

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

ПРОВ 2010

ТРУДЫ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

ИМЕНИ А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Том VII

Севастопольская
БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ
БИБЛИОТЕКА
№ 4400



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

Б. Л. ИСАЧЕНКО

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРЕВРАЩЕНИИ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В МОРЕ¹

Изучению морей, омывающих берега Советского Союза, уделяется у нас много внимания. Результаты исследований являются настолько значительными и превосходящими достижения в этой области за рубежом, что это накладывает на нас обязанность сохранять и впредь ведущее положение наших микробиологических работ, оказавших несомненное влияние на направление иностранных исследований, как это признается и самими зарубежными учеными. В своем сообщении я коснусь малоизвестной стороны учения о микроорганизмах — количественного распределения микроорганизмов в морях. Мне казалось необходимым подчеркнуть огромную роль микроорганизмов в жизни моря, усугубляемую тем, что микробное население морей неисчислимо.

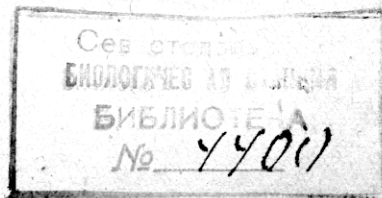
На микробиологические исследования морей, омывающих берега Советского Союза, большое влияние оказали первые работы Черноморской экспедиции 1890—1891 гг., организованной Географическим обществом по мысли проф. Н. Андрусова (1890). В исследованиях, выполненных по широко задуманному плану, принимали участие ученые различных специальностей: геологи, химики, гидрологи и др. В программу работ впервые вошли и микробиологические исследования, выполненные прив.-доц. Н. Д. Зелинским, ныне здравствующим академиком, совместно с врачом Брусиловским (1893). Эти исследования констатировали явление необыкновенной важности: они устанавливали, что деятельность бактерий в море достигает исключительно больших размеров. Оказалось, что на всем протяжении Черного моря воды его с глубины 100—200 м заражены сероводородом, делающим жизнь других организмов, кроме бактерий, невозможной. Причиной образования сероводорода, отравляющего воды, оказалась выделенная этими исследователями бактерия, восстанавливающая сульфаты. Это был первый пример доказанного биогенного восстановления сульфатов.²

Открытие русскими учеными бактериального восстановления сульфатов вызвало появление известных исследований М. Бейеринка (Beyerinck, 1896) о восстановлении сульфатов *Spirillum desulfuricans* L., организмом, привлечшим к себе всеобщее внимание способностью восстанавливать сульфаты в анаэробных условиях. После работы Бейеринка микроорганизм, очень кратко описанный на русском языке в совместной

¹ Доложено в заседании 8 апреля 1948 г. Отделения биологических наук АН СССР и Всесоюзного гидробиологического общества, посвященном 75-летию существования Севастопольской биологической станции.

² За границей об этом важном открытии (1891) стало известно из реферата П. А. Кропоткина в журнале «Nature» за 1893 г.

2 Севастопольская биологическая станция



работе Зелинского и Брусиловского, был основательно забыт. Между тем он сам по себе представляет научный интерес как пример факультативного анаэроба, разлагающего сульфаты в анаэробных условиях, но способного в то же время развиваться и в аэробных условиях, как это доказано в последнее время Л. Д. Штурм (1948) в нашей лаборатории.

Таким образом, первый морской организм, восстанавливающий сульфаты, оказался по своим свойствам сходным с денитрифицирующими бактериями, восстанавливающими нитраты преимущественно в анаэробных условиях.

Не останавливаясь более на этом интересном вопросе, несомненно повлиявшем на направление, по которому пошли в дальнейшем морские микробиологические исследования, подчеркну, что особенностью вызванных нашими учеными к жизни исследований явилось в микробиологии морей новое направление, заключающееся в изучении бактериальных процессов со стороны их динамики. Производившиеся же до этого исследования Б. Фишера, изложенные им в книге «Die Bakterien des Meeres» (1894), совершенно не затрагивали вопроса о значении микробиологических процессов в жизни моря. Но уже на дальнейшие работы, главным образом немецких исследователей, новое направление повлияло и нашло отражение в гипотезе Брандта о денитрифицирующих бактериях (Brandt, 1899—1905) и об их значении в жизни моря. Сероводородное брожение и денитрификация были признаны основными факторами, обуславливающими продуктивность морей. Динамика микробиологических процессов заняла, таким образом, главное место в дальнейших работах. Исследования Азовско-Черноморской экспедиции 1923—1926 гг. (Книпович, 1927 и 1932) внесли в вопрос о сероводородном брожении в Черном море — и с химической и с микробиологической сторон — новое освещение. Повсеместное нахождение в грунтах десульфуризирующих бактерий укрепило взгляд на образование сероводорода бактериями из сульфатов (Егунов, 1895, 1900; Исаченко, 1933). Допустить образование его только из серы органического вещества, как думали некоторые ученые, оказалось невозможным вследствие недостаточного количества органического вещества в воде и грунтах моря. Если какое-то количество сероводорода и может образоваться из наличного органического вещества, то оно настолько мало, что считать весь сероводород моря или значительную часть его за продукт разложения органического вещества ни в коем случае не л ь з я. Взгляды Н. Д. Зелинского, М. А. Егунова, Б. Л. Исаченко нашли подкрепление в химических исследованиях П. Т. Данильченко (1926). Таким образом, твердо установлено, что сероводород Черного моря образуется микробиологическим путем преимущественно в придонной области за счет сульфатов.

