



УДК 574.5.042 (282.247.418)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БАКТЕРИОЦЕНОЗА В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

© 2009. Ларцева Л.В., *Обухова О.В., Истелюева А.А.

Астраханский государственный университет

*Астраханский государственный технический университет

Многолетние исследования показали, что, как правило, в большинстве случаев микробный пейзаж гидробионтов полностью или частично повторяет таковой их окружающей среды. Таким образом, вышеприведенные данные свидетельствуют о значительной персистенции в гидроэкосистеме Волго-Каспийского бассейна условно-патогенной микрофлоры, обладающей значительной паразитогенностью и множественной антибиотикорезистентностью, а также об эпидемиологическом риске, который создает наличие таких бактерий.

Long-term sanitary-microbiological monitoring indicated persistence and domination of opportunistic bacteria of the families Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae and Vibrionaceae in water and among hydrobionts which is indicative of unsatisfactory sanitary characteristics of the species under study. Most of the isolated microflora showed various degrees of pathogenicity and multiple resistances to antibiotics. This is suggestive of epidemiological importance of isolated microorganisms.

Ключевые слова: гидроэкосистема, бактериофлора, эвтрофикация, р. Волга.

Keywords: hydroecosystem, bacterioflora, eutrophication Volga river

Гидроэкосистема р. Волги уже несколько десятилетий испытывает сильное антропогенное влияние, проявляющееся в загрязнении и эвтрофикации стока р. Волги, несмотря на значительное сокращение объемов промышленного производства. Кроме того, поднятие уровня Каспийского моря крайне негативно повлияло на изменение природно-социальных условий региона. Так, в зоне подтопления оказались четыре административных района Астраханской области с их разнообразными хозяйственно-бытовыми отходами. В связи с этим ухудшилась и будет ухудшаться санитарно-эпидемиологическая обстановка в дельте Волги; возрастет угроза распространения инфекционных и инвазионных заболеваний водного происхождения [13]. Между тем, известно, что вода и почва, загрязненные промышленными отходами, являются немаловажным фактором окружающей среды, способны вызывать различные патологические состояния, непосредственно или опосредованно.

Бактериофлора – обязательный структурный компонент водной экосистемы, формирование которой зависит от многообразных абиотических и биотических факторов, которые включают широкий спектр параметров и определяют общий фон их существования. Длительное антропогенное воздействие на водоем приводит к изменению адаптационных механизмов микрофлоры, повышению ее вирулентности, антибиотикорезистентности и появлению атипизма [3, 7]. Показано, что в условиях антропогенного фактора происходят значительные количественные и качественные изменения микрофлоры открытых водоемов, которые обуславливают уменьшение численности индикаторных и увеличение условно-патогенных бактерий. При этом в воде и различных гидробионтах последние могут персистировать длительное время, используя эти экологические ниши для передачи заразного начала, которое они теряют, попав в организм теплокровных. Следовательно, широкое распространение микрофлоры в гидроэкосистеме, доказанная патогенность многих видов для человека, свидетельствует об актуальности и информативной значимости микробиологических исследований гидроэкосистем, особенно в регионах с нарушенной экологией [1, 8, 12].



Общее количество мезофильных аэробных, анаэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – один из инструментов мониторинга, используемый для динамической оценки санитарно – экологического состояния изучаемых объектов, в частности, гидроэкосистемы [11].

При анализе многолетней динамики микробной обсемененности воды в местах рыбного промысла было установлено динамичное снижение этого показателя на порядок с 90-х по 2003-й гг., по сравнению с 80-ми гг. XX ст. Так в 1988-89 гг. КМАФАнМ воды колебался от $(6,0 \pm 1,2) \cdot 10^3$ до $(6,3 \pm 1,0) \cdot 10^4$ КОЕ/мл, достигая максимума с июля по август, во время межени. Кроме того отмечено, что микробная обсемененность воды у берега в районах тоневых участков на Главном банке, как правило, была на порядок выше ($P < 0,005$), чем на середине реки (от $4,9 \cdot 10^3$ до $3,5 \cdot 10^4$ и от $1,0 \cdot 10^2$ до $6,5 \cdot 10^3$ КОЕ/мл, соответственно). Это связано с большим прогревом воды и размывом береговых зон, загрязнением их хозяйственными стоками судов, баркасов, работающих на тоневых участках, рыбоприемниках и плавзаводах. В связи с этим, целесообразно на всех рыбоперерабатывающих и рыбоводных предприятиях, расположенных по берегам р. Волги и ее рукавов, обеззараживать воду, используемую при различных технологических процессах, а также проводить ее санитарно-микробиологический контроль.

