

Санитарно-бактериологический **МОНИТОРИНГ** КАЧЕСТВА ВОДЫ БЕЛОМОРСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ В ПЕРИОД МАКСИМАЛЬНОГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Приведены данные многолетнего санитарно-бактериологического мониторинга пресной и морской воды района Беломорской биологической станции (ББС) МГУ в период максимального антропогенного воздействия при проведении летней практики студентов. Показано, что качество питьевой воды на ББС МГУ соответствует существующим нормативам, а процесс самоочищения загрязненной деятельностью станции морской воды происходит уже в акватории биостанции.

Введение

В последние годы растет антропогенное воздействие на водные экосистемы. Чаще всего наблюдаются и исследуются процессы загрязнения морских и речных акваторий нефтью и нефтепродуктами [1-3]. Значительно меньше внимания уделяется изучению микробного загрязнения пресных и морских вод при добыче нефти, газа, морепродуктов, проведении сезонных геологических и научных экспедиций.

Беломорская биологическая станция Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (ББС МГУ) находится на берегу Кандалакшского залива Белого моря. В течение ежегодного сезона летней практики с июня по сентябрь на биостанции работают более 600 студентов и сотрудников МГУ.

Традиционной проблемой для ББС МГУ является питьевая вода. Условия расположения ББС вынуждают использовать в этом качестве воду такого поверхностного источника, как Водопроводное озеро. Широкое

использование озер в хозяйственно-питьевом водоснабжении объясняется доступностью добычи воды и ее способностью к самоочищению. Однако озера могут загрязняться атмосферными осадками и продуктами деятельности человека. В условиях ББС вода питьевого озера подвергается потенциальному риску антропогенного загрязнения, т.к. на расстоянии 290 м и на 11 м выше уровня Водопроводного озера находится еще одно — Верхнее озеро, которое в теплую погоду используется для купания (рис. 1). Поэтому для исключения возникновения эпидемиологической опасности на ББС вода питьевого Водопроводного озера нуждается в санитарно-микробиологическом контроле.

Кроме питьевой воды контролировать должна и морская вода акватории ББС МГУ, которая в течение всего летнего сезона интенсивно загрязняется в результате хозяйственно-бытовой деятельности — работы бани, столовой и т.п.

Целью данной работы был многолетний санитарно-бактериологический мониторинг качества питьевой и морской воды района ББС МГУ в период летней практики студентов для изучения рекреационного потенциала пресноводных озер и морской акватории, а также предупреждения возможности возникновения эпидемиологической опасности.

Материалы и методы исследования

Пробы воды для санитарно-бактериологического контроля отбирали в 2002-2012 гг. в период максимальной антропогенной нагрузки — с 1 по 10 августа в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000 [4].

Анализ микробиологических показателей качества воды — общего микробного

Л.М. Захарчук*,

доктор биологических наук, профессор кафедры микробиологии биологического факультета, ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Н.Ю. Татарина,

кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии биологического факультета, ФГОУ ВПО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

* Адрес для корреспонденции: zakharchuk@mail.ru

числа (ОМЧ), а также общих колиформных бактерий (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) осуществляли в соответствии с МУК 4.2.1018-01 и МУК 4.2.1884-04 [5, 6].

Анализы проводили не более чем через 2 ч после отбора проб. Для определения ОМЧ осуществляли засев проб воды глубинным методом в чашки с мясо-пептонным агаром, которые инкубировали в течение 48 ч при 37 °С. Подсчитывали количество выросших на поверхности и в глубине питательной среды колоний и вычисляли общее микробное число [5, 6].

Определение ОКБ в пробах воды проводили методом мембранных фильтров [6-8]. После пропускания воды через фильтры их помещали на поверхность среды Эндо в чашки Петри. Чашки затем инкубировали в термостате в течение 24 ч при 37 °С и подсчитывали все лактозоположительные колонии — темно-красные, красные, с металлическим блеском и без него, слизистые с темно-малиновым центром с отпечатком на обратной стороне фильтра. Для повышения точности анализа учет вели не менее чем на пяти фильтрах с числом типичных для колиформных бактерий колоний не более 30 [6].

