

МИКРООРГАНИЗМЫ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ПРИМОРЬЯ КАК ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Впервые было изучено распространение и численность микроорганизмов, являющихся индикаторами антропогенного загрязнения, а также оценено санитарно-экологическое состояние термальных источников Приморья. Результаты показали, что термальные воды подвержены небольшому антропогенному загрязнению и по ряду микробиологических показателей не соответствуют допустимым нормам, особенно в весенний сезон.

Ключевые слова: микроорганизмы-индикаторы, термальные воды, загрязнение, колиформные бактерии.

Термальные источники являются местами активной деятельности микроорганизмов, которые участвуют в продукции и деструкции органического вещества, трансформации газов, образовании биологически активных веществ. Огромно их значение в создании лечебного фактора минеральных вод и в процессах самоочищения. Микроорганизмы различных физиологических групп выступают в роли индикаторов состояния окружающей среды [1]. Возрастающее антропогенное воздействие на термальные источники в связи с их широким использованием населением для лечения и отдыха и создающаяся особая зона туристско-рекреационного типа в Приморском крае делает актуальной оценку качества воды в термальных источниках [7]. В связи с этим, целью данной работы было изучить распространение и динамику численности физиологических групп микроорганизмов, являющихся индикаторами антропогенного загрязнения и оценить санитарно-экологическое состояние термальных источников Приморья.

Объектами исследования являлись термальные воды, расположенные в Лазовском районе Приморского края в 10 км от поселка «Беневское» (№1 Горячий ключ) и термы близ поселка «Чистоводное» (№2 Чистоводное). Все исследуемые термальные воды относились к самоизливающимся источникам подземных вод. Исследования проводили в течение 2012–2013 г. по сезонам (лето, осень, весна). В качестве индикаторных микроорганизмов были взяты следующие группы бактерий: сапрофиты (мезофильные аэробы и факультативные анаэробы), олиготрофы, общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, сульфатредукторы, нитрификаторы, денитрификаторы, аммонификаторы. Сапрофитные

бактерии в воде определялись методом посева на мясо-пептонный агар, со сроком инкубации 48–72 ч, при температуре 30°C [3]. Определение общих колиформных (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) проводили согласно методическим рекомендациям [3]. Количество ОКБ и ТКБ в воде выражали через коли-индекс. Для культивирования микроорганизмов остальных эколого-трофических групп использовали специально подобранные селективные среды [2], [4]. Численность микроорганизмов определяли с использованием метода предельных разведений и метода Коха. Основные гидрохимические параметры подземных вод были определены на месте отбора проб, остальные химические компоненты были изучены в аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН.

Результаты исследования показали, что характерными особенностями термальных вод Приморья являлась температура источников 21–32°C, уровень pH более 8 и низкая минерализация (100–200 мг/л). Среди основных катионов в источниках преобладал натрий и кальций, а в составе анионов гидрокарбонат и сульфат ион. Содержание органического углерода в источниках было крайне низким и составляло в среднем менее 1 мг/л. Физико-химические и геохимические параметры термальных вод в целом были стабильны в течение всех исследованных сезонов.

Результаты микробиологических исследований показали, что распространение бактерий сапрофитов-копиотрофов, требовательных к высокой концентрации питательных веществ, было ограничено низким содержанием органических веществ в термальных водах Приморья. Поэтому, численность сапрофитных бактерий в термальных источниках была в целом относительно не велика, по сравнению с количеством

бактерий в поверхностных водах, но все же превышала нормы, особенно в весенний период (табл. 1). Взрывной рост сапрофитных бактерий в весенний период, по-видимому, можно объяснить поступлением органических веществ с талыми водами, а также почвенными смывами во время дождей. Численность сапрофитов в термальных водах варьировала от $4,0 \times 10^2$ до $2,7 \times 10^3$, при этом их наибольшие средние значения были отмечены на станции «Чистоводное», что согласуется с более высоким количеством органического углерода на этой точке. В составе биоценоза термальных вод присутствовали как аэробные, так и факультативно анаэробные формы сапрофитов, при этом последние преобладали, что очевидно связано с невысоким содержанием кислорода в термальных водах Приморья [6]. Низкое содержание в термальных водах органических веществ отразилось на присутствии в воде более высокого в сравнении с сапрофитами количества олиготрофов (табл. 1). Так как олиготрофы приспособлены к экзотическим с постоянно низкими потоками вещества и энергии, то низкие концентрации углеродсодержащих веществ в термальных водах Приморья стимулировали рост данной группы бактерий. Численность олиготроф-

