ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2022, том 505, № 1, с. 24–29

ГЕОХИМИЯ

УДК 551.35:550.43:550.47:551.464.38

СТО ЛЕТ КОНЦЕПЦИИ “ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА”: КОЛИЧЕСТВО, КАЧЕСТВО И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ОКЕАНЕ

© 2022 г. Член-корреспондент РАН А. Л. Верещака[1,*]

Поступило 21.03.2021 г.
После доработки 22.03.2022 г.
Принято к публикации 23.03.2022 г.

Рассматриваются успехи и неудачи в решении проблем, поставленных В.И. Вернадским 100 лет назад. Анализируется количество и качество “живого вещества”, а также его распределение на Земле. В соответствии с компетенцией автора акцент сделан на самом объемном биогеохимическом резервуаре планеты – Мировом океане. В ряде случаев представленные литературные и оригинальные данные позволяют приблизиться к решению поставленных В.И. Вернадским проблем: оценить количество и описать распределение живого вещества. В частности, приводятся новые данные о роли и распределении живого вещества в толще океаносферы. Для других случаев, связанных с анализом количества однородного живого вещества и его биогеохимической роли, показано отсутствие прогресса за последние десятилетия, но предложены возможные пути решения проблемы.

Ключевые слова: биогеохимия океана, живое вещество, органический углерод, планктон

DOI: 10.31857/S2686739722070180

Еще более важные вопросы связываются с изучением морского планктона. Мы изучаем при наших анализах не реально существующую воду океана, а чисто отвлеченное построение – водный раствор. Этот водный раствор только и принимается нами во внимание во всех наших рассуждениях об океанических химических процессах и, очевидно, должен приводить – и приводит – к неверным заключениям [1].

Исполнилось ровно100 лет со времени окончания цикла работ, объединенных В.И. Вернадским под названием “Живое вещество в земной коре и его геохимическое значение” (1916–1922) [1]. Так родилась биогеохимия – раздел геохимии, который изучает химический состав живого вещества и геохимические процессы, протекающие в биосфере Земли при участии живых организмов. Краеугольным камнем этой комплексной науки является введенное В.И. Вернадским понятие “живого вещества” – “всей совокупности организмов, растительных и животных, в том числе и человека” [2].

В.И. Вернадский поставил ряд проблем, которые не решены, а частично – и не поняты до настоящего времени. Возможная причина заключается в том, что, по утверждению В.И. Вернадского, “к сожалению, биологи очень мало обращают внимание на явления, связанные с живым веществом... Биологи забывают, что изучаемый ими организм является неразрывной частью земной коры, представляет собой механизм, ее изменяющий, и может быть отделен от нее только в нашей абстракции” [1]. С другой стороны, классические геохимики и даже биогеохимики стараются не вникать в проблемы биологических наук, забывая о том, что биогеохимия, как ее понимал основатель, – междисциплинарная наука, решающая общие проблемы биологии, экологии, геохимии. Цель данной работы – вернуться к вопросам, поставленным В.И. Вернадским век назад, показать, где мы продвинулись в их решении, а где так и остались на месте, наметить возможные пути решения проблем. Это будет сделано на примере живого вещества Мирового океана, самого объемного биогеохимического резервуара планеты, изучение которого – ключевая проблема биогеохимии. Запасы и круговорот органического углерода (Сорг) в живом веществе океана во многом определяют многие параметры, необходимые для возникновения нефти и газа, газовый обмен между геосферами (а значит – и климат), потоки почти всех химических элементов, многие из которых функционально связаны с потоками Сорг.