Анализируя пространственное распределение микрофлоры, мы выделили участки, испытывающие постоянную антропогенную нагрузку. Наиболее загрязненной была верховая зона дельты, что привело к нарушению целостности экосистемы. Учитывая повышенное содержание гетеротрофной микрофлоры, низкие значения индекса трофности в течение всего вегетационного периода, исследуемые водотоки по степени загрязнения можно представить в виде убывающей последовательности: р. Волга > р. Ахтуба > р. Бузан > Гандуринский Банк > Главный Банк.

При этом следует отметить, что весенний пик численности бактериопланктона был наиболее ярко выражен на р.р. Волга и Бузан, а в дельте – на Главном банке, где проходит основной сток паводковых вод. Однако максимальные значения количества микрофлоры в летне-осенний периоды были отмечены на р. Ахтуба и Гандуринском банке, характеризующиеся низкой прозрачностью, высокой зарастаемостью водной растительностью и заиленностью дна, что способствовало интенсивному накоплению органического вещества и эвтрофикации данных водотоков.

Следовательно, устойчивая сезонная динамика структурных и функциональных показателей микробных популяций дельты р. Волги отражает сложившийся стабильный комплекс абиотических факторов, характерный для данной экосистемы. По нашим данным ухудшение качества вод в различные сезоны года обусловлено гидрологическим и гидрохимическим режимами, а также трофикой водоёма.

Известно, что для патогенных и условно-патогенных бактерий равнообязательны две среды обитания, одну из которых они используют для паразитирования (например, человека, животных), другую – в свободноживущих фазах жизни, в частности, в воде [9, 15]. Следует отметить, что качественный состав микрофлоры так же может быть показателем степени нарушения экологического равновесия микробактериоценоза гидроэкосистеме под влиянием техногенных воздействий, когда условно-патогенная микрофлора начинает превалировать над индикаторной. При этом в так называемых группах риска, т.е. у ослабленных людей этиологическое значение могут приобретать различные «оппортунистические» микробы. К группе последних могут быть отнесены многие энтеробактерии (цитробактеры, клебсиеллы, протеи, энтеробактеры, гафнии), аэромонады, вибрионы, псевдомонады, ацинетобактеры и др. [1, 4, 5].

Результаты многолетнего микробиологического мониторинга, проводимого в дельте Волги с 1983 г., показали доминирование в воде именно условно-патогенной микрофлоры над индикаторной, в частности, сальмонеллами, группой кишечных палочек (*E. Coli*). Так, в микробиоценозе водной экосистемы дельты Волги с 1983 по 2004гг. доминировали энтеробактерии (pp. *Citribacter* и *Proteus*), составляя в 80-е гг. $34,9 \pm 3,0\%$, а в 2003-04 гг. – $24,6 \pm 0,3\%$ проб. Обращает на себя внимание довольно редкая встречаемость в воде индикаторно-значимых *E. coli* – $4,6 \pm 0,8\%$ и *Salmonella* sp. – $3,1 \pm 0,4\%$ проб, что свидетельствует о продолжающемся антропогенном прес-



синге на водную экосистему дельты Волги, где условно-патогенные энтеробактерии преобладали над индикаторной.

Следующими по частоте встречаемости были аэромонады (сем. *Vibrionaceae*), в частности, *A. hydrophila*. В 80-е гг. они составляли $28,0 \pm 4,7\%$; в 2003-04 гг. – $20,4\%$ проб.