ных бактерий варьировала от $1,7 \times 10^3$ до $2,9 \times 10^3$, при этом их наибольшие средние количества были отмечены на станции «Горячий ключ» (табл. 1). Показателем интегрирования качества вод является индекс олиготрофности. Индекс олиготрофности характеризует способность экологической системы к самоочищению. Если показатель индекса больше единицы, то это свидетельствует об активной минерализации органического вещества и способности данной экосистемы к самоочищению [5]. В термальных водах «Горячий ключ» индекс олиготрофности в течение сезонов изменялся от 1,75 до 2,8 баллов, в источнике «Чистоводное» варьировал от 1,07 до 1,5 баллов, что свидетельствует об активной минерализации органического вещества и способности экосистем к самоочищению (табл. 1).

Распределение колиформных бактерий в термальных водах Приморья носило сезонный характер. Так, ОКБ в термальных источниках первой и второй станции выделялись только в летний и весенний сезон, при этом в весенний сезон их индекс значительно возрастал, что свидетельствует о поступлении органических загрязнителей в подземные воды вместе с талыми или дождевыми водами (табл. 1). В термаль-

Таблица 1. Изменение численности индикаторных групп бактерий в термальных источниках Приморья

| Физиологические группы микроорганизмов | Источник «Горячий ключ» | Источник «Чистоводное» | Норма* |
|--|---|---|------------------------------|
| Сапрофиты, КОЕ/мл | $\frac{4,0 \times 10^2 - 1,2 \times 10^3}{7,3 \times 10^2}$ | $\frac{4,5 \times 10^2 - 2,7 \times 10^3}{1,2 \times 10^3}$ | Не > 1×10^2 КОЕ/мл |
| Олиготрофы, КОЕ/мл | $\frac{1,7 \times 10^3 - 2,5 \times 10^3}{2,1 \times 10^3}$ | $\frac{5,4 \times 10^2 - 2,9 \times 10^3}{1,3 \times 10^3}$ | – |
| Индекс олиготрофности (олиготр/сапроф) | $\frac{1,75 - 2,8}{2,21}$ | $\frac{1,07 - 1,5}{1,21}$ | >1 |
| Общие колиформные бактерии, индекс (кл. в 1 л) | $\frac{0 - 520}{256}$ | $\frac{0 - 490}{253}$ | Не > 3 в 1 л |
| Термотолерантные колиформные бактерии индекс (кл. в 1 л) | $\frac{0 - 40}{13}$ | $\frac{0 - 20}{6}$ | 0 |
| Сульфатредукторы, кл/мл | 0 | $\frac{0 - 45}{15}$ | 30-50 кл/мл |
| Аммонификаторы, кл/мл | $\frac{0 - 2,0 \times 10^2}{1 \times 10^2}$ | $\frac{0,8 \times 10^2 - 2,0 \times 10^2}{1,4 \times 10^2}$ | $1,4 \times 10^2$ кл/мл |
| Нитрификаторы, кл/мл | $\frac{0 - 2,5 \times 10^2}{1,1 \times 10^2}$ | $\frac{0,9 \times 10^1 - 2,3 \times 10^2}{1,1 \times 10^2}$ | $0,3 \times 10^1$ кл/мл |
| Денитрификаторы, кл/мл | $\frac{0 - 2,0 \times 10^2}{0,6 \times 10^2}$ | $\frac{0,1 \times 10^2 - 0,5 \times 10^2}{0,3 \times 10^2}$ | Не > $2,0 \times 10^2$ кл/мл |

Примечание: В числителе – наименьшее – наибольшее значение, в знаменателе – среднее значение. Нормирование согласно [2]–[5]