В связи с распределением сероводорода в Черном море возникал вопрос о его дальнейшей судьбе. Предположение М. А. Егунова (1926) о существовании в Черном море бактериальной «пластинки», окисляющей сероводород в верхних слоях моря, подобно существующим в других водоемах (Могильное озеро), не нашло пока подтверждения в имеющихся исследованиях (Исаченко и Егорова, 1939).

В то же время выяснено широкое распространение в море, преимущественно в грунтах, тионовокислых бактерий. При этом оказалось, что окисление ими гипосульфита идет энергичнее, чем чистой серы. Так, 263 мг гипосульфита было окислено за 9 суток, а 125.1 мг серы — лишь в течение месяца (Ланге, Поздеева, 1930). Группа серобактерий пурпурных и бесцветных оказалась тоже обильно представленной видами, но распространенной только в береговой полосе; в воде открытого моря и в

глубинных илах они не обнаружены. Таким образом, основываясь на фактических данных, пока должно считать, что окисление сероводорода происходит главным образом под воздействием кислорода в воде; скопления же бактерий («пластинки») на границе сероводородной зоны пока не обнаружено.

Исчерпывающее представление о распределении сероводорода и сульфатов дают исследования Данильченко (1926). Из его анализов видно нарастание сероводорода с глубиной и одновременное уменьшение сульфатов с глубин 500 м.

Глубина, м	150	200	300	400	500	1000	1500	2000
Сероводород, см ³ . . .	0.088	0.470	1.480	2.782	3.378	5.637	5.169	5.796

Таковы сведения, характеризующие столь своеобразный морской водоем, каким является Черное море. Его глубины, наполненные сероводородом, могут служить наглядным примером исключительной роли бактерий в природе моря.

Остановимся теперь на результатах определения количества бактерий в воде и грунтах морей, омывающих берега Союза, так как полученные цифры должны подтвердить наше представление о роли микроорганизмов в происходящих в море процессах. Эта сторона вопроса освещена во многих исследованиях именно наших ученых, и полученные данные заслуживают внимания.

Определение количества микроорганизмов с применением обычного метода разливок на мясопептонных или рыбных средах при подобных исследованиях не применимо, так как эти среды для развития многих морских бактерий не пригодны. Этим объясняется, что исследователи, пользовавшиеся указанным методом, в некоторых случаях вообще не находили бактерий в грунтах, как это было у Б. Фишера (1894), а в воде Атлантического океана определенное им же число бактерий (в среднем 785 в 1 см³) было явно меньше действительного. Во время Азовско-Черноморской экспедиции 1923—1926 гг. мы, отказавшись от обычного применявшегося метода разливок, произвели многочисленные определения количества бактерий в воде и в грунтах (Гурфейн, 1930) с применением, впервые при морских исследованиях, «прямого метода» Виноградского. После наших исследований этот метод нашел применение как у советских, так и у зарубежных (США) исследователей при работах в морях.

Количество бактерий в воде и грунтах, обнаруженное «прямым методом», превзошло, конечно, во много раз цифры, полученные методом разливок.

Судить о действительном количестве бактерий путем сравнения цифр, полученных в дальнейшем различными исследователями, оказалось почти невозможным, так как одни исследователи подсчет бактерий относили к 1 г сухого ила, другие — к 1 см³ жидкого ила.

Цифры, характеризующие количество бактерий в воде и найденные по «прямому методу», — пестрые, но все же дающие более точное представление, чем полученные методом «разлибки».