[1]*Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, Москва, Россия*
**E-mail: alv@ocean.ru*

Таблица 1. Современные оценки количества [14] и разнообразия (http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/info/totals) живого вещества на планете

Царство	Количество на планете (Гт С)		Количество в океане	Разнообразие “однородного живого вещества” (тыс. видов)		
	Оценка	Неопределенность оценки (%)		Описанные	Ожидаемые	Оценка полноты каталога, %
Растения (Plantae)	450	20		364.1	368.5	99
Бактерии (Bacteria)	70	1000	1.3	10.0	–	–
Грибы (Fungi)	12	300	0.3	135.1	139.9	97
Археи (Archaea)	7	1300	0.3	0.4	–	–
Простейшие (Protozoa + Chromista)	4	400	2	26.1	–	–
Животные (Animalia)	2	500	2	1205.3	1502.8	80
Вирусы	0.2	20000	–	3.2	–	–
Всего на суше	470	–	–	–	–	–
Всего в океане	6	–	–	–	–	–
Всего в подповерхностной биосфере	70	–	–	–	–	–
Всего на планете	545	70	70	1744.2	2011.1	87

КОЛИЧЕСТВО ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА НА ПЛАНЕТЕ И В ОКЕАНЕ И ЕГО ПОСТОЯНСТВО

“Для того, чтобы учесть геохимический эффект скопления живого вещества... необходимо брать все живые однородные организмы, из всех классов и групп организмов” [1]. *“Реальным объектом геохимии является живой, здоровый организм, со всей той водой, которая его целиком проникает, пока он жив”* [2].

Углерод живого вещества – лишь ничтожная часть от общего содержания углерода нашей планеты (суммарно 100×10^6 Гт). Планетарный углерод в основном содержится в осадочных породах в виде карбонатов и органических соединений (65×10^6 Гт и 16×10^6 Гт, растворен в морской воде в виде CO_2, HCO_3^-, CO_3^{2-}, (38.5×10^3 Гт), накоплен в осадках больших озер (19.5×10^3 Гт), ископаемом топливе (5.2×10^3 Гт), почвах (2.2×10^3 Гт), атмосфере в виде CO_2 (850 Гт), а также в океане в виде растворенной (1000 Гт – [3]) и взвешенной (50 Гт – [3]) органики.

А что же углерод живого вещества? Согласно современным представлениям, основанным на обобщении большого массива данных, общая биомасса живого вещества нашей планеты составляет 547 Гт С (табл. 1). Казалось бы, ничтожная величина (5×10^{-4}% общего С), но биогеохимические циклы именно этого компонента определяют ключевые процессы верхних оболочек Земли. Если использовать коэффициент, связывающий массу Сорг и сырой вес организма, равный 0.05, то масса всего живого вещества составит 1.1×10^{13} т. Условность переходного коэффициента позволяет говорить только о порядке величин (10^{13} т). Эта величина удивительным образом совпадает с предсказанной В.И. Вернадским “$n \times 10^{13}$” [1] и почти на порядок превышает величины $1.9–6.8 \times 10^{12}$ т, полученные относительно недавно. Скорее всего, прав был Владимир Иванович, а не более поздние исследователи!

В.И. Вернадский считал, что количество живого вещества на протяжении всей истории биосферы было постоянным [1, 4], эта точка зрения разделяется многими исследователями. Другие авторы полагали, что масса живого вещества возрастала с течением геологического времени вследствие биологической активности растений. Но вероятнее всего, изменение количества живого вещества не было монотонным. До освоения суши высшими растениями основные биогеохимические процессы происходили в океане, где, в зависимости от условий макромасштабной стратификации, глубины океана оказывались либо насыщенными, либо обедненными жизнью (сценарии подробнее рассмотрены в [5]). Соответственно колебалось количество живого вещества биосферы, при уменьшении его количества часть Сорг переходила и/или захоранивалась в осадках. Вероятно, в позднем палеозое произошло существенное увеличение количества живого вещества за счет наземных древовидных растений, и оно сосредоточилось в основном на суше. Учиты-

вая, что биомасса наземных растений на 70% – это биомасса древесных стеблей и стволов, которые метаболически и биогеохимически инертны [6], уменьшение доли океанического живого вещества в палеозое вряд ли привело к пропорциональному уменьшению его роли в планетарных биогеохимических циклах.