Подсчитывали количество лактозоположительных колоний, готовили из них мазки и окрашивали по Граму, а также проверяли оксидазную активность. Для определения оксидазной активности полоску фильтровальной бумаги помещали в чистую чашку Петри и смачивали 3-4 каплями реактива для оксидазного теста — 1%-ного водного раствора тетраметил-*n*-фенилендиамина. На эту полоску наносили с помощью стерильной стеклянной палочки материал красной колонии. Реакция считается положительной, если в течение 1 мин появляется сине-фиолетовое окрашивание штриха. При отрицательной реакции цвет в месте нанесения культуры не меняется [6]. Перед каждой серией опытов партию диметил-*n*-фенилендиамина испытывали с тест-культурами микроорганизмов, дающих положительную (*Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*) или отрицательную (*Escherichia coli*) оксидазную реакцию [6]. Грамотрицательные колонии, обладающие оксидазоотрицательной активностью, определяли как ОКБ.

После постановки оксидазного теста определяли содержание в пробах воды ТКБ. Для этого клетки бактерий из оксидазоотрицательных колоний, которые были вы-

Ключевые слова: санитарно-бактериологический мониторинг, антропогенное воздействие, колиформные бактерии, качество воды

браны для учета ОКБ, высевали в пробирки с лактозной средой в соответствии с МУК 4.2.1018-01 [6]. Среду перед посевом прогревали до температуры 44 °С. Посевы сразу же переносили в термостат и инкубировали при температуре 44 °С в течение 24 ч. При обнаружении кислоты и газа давали положительный ответ о наличии ТКБ.

Результаты и их обсуждение

Для санитарно-бактериологического изучения качества пресной и морской воды были взяты такие контролируемые показатели, как ОМЧ, а также ОКБ и ТКБ.

Питьевая вода из местного источника водоснабжения, применяющаяся на ББС МГУ, по санитарным показателям должна соответствовать нормативам СанПин 2.1.4.1175-02, предусматривающим отсутствие ОКБ и ТКБ в 100 мл воды и показатель ОМЧ не выше 100 КОЕ (колоний-образующих единиц) в 1 мл [9].

Показатель ОМЧ позволяет получить представление о массивности бактериального загрязнения воды сапротрофными микроорганизмами. К таким микроорганизмам, населяющим водоемы, относятся мезофильные аэробы и факультативные анаэробы. Количество этих бактерий, вырастающих в виде колоний, соответствует степени загрязнения воды органическими веществами. Поэтому ОМЧ следует рассматривать как показатель санитарного состояния воды, хотя при этом не учитываются грибы, а также анаэробные, серные, азотфиксирующие, нитрифицирующие, фотосинтезирующие и некоторые другие бактерии [6-8].

Определение санитарно-показательных микроорганизмов (СПМ) — специфический метод санитарной микробиологии. К СПМ относят представителей облигатной микрофлоры организма человека и теплокровных животных, обитающих в кишечнике или дыхательных путях. По международной классификации «общие колиформные бактерии» включают различных представителей семейства *Enterobacteriaceae* родов *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella* и некоторых других. Это грамотрицательные, не образующие спор палочки, не обладающие оксидазной активностью, сбразивающие лактозу с образованием кислоты и газа при температуре 37 °С. Они попадают в окружающую среду, в том числе и в воду, с испраж-



Рис. 1. Схема точек отбора проб пресной и морской воды в районе ББС МГУ для санитарно-бактериологических анализов:
1 — Верхнее озеро; 2 — Водопроводное озеро; 3 — столовая; 4 — баня; 5 — пирс; 6 — литораль в 200 м от ББС; 7 — море в 200 м от ББС.

нениями человека и животных, поэтому являются санитарно-показательными — их обнаружение обычно свидетельствует о фекальном загрязнении антропогенного происхождения [6]. ТКБ являются подтверждающим свидетельством свежего фекального загрязнения, обладают всеми признаками ОКБ и способны сбраживать лактозу до кислоты и газа при температуре 44 °С [6].

Отсутствие или допустимое количество санитарно-показательных ОКБ и ТКБ является основным критерием эпидемической безопасности воды в нормативных документах многих стран мира.