Число бактерий в воде Баренцова моря не превышало 20 тыс. на 1 см³, и только в некоторых заливах (Кандалакшский и Кольский) достигало сотен тысяч (Буткевич, 1931). Биомасса их выражалась в 3.5—7 т в 1 км³ (Буткевич, 1938 б).

В северной части Каспийского моря число бактерий, по прямому подсчету Буткевича (1938 а), колеблется в пределах от 50 тыс. до 200 тыс. на 1 см³, а по мере приближения к устью Волги резко повышается и на расстоянии 20 миль от него достигает 1700 тыс. на 1 см³. Увеличение

количества бактерий у устья рек, впадающих в море, — явление общее, связанное с отмиранием в море пресноводных бактерий; на это явление обращал уже внимание чешский ученый Кожинек (1928 а и б).

В воде заливов Мертвый Култук и Кайдак число бактерий в загрязненных частях увеличивается, но не превышает 500 тыс. на 1 см³, а в менее загрязненном Мертвом Култуке колеблется от 100 до 300 тыс. на 1 см³. В общем количество их меньше, несмотря на загрязнение, чем в устье Волги. В водах Азовского моря содержание бактерий на разрезе от Керченского пролива к г. Осипенко (б. Бердянск) выражалось в 150 тыс. — 350 тыс. на 1 см³ (Буткевич, 1938 а).

До последних лет у микробиологов совершенно отсутствовали сведения о составе микрофлоры восточной части Северного Ледовитого океана. Экспедиции Академии Наук 1938 г. удалось пополнить этот пробел по Чукотскому морю и Берингову проливу, и не только со стороны количественного распределения микроорганизмов, зависящего от повышения содержания органических веществ в пограничных зонах течений, но и в видовом их составе. Интересно, что актиномицеты, на распространение которых в морях не обращали достаточного внимания, оказались широко распространенными организмами, а в придонном слое воды у о-ва Врангеля актиномицеты и грибы являлись даже единственными представителями микрофлоры. Из физиологических групп бактерий широко распространенными оказались нитрифицирующие и денитрифицирующие, а также десульфуризирующие бактерии, но наличие в воде и грунтах азотобактера и бактерий, разлагающих клетчатку, оказалось мало вероятным (Крисс, 1945).

Исследование бактерий Японского моря (Гурфейн, 1945) выявило наличие в нем бактерий, вызывающих аммонификацию, денитрификацию, восстановление сульфатов, окисление тиосоединений. В ходе всех бактериальных процессов установлено при этом наличие суточных колебаний.

Цифры, получавшиеся методом разливок, дают мало материала для сравнения вследствие применения исследователями различных питательных сред. Метод «прямого подсчета», или «прямой метод», при некоторых его недостатках, является все же сейчас наиболее точным.

Ниже приведены данные, полученные русскими исследователями, о количестве бактерий в грунтах, и хотя они менее известны, чем цифры, приводимые зарубежными учеными, но, несомненно, более точны.

М о р я	Бактерии				А в т о р ы
	палочки	кокки	споры	всего вегетативных клеток	
Черное	91	76	96	167	Б. Л. Исаченко; дночерпатель, 1922 — 1924 (1933)
Азовское	174	121	63	351	То же
Каспийское (южная и средняя части)	—	—	—	351	Е. А. Колесник; верх монолита, 1934 (1938)
Каспийское (Кайдак)	104	338	—	517	Д. И. Евдокимов; 1934 (1936)
Баренцово	—	—	—	266	В. С. Буткевич; среднее, верх монолита, 1928 — 1931 (1931)
Карское	384	651	95	1055	Исаченко; верх монолита, 1933 (1937)
Чукотское	—	—	—	455	Крисс; монолит, 1938 (1945)

Цифры, характеризующие грунты различных морей, приводятся из расчета в миллионах на 1 г сухого ила.

Приводимые цифры имеют значение — обращаем на это внимание — лишь ориентировочное, показывая только величины, с какими при анализе грунтов встречается исследователь.

Но, хотя полученные данные несовершенны, они позволяют все же подметить в них то, что можно считать за реальное отражение действительности.

Таким образом, грунты открытых мест средней и южной частей Каспийского моря, несомненно, содержат значительно меньшее количество бактерий, чем грунты заливов восточной части его (Мертвый Култук и Кайдак); это же установлено и для воды различных частей моря (Буткевич, 1938 а; Колесник, 1938, Малиянец, 1933; Рейнфельд, 1938).