ных водах коли-индекс ОКБ варьировал от 0 до 520 ед., при допустимой норме 3, при этом наибольшие значения были отмечены в источнике «Горячий ключ». Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), индикаторы свежего фекального загрязнения были отмечены только в весенний период на двух источниках, при этом их коли-индекс составлял 20–40 ед., при допустимой норме 0. Наибольший коли-индекс ТКБ был выявлен на станции «Горячий ключ» в весенний период (табл. 1). Другие экологотрофические группы микроорганизмов были менее развиты в термальных водах Приморья. Так, сульфатредуцирующие бактерии практически не были обнаружены в источниках Приморья, возможно в связи с недостатком углеродного питания, необходимого для развития данной физиологической группы бактерий. Численность аммонифицирующих бактерий, разлагающих азотсодержащие органические вещества до аммиака, варьировала от $0,8 \times 10^2$ до $2,0 \times 10^2$ кл/мл и незначительно превышала нормы летом в источнике «Горячий ключ», вес-

ной в термах «Чистоводное» (табл. 1). Образованный в процессе жизнедеятельности бактерий-аммонификаторов аммиак потреблялся нитрифицирующими микроорганизмами, с дальнейшим образованием нитратов. Численность нитрификаторов в среднем была одинакова для двух термальных источников, и ее значения составляли $1,1 \times 10^2$ кл/мл, что превышало ПДК более чем в 3,5 раза. Количество денитрифицирующих бактерий изменялось в источниках в пределах от $0,15 \times 10^2$ до $2,0 \times 10^2$ кл/мл, при этом наибольшая численность была отмечена в термах «Горячий ключ». Численность денитрификаторов не превышала нормативов во все сезоны года, на всех исследуемых станциях термальных вод.

Таким образом, проведенные санитарно-микробиологические исследования показали, что термальные воды Приморья подвержены небольшому антропогенному загрязнению и по ряду микробиологических показателей не соответствуют допустимым нормам, особенно в весенний сезон.

28.08.2013

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №12-05-31350 мол_а.

Список литературы:

1. Бузалева Л.С. Микробные сообщества поверхностных прибрежных вод бухты Золотой Рог в условиях высокого антропогенного загрязнения / Бузалева Л.С., Калитина Е.Г., Безвербная И.П., Кривошеева А.М. // Океанология. – 2008. – Т. 48. – №6. – С. 882-888.
2. Кузнецов С. И. Методы изучения водных микроорганизмов / Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. – М.: Наука, 1989. – 228 с.
3. Методические рекомендации №96/225. Контроль качества и безопасности минеральных вод по химическим и микробиологическим показателям. – М., 1997. – 11 с.
4. Наливайко Н.Г. Микробиология воды: учебное пособие. –Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 139 с.
5. Токаренко О.Г. Микробиологический состав минеральных вод Терсинского месторождения // Севергеоэкотех. – Ухта, 2006. – С. 384–387.
6. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Качество природных вод Дальнего Востока // Вестник ДВО РАН. – 2001. – №2. – С. 28-36.
7. Bonny S., Jones B. Microbes and mineral precipitation, Miette hot springs, Jasper National park, Alberta, Canada // Can. J. Earth Sci. – 2003. – V. 40. – P. 1483-1500.

Сведения об авторе:

Калитина Елена Геннадьевна, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, кандидат биологических наук, 690022, г. Владивосток, пр-т 100 лет Владивостоку 159, тел. (423) 2318750, e-mail: microbiol@mail.ru

UDC 574.34:579 ; 579.262:574

Kalitina E. G.

Far East Geological Institute, e-mail: microbiol@mail.ru

MICROORGANISMS IN THE THERMAL WATERS OF PRIMORYE AS INDICATORS OF ANTHROPOGENIC POLLUTION

Was first studied the distribution and abundance of microorganisms that are indicators of anthropogenic pollution, and evaluated health and ecological condition of the thermal springs of Primorye. The results showed that the thermal waters are subject to a small anthropogenic pollution on a number of microbiological parameters do not meet acceptable standards, especially in the spring season.

Key words: microorganism indicators, thermal water, pollution, coliform bacteria.