По питательным свойствам водной массы (по трофности) и условиям развития жизни в них озера делят на несколько биологических типов: дистрофные, олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные [10]. Лесное

Водопроводное озеро, используемое в качестве источника воды на ББС МГУ, относится к дистрофным (рис. 1). Такие озера расположены среди болотных ландшафтов и очень бедны питательными веществами. Среди органических веществ в них преобладают гуминовые кислоты, поэтому цвет воды имеет буроватый оттенок. Фитопланктон и высшая водная растительность представлены слабо. На дне накапливается слой торфянистого ила, мало питательного для животных. Содержание кислорода в воде понижено, он расходуется на окисление гуминовых веществ. В 1 мл воды таких дистрофных озер с низким содержанием органики обычно содержится очень мало клеток бактерий. Водопроводное озеро находится примерно в 1,5 км от биостанции в лесу на высоте 80 м над уровнем моря. В нем запрещено купаться и подходить к берегу на расстояние ближе 15-20 м. Поэтому в это озеро невозможно попадание хозяйственных и фекальных сточных вод. По системе труб вода из данного водоема подается на ББС МГУ — в столовую, баню, умывальники студентов. Верхнее озеро, в котором разрешено купаться, также является дистрофным, на его берегах имеются развитые торфянистые отложения (рис. 1).

Исследование показателей ОМЧ в пробах воды ББС показало, что самой чистой ежегодно оказывалась вода Водопроводного озера и вода, отобранная из крана в столовой (рис. 1, табл. 1). ОМЧ этих образцов не превышало нормативы СанПин 2.1.4.1175-02 для питьевой воды нецентрализованного водоснабжения — 100 КОЕ/мл [9]. В воде Верхнего озера содержалось больше сапротрофных бактерий, видимо, в результате перемешивания воды в нем в результате купания и волнения воды, поскольку оно по площади в несколько раз больше Водопроводного и сильнее подвергается

Таблица 1

Показатели ОМЧ в пробах воды ББС МГУ (КОЕ/1 мл)

Место отбора пробы	Год исследования						
	2002	2003	2005	2006	2008	2010	2012
Водопроводное озеро	66	68	76	68	72	55	60
Кран в столовой	74	72	84	78	82	68	72
Верхнее озеро	114	98	112	122	108	95	119
Литораль в 200 м от ББС	315	180	280	265	178	160	180
Море в 200 м от берега	240	176	195	320	165	176	190
Море у пирса	550	490	370	535	380	346	418
Море у бани	4830	3830	2570	5530	2530	1865	4060

Таблица 2

Содержание ОКБ в пробах воды (КОЕ/100 мл)

Место отбора пробы	Год исследования						
	2002	2003	2005	2006	2008	2010	2012
Водопроводное озеро	0	0	0	0	0	0	0
Кран в столовой	0	0	0	0	0	0	0
Верхнее озеро	1,6	1,4	1,2	0,6	1,0	1,4	0,8
Литораль в 200 м от ББС	1,4	2,0	1,8	2,2	0,4	1,2	2,0
Море в 200 м от берега	0,6	2,0	0,8	0,8	1,0	1,4	0,8
Море у пирса	12,0	11,0	10,0	18,0	14,0	17,0	12,0
Море у бани	71,0	75,0	86,0	108,0	128,0	110,0	106,0

действию ветра. Что касается морской воды, то самой грязной по показателю ОМЧ ежегодно оказывалась вода, отбираемая в точке слива загрязненной воды из бани. При высеве 1 мл такой воды меньше всего колоний — 1865 выросло в пробах, взятых в 2010 г, и больше всего — 5530 колоний из проб воды 2006 г. Но уже в районе пирса, в 50 м от бани вода оказывалась в 5-10 раз чище. В море на расстоянии 200 м от бани ОМЧ воды не превышало 165-320 КОЕ/мл. Такой же чистой была морская вода в пробах, отобранных на литорали в 200 м от ББС (рис. 1, табл. 1).

Анализ проб воды ББС на содержание в них санитарно-показательных ОКБ выявил ежегодное отсутствие этих микроорганизмов в пробах воды из питьевого озера и крана в столовой (рис. 1, табл. 2). В Верхнем озере, где разрешено купаться, ОКБ обнаруживались, однако их количество в 100 мл воды не превышало 0,6-1,6 КОЕ.