Мелководное Азовское море с грунтами, лежащими почти на всем его пространстве на одной и той же глубине (10—11 м), содержит в среднем больше бактерий, чем их обнаружено в грунтах Черного моря, взятых с резко различных глубин (от 41 до 2188 м). Любопытно при этом (совпадение, вероятно, совершенно случайное), что одни и те же количества бактерий обнаружены в заливах Каспийского моря и в Азовском море, которое является своего рода заливом Черного моря. И там и тут получена одна и та же величина — 351.

В Черном море число бактерий, найденных в илах на глубине 2188 м, равнялось 274 млн.; а на глубинах 41—300 м колебания выразились в 355—493 млн. Эти цифры показательны для грунтов береговой полосы с большим количеством терригенных веществ и бактерий по сравнению с грунтами сероводородных глубин и поэтому с ограниченным видовым составом населения (Исаченко, 1933).

Останавливает внимание большое количество бактерий в Карском море, но оно находит объяснение в таянии льдов с принесенными из сибирских рек бактериями и колоссальными количествами диатомового детрита. Наибольшее число бактерий, равное 11 757 млн. в 1 г, обнаружено в коричневых грунтах пролива Вилькицкого с глубины 200 м, т. е. в районе, где происходит встреча двух течений. Эти цифры при выводе средних величин нами не приняты во внимание. Наличие льдов и встреча течений должны быть учтены и при рассмотрении количества бактерий в Чукотском море. Вообще влияние движущихся и тающих льдов не может не отразиться на количественном и видовом составе микрофлоры.

Что касается состава микрофлоры, то в грунтах Карского моря и в заливах Каспийского обнаружено преобладание кокков, а в Азовском и Черном морях — палочек.

Нахождение значительного количества спор бактерий в грунтах Черного моря и спороносных бактерий в воде заслуживает внимания, так как многие исследователи современных морей отмечают отсутствие в воде спор и спороносных бактерий (Буткевич, 1931).

При получении анализа необходимо учитывать, что два образца грунта, взятые, казалось бы, из одного и того же места, в действительности при дрейфе судна берутся из разных мест, и поэтому результаты могут дать значительно отличающиеся цифры: в одном препарате оказалось, например, кокков в семь раз больше, чем в другом. Эту некоторую неточность метода нужно иметь в виду.

Определение количества бактерий в грунтах не только указывает на крупное значение их как действующего фактора в образовании морских фаун, но и позволяет судить о месте, занимаемом бактериями в продукции бентоса. Полученные цифры ясно показывают, какую существенную

роль микроорганизмы играют в формировании морских отложений. Хорошим примером этого может служить биогенное отложение карбонатов, связанное с появлением островов в Карибском море (Bavendamm, 1932), и образование коллоидальной фракции карбоната, цементирующей гальку, песок и т. п. в прочные конгломераты (Исаченко, 1948). В общем роль бактерий в создании минералов типа биолитов, выпадающих в морских осадках, и каустобиолитов неоспорима. Образование тех и других приурочено к мелководным частям морей, заливам, бухтам, лагунам и т. п., где количества бактерий достигают своего максимума.

Перейдем теперь к заслуживающим внимания подсчетам В. С. Буткевича (1931), касающимся бактериальной биомассы Баренцова моря. Приняв величину бактерий в среднем в 1μ , а вес бактерий, заключающихся в 1 см^3 , равным 0.5 мг, Буткевич считает, что бактериальная биомасса на площади 1 м^2 в слое ила толщиной в 1 см достигает 5 г. Таким образом, масса бактерий в слое грунта толщиной 4 см достигает на площади 1 м^2 величины в 20 г и оказывается равной общей продукции бентоса на ту же площадь. Получается полное совпадение количества животного и растительного бентоса, взятого из того же района и, по данным Л. А. Зенкевича, определяемого той же величиной. Буткевич утверждает, что те же соотношения сохраняются и там, где величина бентоса выражается в 300 г на 1 м^2 , так как количество бактерий в грунтах связано с продукцией бентоса.

Таким образом, все эти цифры, несмотря на их приближенность, дают представление о бактериях не только как о весьма активном факторе в биогенных процессах, но и как о факторе, имеющем крупное значение в продукции моря благодаря образуемой ими массе. Цифры эти поразительны.

Принимая вес миллиарда бактерий в 0.5 г, Буткевич (1938 а) подсчитал, что биомасса бактерий в воде обследованных им районов Каспийского моря колеблется в пределах от 50 до 250 мг на 1 м^3 , а в устьях Волги достигает 1 г на 1 м^3 . Биомасса же водорослей, по его подсчетам, может быть выражена величинами от 100 мг до 2 г на 1 м^3 , т. е. мало отличающимися от тех, которыми характеризуется бактериальная биомасса.

