка). Численность олиготрофных бактерий была обычно выше в чистых водоемах по сравнению с загрязняемыми и составляла 0.3-8.0 тыс. кл/мл. В загрязняемых реках очень высокая численность олиготрофов была зарегистрирована только осенью – 0.1-100 тыс. кл/мл. В этот период их численность превышала численность углеводородокисляющих бактерий, хотя в остальные сезоны преобладали углеводородокисляющие. По-видимому, олиготрофы начинают доминировать в воде при низких концентрациях легкоокисляемых фракций нефти.

Осенью в донных отложениях загрязненных водоемов количество углеводородокисляющих бактерий колебалось в пределах 0.1-100 тыс. кл/г сырого ила. На чистых участках этот показатель был ниже и составлял 0.01-0.1 тыс. кл/г. Численность сапрофитов в донных осадках находилось в пределах 0.4-500 тыс. кл/мл и достоверно не различалась между фоновыми и загрязнен-

ными водоемами. По-видимому, в хронически загрязненных водоемах развитие бактериобентоса подавляется высокими концентрациями нефти. Количество сульфатредукторов в большинстве водоемов не превышало 10 кл/мл, по-видимому, из-за дефицита субстратов, сульфатов и биогенных элементов, характерного для экосистем северных водоемов. Только в донных осадках двух озер средней степени загрязнения численность сульфатредукторов резко возрастала до 10-500 тыс. кл/мл. Сульфатредукторы могут развиваться в условиях нефтяного загрязнения, используя в качестве субстратов различные компоненты нефти, в частности растворимые нафтеновые кислоты [Розанова, 1991].

Таким образом, наибольшее интенсивно процессы продукции и деструкции ОВ происходят в водоемах среднего уровня загрязнения. В хронически загрязненных водоемах функциональная активность микроорганизмов, а, следовательно, и процессы самоочищения, в значительной степени угнетены.

#### Список литературы

Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов // М.: Наука, 1989, 288 с.

Марголина Г.Л. Интенсивность процессов бактериального разрушения органических веществ в водохранилищах // Автореф. дис. к.б.н. М. 1969, 18 с.

Розанова Е.П. Микробиология и биогеохимия нефтяных месторождений // Автореф. дис. д.б.н. М. 1991, 23 с.

УДК 631.48+631.31 (470.51/.54)

## ТЕХНОГЕННОЕ ГЛЕЕОБРАЗОВАНИЕ В ГОРНО-ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

*В.С. Дедков, Ю.Г. Смирнов, С.Ю. Кайгородова*

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г.Екатеринбург

Элювиально-глеевый процесс, который развивается в исходно автоморфных почвах, как ответная реакция на антропогенное нарушение и загрязнение угодий, способствует мобилизации и элювиальной

миграции техногенных поллютантов, в составе которых много токсичных тяжелых металлов. Таким образом, происходит частичная разгрузка техногенных геохимических аномалий, сформировавшихся в зоне