Максимальное количество ОКБ содержалось в морской воде в месте слива в море загрязненной воды из бани, душевых кабин и стиральных машин. Это значение колебалось в диапазоне 71-128 КОЕ/100 мл при нормативах СанПин 2.1.5.980-00 не бо-

лее 500 КОЕ/100 мл для водных акваторий в черте населенных мест [7]. При этом, согласно требованиям СанПин 2.1.5.980-00, пункт микробиологического контроля морской воды был выбран рядом с баней непосредственно у места слива сточной воды в море (рис. 1).

Однако концентрация ОКБ в морской воде акватории ББС быстро падала. Уже в точке отбора воды у пирса, на расстоянии в 50 м от бани, количество этих бактерий в 100 мл воды, в зависимости от года исследований, было в 6-9 раз меньше, чем в море в точке сброса загрязненной воды у бани. А на расстоянии 200 м от берега их количество составляло 0,6-2,0 КОЕ/100 мл в зависимости от года исследований. Интересно, что вода, отобранная на расстоянии 200 м от ББС в районе литорали, часто содержала ОКБ не меньше — 0,4-2,2 КОЕ/100 мл, чем в Верхнем озере, где разрешено купание. Это можно объяснить тем, что на исследуемом участке литорали также разрешено купание в море и постоянно проводились студенческие экскурсии по зоологии.

ТКБ, как показатели свежего фекального загрязнения, в пробах воды из питьевого

Таблица 3

Содержание ТКБ в пробах воды (КОЕ/100 мл)

Место отбора пробы	Год исследования					
	2003	2005	2006	2008	2010	2012
Водопроводное озеро	0	0	0	0	0	0
Кран в столовой	0	0	0	0	0	0
Верхнее озеро	0,4	0,6	0	0,4	0,6	0,4
Литораль в 200 м от ББС	0	0,4	0,6	0	0,6	0,4
Море в 200 м от берега	0,4	0	0,2	0,6	0,8	0
Море у пирса	3,0	2,0	6,0	5,0	6,0	4,0
Море у бани	12,0	19,0	24,0	27,0	21,0	18,0

го озера и в питьевой воде из крана не обнаруживались (табл. 3). Однако в Верхнем озере они уже, как правило, присутствовали, хотя концентрация их была примерно в 2-3 раза ниже, чем ОКБ. В морской воде ТКБ также обнаруживались в большинстве проб, но содержание их было примерно в 2-6 раз ниже, чем ОКБ в соответствующих пробах (табл. 2, 3). Минимальное количество или отсутствие этих бактерий отмечено в воде, отобранной в районе литорали на расстоянии 200 м от ББС, а наибольшее количество ТКБ содержалось в морской воде, отобранной у бани — 12-27 КОЕ/100 мл. При этом разрешенная концентрация ТКБ водных акваторий в черте населенных мест, согласно СанПин 2.1.5.980-00, составляет не более 100 КОЕ/100 мл [7]. Содержание ТКБ в морской воде, в зависимости от расстояния от берега, быстро падало, как и ОКБ. В море на расстоянии 200 м от берега ТКБ в воде отсутствовали или обнаруживались в концентрации 0,2-0,8 КОЕ/100 мл (табл. 3).

Заключение

Многолетний санитарно-бактериологический мониторинг воды района ББС МГУ в период максимального антропогенного влияния летом 2002-2012 гг. показал, что работа на биостанции большого количества людей не приводила к превышению нормативных микробиологических показателей санитарного состояния пресной питьевой и морской воды.

Изучена возможность проникновения бактерий в питьевую воду из Верхнего озера. Практическое отсутствие ОКБ и ТКБ в воде Водопроводного озера доказало фильтрующую функцию участка заболоченного леса, разделяющего два озера, и сняло опасения возможного попадания бактерий в питьевую воду из Верхнего озера в период дождей или с грунтовыми водами. Качество питьевой воды на ББС МГУ в летний период практики 2002-2012 гг. соответствовало существующим микробиологическим нормативам для воды нецентрализованных источников — общее микробное загрязнение не превышало 100 КОЕ/мл, а основные санитарно-показательные микроорганизмы — ОКБ и ТКБ в 100 мл воды отсутствовали [9]. При этом пресное озеро обеспечивало ББС чистой водой без дополнительной дорогостоящей очистки с целью соблюдения

микробиологических показателей [11]. Это обусловлено, прежде всего, дистрофным типом озера, а также строгими мерами по полному предотвращению попадания в его воду загрязняющих веществ антропогенного происхождения.