Его же вычисления для вод Азовского моря, содержащих 250 тыс. бактерий на 1 см^3 , считая вес миллиарда бактерий в среднем 0.5—1.0 мг, показали, что общая масса бактерий выразится для площади в 1 км^2 в слое воды до 10 м в 1.25—2.5 т, а в 1 км^3 воды находится от 125 до 250 т. Следовательно, в Азовском море биомасса бактерий в 25—30 раз больше, чем в арктических морях.

Из приводимых цифр хорошо видно то значение, которое должно иметь бактериальное население в биогенных процессах в морях.

В связи с обнаруженным громадным бактериальным населением морей возникает вопрос о том, насколько же морская вода как среда, в которой протекает жизнь столь значительных количеств бактерий, нуждающихся для развития в органическом веществе, может служить полноценной средой для их питания. На этот естественный вопрос многочисленные анализы морской воды не дают ответа, так как содержат сведения только о химических элементах, входящих в ее состав, но совершенно не говорят о растворенных в воде веществах органической природы. Об этом в связи с питанием бактерий в морях приходится пожалеть. Попутно нельзя не вспомнить, что еще в 1894 г. русский ученый П. С. Коссович (1896) указывал, что студенистая оболочка водорослей представляет для усваивающих азот бактерий доступную пищу. С этим связано появление в свое время гипотезы И. Рейнке (Reinke, 1903) о симбиозе азотобактера с водорослями, дающими энергетический материал. Выска-

занные Пюттером (Putter, 1907—1909) взгляды о возможности осмотического питания зоопланктона не находили подтверждения за полным отсутствием в литературе сведений об органическом веществе, растворенном в морской воде. Гипотеза Пюттера не могла поэтому встретить сочувствия, но вызвала все же появление анализов воды, и Е. Рабен (Raben, 1910), жестоко критиковавший Пюттера, должен был признать, что в воде Балтийского моря находится не менее 3 мг органического углерода на 1 л. Были получены и другие данные, которые говорили в пользу взглядов Пюттера, но сведения о наличии растворенного органического вещества в морской воде отсутствовали. Предполагалось, что оно могло быть занесено с суши или получено в результате разложения разнообразных организмов в морях и т. п. Попытки выяснить возможность образования органического вещества в самой воде, а также выделения его в воду растительными организмами, как это наблюдается у сухопутных растений, встречали ряд технических затруднений. Поэтому, по моему предложению, моя сотрудница С. В. Горюнова попыталась получить бактериологически чистые культуры водорослей, а затем определить, могут ли они вообще выделять образуемые ими продукты наружу и какие именно. Это оказалось своевременным, так как Круг (1929—1936) опубликовал к этому времени несколько методов анализа воды, освобожденной от бактериальной флоры, после чего появился ряд сообщений, связывающих накопление органического вещества в воде с наличием в ней водорослей (Roberg, 1930 и др.), но непосредственного определения природы этих веществ не было сделано. Поэтому исследователю предстояло выяснить, какие именно вещества водоросли могут выделять в воду и каковы их количества.

В работах Горюновой (1948 б) над *Oscillatoria*, полученной в бактериологически чистой культуре, приводится, что в фильтрах молодых культур могут быть обнаружены щавелевая, винная, лимонная и янтарная кислоты. В литературе это является первым сообщением об экскреции водорослями определенных органических веществ. В фильтрах старых культур обнаружены, кроме того, вещества, которые должны быть отнесены к слизям, возможно типа полисахаридов.

Количество кислот, выделенных в воду водорослями, за 4 месяца достигало на 1 г абсолютно сухого веса:

щавелевой	0.0464 г
винной	0.0073 »
янтарной	0.0963 »
лимонной	0.2664 »

Яблочной кислоты не найдено. В других опытах Горюновой даже в двухмесячной культуре полученные цифры были больше. Кроме того, в фильтрах культур Горюновой были определены летучие кислоты — муравьиная и уксусная, обнаруженные в довольно больших количествах. Так, в одном из опытов в 2.4422 г воздушно-сухих водорослей, при пересчете на уксусную кислоту, было найдено летучих кислот 0.7898. Помимо этого были в фильтрах обнаружены альдегиды.³

Таким образом, существовавший пробел о характере органических веществ, могущих быть обнаруженными в воде, может считаться теперь до известной степени пополненным, и природа органического вещества, поступающего в воду в результате жизненных процессов водорослей,

³ Взято из сданной в печать работы С. В. Горюновой.