Из грамотрицательной неферментирующей микрофлоры в воде доминировали бактерии р. *Pseudomonas*. Так, в 80-е гг. псевдомонады составляли $11,9 \pm 0,8\%$, в 2003-04 гг. – $17,7 \pm 0,6\%$. Флавобактерии в 80-е гг. изолировались на уровне 2-3%, а в 2003-04 гг. – уже в $14,9 \pm 0,6\%$ проб.

Следовательно, анализ материала показал, что последние годы наметилась тенденция снижения в водной среде дельты Волги грамотрицательных высокоферментативных энтеробактерий и аэромонад, на фоне повышения неферментирующих псевдомонад и флавобактерий. При этом в 90-х гг. в удельном весе всей выделенной микрофлоры отмечен прогрессирующий рост грампозитивных бацилл, кокков, дрожжей и плесневых грибов, которые способны инициировать различные патологические процессы у людей и животных. Это явление, вероятно, связано с повышением уровня Каспийского моря и как следствие, подтоплением береговой зоны в дельте Волги.

Сезонная сукцессия характерна для большинства водоемов и является одним из важных показателей устойчивости микробного сообщества, а также степени его приспособленности к условиям его обитания, где лимитирующим является термический режим водоема. Именно он активизирует или подавляет рост микрофлоры, обуславливая ее сезонную динамику, с периодическим доминированием сменяющих друг друга популяций бактерий. Температура воды может характеризовать стабилизацию, рост и снижение ее микробной обсемененности и, следовательно, всех ее обитающих гидробионтов.

Так, доминирующие в анализируемом материале энтеробактерии достигали максимума в своем развитии летом и ранней осенью ($35,3 \pm 0,8\%$) проб. Симптоматично, что пик кишечных инфекций у людей в Астраханской области приходился именно на это же время [2]. Сезонная цикличность аэромонад связана, прежде всего, с эвтрофикацией водоема и природно-климатическим фактором, комплекс которых обуславливал изменение их численности. Максимум развития бактерий этого рода в воде был отмечен летом, достигая $23,5 \pm 0,6\%$ проб. Среди выделенных аэромонад преобладали штаммы *A. hydrophila* ($30,6 \pm 0,9\%$) проб в структуре рода. В нашем регионе аэромонадные инфекции людей, обусловленные *A. hydrophilla*, регистрировались в основном летом [1, 7]. Обращает на себя внимание яркая сезонная цикличность развития неферментирующих псевдомонад и флавобактерий с максимумом развития весной и осенью – это периоды промысла в дельте Волги. Грампозитивная флора – бациллы, кокки, а так же дрожжи и грибы несколько преобладали весной за счёт паводковых вод, насыщенных взвешенными веществами органического и неорганического происхождения, а также подтопления береговой зоны, влекущие за собой попадание почвенной флоры в водную экосистему. Антропогенный прессинг на окружающую среду приводит к изменению условий существования бактерий, активизируя их адаптационные механизмы, которые сопровождаются процессами изменчивости микробов. В первую очередь – это факторы патогенности, которые выполняют двойную функцию, обеспечивая выживание паразита, как в организме, так и во внешней среде [3]. Следовательно, изучение патогенных свойств бактерий, играющих роль адаптивных факторов – неотъемлемая часть микробиологических исследований.

Гемолитическая активность (феномен Канагава), т.е. способность микроорганизмов разрушать человеческие эритроциты – свидетельство эпидемиологической опасности бактерий для человека. В отличие от протеазы и лецитиназы, преобладающих у водных штаммов микроорганизмов, гемолитической активностью обладали выделенные из воды в $20,1 \pm 0,7$ случаев. Следовательно, независимо от происхождения культуры, микрофлора, персистирующая в водной экосистеме дельты Волги, представляет определённую эпидемиологическую опасность для человека.

Особую привлекательность как маркер патогенности имеет ДНК-активность аэромонад, поскольку подтверждена её близкая корреляция со способностью вызывать патологические процессы у человека [14]. Полученные нами результаты показали, что ДНК-активность у штаммов, выделенных из воды, обнаружена в $70,3 \pm 0,6\%$ случаев. Следовательно, миграция аэромонад по схеме вода – рыба – вода осуществляется по пищевым звеньям или в результате влияния биотических и



абиотических составляющих водной экосистемы. По-видимому, благодаря именно ДНКазе аэромонады способны эффективно адаптироваться к организму рыб, вступая с ними в различные симбиотические отношения.