Исследована способность морской воды в районе ББС МГУ к рекреационному восстановлению. Показано, что процесс самоочищения загрязненной деятельностью биостанции морской воды интенсивно происходит практически уже на расстоянии 50-200 м от берега. Самоочищение воды в такой природной среде, как море, представляет собой комплексный процесс, включающий химические, биологические и физико-химические реакции гидролиза, окисления, биотрансформации, биодеградации, образования и осаждения коллоидов [12]. К самоочищению формально не относят механизмы истощения загрязнений, обусловленные их разбавлением в морской воде, но процесс разбавления сточных вод морской водой, усиленный приливно-отливными явлениями, очень важен для быстрого уменьшения концентрации клеток микроорганизмов в прибрежных участках акватории Белого моря района ББС МГУ.

Микробиологический состав воды Верхнего озера и морской по численности ОМЧ, а также санитарно-показательным ОКБ и ТКБ в зависимости от года исследования варьировал в определенных пределах, но не превышал существующие нормативные показатели. Больше всего отличалось состояние морской воды, исследованной в 2002-2012 гг., в месте слива в море сточных вод. Можно предположить, что отличия в концентрации клеток микроорганизмов в пробах пресной и особенно морской воды разных лет зависели, в основном, от погодных факторов и количества находящихся на биостанции людей.

Литература

1. Леонов А.В. Анализ условий трансформации нефтяных углеводородов в морских водах и моделирование процесса в заливе Анива / А.В. Леонов, М.В. Пищальник // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. №6. С. 712-713.
2. Морозов Н.В. Нефтяное загрязнение в поверхностных водах и методы их биоремедиации / Н.В. Морозов, А.В. Сидоров // Вода и экология: проблемы и решения. 2007. №3. С. 31-38.

3. Куликова И.Ю. Биопрепарат для устранения нефтяных разливов в море // Экология и промышленность. 2010. №10. С. 40-41.
4. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартиформ. 2005. 31 с.
5. Методические указания МУК 4.2.1018-01. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. М.: Минздрав России. 2001. 24 с.
6. Методические указания МУК 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. М.: Минздрав России. 2004. 36 с.
7. СанПин 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М.: Минздрав России. 2000. 18 с.
8. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Минздрав России. 2002. 62 с.
9. СанПин 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. М.: Минздрав России. 2003. 33 с.
10. Нетрусов А.И. Экология микроорганизмов: учеб. для студ. вузов / А.И. Нетрусов, Е.А. Бонч-Осмоловская, В.М. Горленко, М.В. Иванов и др. М.: Юрайт. 2013. 268 с.
11. Лаврентьев М.В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды, полученной с использованием локальных систем очистки / М.В. Лаврентьев, А.А. Орлов, Ю.Ю. Елисеев // Фундаментальные исследования. 2011. №9. С. 421-425.
12. Кузнецов А.Е. Прикладная экобиотехнология. В 2-х т. / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова, С.В. Лушников, М. Энгельхарт, Т. Вайссер, М.В. Чеботарева. М.: БИНОМ. 2010. Т. 1. 629 с.

L.M. Zakharchuk, N.Yu. Tatarinova

SANITARY-BACTERIOLOGICAL MONITORING OF WATER QUALITY OF THE WHITE SEA BIOLOGICAL CENTER OF THE MSU DURING PERIOD OF MAXIMUM ANTHROPOGENIC IMPACT

Data of long-term sanitary-bacteriological monitoring of fresh and sea water in the territory of the White Sea biological center (BC) of the Lomonosov Moscow State University (MSU) during period of maximum anthropogenic impact are given. It was shown that water quality of the BC answers to specifications and self-purification of man-polluted sea water occurs within the BC water area.

Key words: sanitary-bacteriological monitoring, anthropogenic impact, coliform bacteria, water quality