определена. Гипотеза Пюттера получает в результате этих исследований известное подкрепление.

Перейдем теперь еще к одному новому факту, обнаруженному нашими учеными.

Имеющиеся сведения о наличии бактериофага в морях совершенно недостаточны; к тому же они касаются преимущественно береговой полосы, загрязняемой сточными водами.

Поэтому весьма важны и интересны данные, полученные нашим сотрудником А. Е. Криссом при исследованиях в Черном море, проведенных специальной экспедицией 1946 г.

Крисс констатировал впервые наличие бактериофага в воде и илах до глубины 2000 м. Насколько известно, бактериофаги, обнаруженные до сих пор в морской воде, вблизи берегов, относились, как и можно было ожидать, к фагам, действующим на кишечно-тифозную группу. Крисс (1947) исследовал воду и поверхностные слои грунта по линии Ялта — Батуми, доставая пробы с различных глубин. Действие морского фага было испытано им на 143 культурах бактерий, выделенных из различных горизонтов воды и илов. Было установлено лизирующее влияние бактериофага на кокки, неспороносные подвижные и неподвижные палочки и спороносные виды. Наличие бактериофага было доказано для воды и илов открытого моря, включая при этом сероводородную зону. Факт этот заслуживает полного внимания даже с точки зрения выяснения природы бактериофага, обнаруженного в безжизненной зоне. В какой степени от наличия бактериофага зависят бактерицидные свойства морской воды, это еще нуждается в выяснении. Но что заставляет задуматься — это устанавливаемое наличие бактериофага в открытой природе, тогда как, по мнению Д'Эрелля, бактериофаг там, где он теперь обнаружен, не должен был находиться. По Д'Эреллю, бактериофаг мог быть обнаружен не в открытом море, а вблизи берегов, там, где «все, что когда-либо соприкасалось с животными испражнениями, должно содержать бактериофагов».

Перед экспериментатором открывается теперь заманчивое поле для исследования влияния бактериофага на бактериальные процессы в воде, на суше и, может быть, в недрах.

В своем сообщении я не остановился на результатах исследования физиологических групп бактерий, широко распространенных в северных и южных морях. Их участие в круговороте веществ в море прочно установлено и столь же несомненно, как и в почвах. Учитывая, что моря и океаны составляют большую часть поверхности земного шара, нельзя не придавать значения вызываемым микроорганизмами процессам в морях и влиянию их, таким образом, на жизнь нашей планеты. Исследования морей и биогенных процессов в них дали обоснование учению о роли микроорганизмов как основного фактора в образовании биолитов и каустобиолитов, играющих исключительно важную роль в народном хозяйстве. Данные, которыми располагает современная наука, не оставляют сомнения в том, что образование нефти, серы и других полезных ископаемых связано с деятельностью микроорганизмов. Максимальное проявление их полезной работы в морях проходит в прибрежной полосе — в лагунах и бухтах. Значение этого дает основные предпосылки к построению планов геологических разведок. Выводы из учения о фациях осадочных толщ, обязанных своим происхождением деятельности микроорганизмов, должны способствовать направлению деятельности геологоразведочных работ. Таким образом, в изучении микрофлоры морей, оживляющих своей деятельностью косную материю, можно усмотреть не только пополнение наших отвлеченных научных знаний, как может ошибочно казаться многим, далеко

стоящим от работ микробиолога, но и главное обоснование и объяснение генезиса многих полезных ископаемых и постановку связанных с этим разведочных работ (Bavendamm, 1932; Prat, 1929).

Приведенные цифры достаточно ясно показывают, что, когда речь идет о роли микроорганизмов в морях, — безразлично, говорим ли мы о Черном море или о каком-либо другом, — мы встречаемся с заселенностью морей бактериями несколько не меньшей, чем планктонными организмами. Количество бактерий, как мы видели, в морской воде достигает 1—2 млн. в 1 см³ (Каспийское море), а в илах превышает 167 млн. в 1 г (Черное море). Биомасса бактериальных тел в воде колеблется от 50 до 250 мг на 1 м³, а биомасса планктонных организмов — от 100 мг до 2 г на 1 м³.