Изучения антибиотикорезистентности микрофлоры является логическим завершением бактериологических исследований в области биологии, ветеринарии, медицины. Антибиотикорезистентность приобретает микроорганизмами в качестве защитного фактора от изменений окружающей среды, обусловленных техногенным прессом [10]. Наши исследования показали, что микрофлора, обсеменяющая воду, обладала множественной антибиотикорезистентностью. Выделенные микроорганизмы проявляли максимальную чувствительность к левомицетину $2,7 \pm 0,2$; затем – к тетрациклину $-9,7 \pm 0,4$; стрептомицину $-15,6 \pm 0,6$; фурадонину $-16,5 \pm 0,4$ и ампицилину $-79,5 \pm 0,6\%$ случаев. Минимальная чувствительность у всех бактерий была зарегистрирована к бензилпенициллину $-96,0 \pm 0,6\%$. Следовательно, наличие маркеров патогенности и антибиотикорезистентности у выделенных микроорганизмов свидетельствуют об их высоких адаптационных возможностях, что позволяет им длительно персистировать в объектах окружающей среды, т.е. в воде и гидробионтах.

Библиографический список

1. Бойко А.В., Погорелова Н.П. Влияние техногенных загрязнений на бактериальные сообщества водоемов // Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунологии. – 1998. №6 – С. 23-25.
2. Буркин В.С., Маринин И.Ю., Злобина Л.В. Новый взгляд на проблему кишечных инфекций в связи с повышением уровня моря // Тез. докл. Межд. конф. «Каспий – настоящее и будущее». – Астрахань, 1995. – С. 238-239.
3. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. – М.: Медицина, 1999. – 366 с.
4. Виноградова Л.А., Пархомчук Т.К. Комплексные санитарно-микробиологические критерии оценки качества водных объектов в условиях возрастающей антропогенной нагрузки // Гигиена и санитария. – 1991, №1. – С. 24-26.
5. Голубева И.В., Килессо В.А., Кисилева Б.С. Энтеробактерии. – М.: Медицина, 1985. – 321.
6. Жилкин А.А., Курьянова Н.Н. Экология и здоровье населения Астраханской области // М.: Изд-во «Современные тетради», 2005. – С. 532-538.
7. Журавлева Л.А. Распространенность аэромонад в регионе дельты Волги и некоторые эпидемиологические особенности заболеваний, вызываемых ими // Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1998. – 14 с.
8. Ларцева Л.В. Гигиеническая оценка по микробиологическим показателям рыбы и рыбных продуктов Волго-Каспийского региона // Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – М., 1998. – 44 с.
9. Литвин В.Ю. Природно-очаговые инфекции: ключевые вопросы и новые позиции // Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунологии. – 1999. №5. – С. 26-33.
10. Мойсеенко Н.Н. Условно-патогенные бактерии в морской воде реакционных зон // Журн. микробиол., эпидемиол. и иммунологии. – 1994. №1. – С. 8-11.
11. Монисов А.А., Тутельян В.А., Хотилеченко С.А., Терешкова Л.П. Проблема безопасности пищевых продуктов в России // Вопросы питания. – 1994. №3. – С. 33-39.
12. Обухова О.В. Бактериоценоз воды и судака (*Stizostedion lucioperca*) в дельте Волги // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2004. – 23 с.
13. Полунин И.П., Мухатов Т.Д., Юшков В.А. Проблема подъема уровня Каспия и охрана здоровья населения Астраханской области // Тез. докл. Межд. конф. «Каспий – настоящее и будущее». – Астрахань, 1995. – С. 76-80.
14. Cercenado E / *Aeromonas* // *Euferm infect. Y microbial clin.* – 1989. – 74. №2. – P. 61-63.
15. Ganthier M.J., Munro P.M., Flatan G.N., Clement R.L., Breittmayer V.A. Nouvelles perspectives sur l'adaption des enterobacteries dans le milieu marin // *Mar. Lefe.* – 1993. – 3. №1-2. – P. 1-18.