Все это отчетливо показывает величины активно действующего живого вещества, способного вызывать метаморфоз косного вещества, подвергающегося его действию. Если мы попытаемся теперь выяснить, с какими величинами приходится иметь дело при определении активности отдельных физиологических групп в естественных условиях в воде и в донных отложениях, то натолкнемся на очень приблизительные сведения, достаточные для того, чтобы составить представление об активности отдельных групп в образовании биогенных веществ. Этих данных у нас пока нет. Судить об их активности приходится только на основании суммарных определений образуемого ими продукта. Поясню примерами. Образование сероводорода связано с деятельностью разных бактерий — и восстанавливающих сернокислые соли, и разрушающих органическое вещество, но как в действительности выражается деятельность каждой из этих групп, мы не знаем. У нас есть некоторые данные о ходе и энергии образования сероводорода в лабораторных условиях, но так ли происходит этот процесс в природных условиях, мы не только не знаем, но даже не подходим еще в своих исследованиях к изучению его в условиях, хотя бы приближающихся к тем, которые существуют в глубинах морей и которые в какой-то степени должны влиять на ход этого процесса в своеобразной обстановке. Мы не учитываем, что процесс, вызываемый определенными микроорганизмами в лабораторных условиях, происходит в глубинах моря под иным давлением, чем на поверхности, температура илов и придонной воды иная и т. д. Приблизиться в лаборатории к этим условиям хотя бы до известной степени необходимо. У нас нет никаких данных, чтобы судить, производится ли окисление всего сероводорода, притекающего к поверхностным слоям, микроорганизмами или кислородом воды. Как бы ни было заманчиво предположение о существовании в море на границе сероводорода бактериальной «пластинки», но наличие ее пока не доказано. Геологические данные А. Д. Архангельского рисуют интересное нарастание с глубиной карбоната кальция в Черном море: на глубине 13 м количество его достигает 7.31%, а на глубине 83 м — 30.48%. Геологи приписывают это деятельности *Bacterium calcis* (André, 1920), но микробиологи, которые, может быть, и хотели бы в этом видеть торжество изучаемого ими живого фактора, еще не имеют для этого достаточно убедительного материала. Геологи описывают пириты, образовавшиеся внутри клеток диатомовых водорослей и животных организмов. Мы наблюдаем пирит и внутри тел бактерий, но микробиологу надо проследить механизм процесса превращения односернистого железа в двусернистое. При этом необходимо убедиться, что коллоидальное вещество, образующееся в интимной связи с организмом, способно давать кристаллическое вещество. Но кроме нескольких указаний на такой переход железа из одной стадии в другую, исследований не имеется. Еще меньше мы знаем о биогенных

превращениях кремния, элемента чрезвычайно важного в жизни нашей планеты и то исчезающего, то появляющегося в морской воде. Мы на каждом шагу убеждаемся в деятельности микроорганизмов, видим результаты ее, можем на сравнительных опытах показать ряд процессов, наблюдаемых только в их присутствии. Но сведений о динамике процессов, выраженной в цифровых данных, подобных тем, которые рисуют количество бактериального населения, еще недостаточно.

Всем сказанным я хотел бы лишний раз подчеркнуть, что мы не познаем сущности процессов, совершающихся на земной поверхности и в глубинах земли, если не подойдем к исследованиям совместно с химиками, геологами и минералогами; только это приведет нас к глубокому познанию круговорота веществ, непрерывно совершающегося на земной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

- Андрусов Н. Предварительный отчет об участии в Черноморской глубоководной экспедиции 1890 г. Изв. Геогр. об-ва, 1890, т. 26.
- Буткевич В. С. Распределение бактерий в воде и грунтах Баренцева моря. Тр. Океаногр. ин-та, 1931, т. 2.
- Буткевич В. С. О бактериальном населении Каспийского и Азовского морей. Микробиология, 1938 а, т. 7.
- Буткевич В. С. О бактериальном населении морских вод в высокоширотных арктических областях. ДАН СССР, 1938 б, т. 19, № 8.
- Горюнова С. В. Культивирование водорослей в лабораторных условиях (обзор). Микробиология, 1948 а, т. 17.
- Горюнова С. В. Получение бактериологически чистых культур водорослей. Микробиология, 1948 б, т. 17.
- Гурфейн Л. Н. Методы количественного учета бактерий в воде. Арх. биол. наук, 1930, т. 30, в. V—VI.
- Гурфейн Л. Н. О бактериях в Японском море. Микробиология, 1945, т. 14.
- Данильченко П. Т. и Чигирин Н. И. К вопросу о происхождении сероводорода в Черном море. Тр. Севаст. биол. станции, 1926, т. 2, № 10.
- Евдокимов Д. И. К микробиологическому исследованию заливов Мертвый Кулук и Кайдак. Тр. Каспийск. комиссии, 1936, в. 1, ч. 1. (АН СССР).
- Егунов М. А. Серобактерии Одесских лиманов. Арх. биол. наук, 1895, т. 3.
- Егунов М. А. Био-анизотропные бассейны. Ежегодник по геологии и минералогии России, Варшава, 1900, т. 4, вып. 3.
- Егунов М. А. О пластинке серобактерий в Черном море. Вести Одесского сельского господарского института, Одесса, 1926, вып. 2.
- Зелинский Н. Д. О сероводородном брожении в Черном море и одесских лиманах. Южнорусск. мед. газета, Одесса, 1893, № 18—19.
- Исаченко Б. Л. О бактериальных процессах в Азовском и Черном морях. Тр. I Всерос. гидрол. съезда в Ленинграде, 1925.
- Исаченко Б. Л. Микроскопический анализ грунтов Азовского и Черного морей. Зап. Гос. гидрол. ин-та, 1933, т. 10.
- Исаченко Б. Л. Микробиологическая характеристика грунтов и воды Карского моря. Тр. Арктич. ин-та, 1937, т. 82.
- Исаченко Б. Л. О биогенном образовании карбоната кальция. Микробиология, 1948, т. 17.
- Исаченко Б. Л. и Егорова А. А. О бактериальной «пластинке» в Черном море в гипотезе Егунова. Сборник, посвящ. научн. деят. Н. М. Книповича (1885—1939), М., 1939.
- Книпович Н. М. Работы Азовско-Черноморской научно-промышленной экспедиции в 1925—1926 гг., 1927, в. 2.
- Книпович Н. М. Гидрологические исследования в Черном море. Тр. Аз.-Черн. науч.-промысл. экспед., М., 1932, в. 10.
- Колесник Е. А. Микробиологические исследования грунтов южной и средней части Каспийского моря. Тр. Каспийск. комиссии, 1938, в. 2.
- Коссович П. С. Исследования по вопросу, могут ли водоросли усваивать свободный азот. Тр. СПб. Об-ва естеств., 1896, т. 26.
- Крисс А. Е. Микроорганизмы восточной части Северного Ледовитого океана. Микробиология, 1945, т. 14.
- Крисс А. Е. и Рукина Е. А. Бактериофаг в море. ДАН СССР, 1947, т. VII, № 8.

- Ланге-Поздеева И. П. К вопросу об окислении серы и гипосульфита тионовокислыми бактериями. Архив. биол. наук, в. II, 1930, т. 30.
- Малиянец А. А. Микробиологические исследования грунта Каспийского моря. Тр. Азерб. нефт. иссл. ин-та, 1933, т. 18.
- Равич-Щербо Ю. К вопросу о бактериальной пленке в Черном море по гипотезе проф. Егунова. Тр. Севастоп. биол. станции АН СССР, 1930, т. 2.
- Рейнфельд Э. А. Микробиологические исследования грунтов южной части Каспийского моря. Тр. Каспийск. комиссии, 1938, в. 2.
- Штурм Л. Д. Морфологические и культуральные признаки факультативно-аэробных бактерий, восстанавливающих сульфаты. Микробиология, 1948, т. 17, в. 5.
- André K. Geologie des Meeresboden. Bd. 2. 1920.
- Bavendamm W. Die mikrobiologische Kalkfällung in der Tropischen See. Arch. f. microb., 1932, Bd. 3.
- Beyerinck M. W. Le Spirillum desulfuricans, agent de la réduction des sulfates. Arch. Neerl. d. Sc. exactes et nat., 1896, v. 29.
- Brandt K. Über den Stoffwechsel im Meere. Wiss. Meeresuntersuch., 1899, Bd. 4.
- Kořinek J. Ueber die Zersetzungsprozesse der organischen Substanz im Meere. Biochem. Zs., 1928a, Bd. 192.
- Kořinek J. Ueber die Bakteriensymbiose der Oscillatorien. Arch. Protistenkunde, 1928 b, Bd. 64, H. 1-2.
- Pütter. Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena, 1909.
- Prát S. Biolithogenese. Prague, 1929.
- Raben E. Ist organ. Kohlenstoff in nennenswerter Menge im Meerwasser gelöst vorhanden. Wiss. Meeresuntersuch., N. F., 1910, Bd. 2.
- Reinke J. Symbiose von Volvox und Azotobacter, Ber. d. Deutsch. bot. Gesellsch., 1903, Bd. 21.
- Robert M. Ein Beitrag zur Stoffwechselphysiologie der Grünalgen. Janrb. f. Wiss. Bot., 1930, Bd. 72.