Действительно, базовая величина для оценки биогеохимических циклов углерода – величина первичной продукции, т.е. нового Сорг, произведенного продуцентами. Из двух основных типов – хемо- и фотосинтеза – в настоящее время на планете преобладает фотосинтез. Вклад хемосинтеза в первичную продукцию, по-видимому, невелик и по разным оценкам составляет от 0.02 до 10% [3, 7], хотя на ранних этапах становления биосферы роль хемосинтеза была выше. В настоящее время мы можем относительно уверенно оценить только величину фотосинтетической продукции (оценки в диапазоне 40–103 Гт С/год) и знаем, что ее суммарная величина примерно одинакова для наземной и океанической частей биосферы [3, 8]. Первое следствие такого равенства – меньшая величина первичной продукции, а значит – и количества живого вещества на планете до момента освоения суши растениями. Второе следствие – сравнимые потоки энергии (величины первичной продукции) сосредоточены в 470 Гт живого вещества на суше и в 6 Гт живого вещества в океане (табл. 1). Следовательно, биогеохимические процессы в океане почти в 80 раз более интенсивны, чем на суше. Поэтому живое вещество Мирового океана требует особого внимания.

Из 547 Гт С планетарного живого вещества только 1% (6 Гт С) находится в океане [6]. Казалось бы, стоит ли фокусироваться на такой малой величине? Безусловно, стоит. Во-первых, Мировой океан занимает более 95% обитаемого объема биосферы [9] и, соответственно, является ключевым биогеохимическим резервуаром на планете, где происходят основные процессы.

Во-вторых, живое вещество океана метаболически и биогеохимически на порядки величин более активно, чем живое вещество других районов биосферы – выше показано, что биогеохимические процессы в океане почти в 80 раз более интенсивны, чем на суше. Биомасса наиболее подвижного и метаболически активного царства животных в океане (2 Гт С, в основном рыбы и ракообразные) в 5 раз больше их биомассы на суше (0.4 Гт С, в основном членистоногие и кольчатые черви – [6].

В-третьих, биогеохимические циклы углерода, связанные с трофическими отношениями, в океане протекают не в пример интенсивнее, чем на суше. В океане 1 Гт С продуцентов нового органического вещества дают энергетическую основу для 5 Гт С потребителей этой продукции [6] за счет своей огромной скорости роста и размножения. На суше ситуация прямо противоположная: соответствующе оценки составляют 450 Гт С и 20 Гт С. Таким образом, соотношение продуцентов и потребителей в океане выше на два порядка величин (0.2 и 22.5), что в очередной раз свидетельствует о несоизмеримо более высокой интенсивности происходящих в нем биогеохимических процессов.

Таким образом, в последнее время появились достоверные оценки количества живого вещества на планете, хотя и остались вопросы относительно гидросферы, но в последние годы и здесь достигнут значительный прогресс.

КАЧЕСТВО ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА: РАЗНООБРАЗИЕ ОДНОРОДНОГО ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

“Среди морфологических разновидностей для геохимика наибольшее значение имеют разновидности или правильные подвиды, которые связаны с географическими ареалами и экологическими условиями местности... Однородное живое вещество (совокупность особей одного вида) во многом аналогично по своим геохимическим эффектам тем химическим природным соединениям – минералам – которые участвуют в геохимических процессах” [1].

Согласно В.И. Вернадскому, инвентаризация видового разнообразия, или “однородного живого вещества” для геохимии так же важна, как инвентаризация минералов. Однако задача эта даже сейчас, спустя 100 лет, далека от решения. В настоящее время мы можем предсказать число видов на планете с той же точностью, что и во времена В.И. Вернадского: начиная с 1950-х годов оценки общего числа видов колебались (и до сих пор колеблются) в интервале от 1 до 100 млн [10]. Мы даже не можем оценить порядок величин – заметим только, что число видов одних только многоклеточных растений и животных составляет многие миллионы, причем даже самые современные представления, основанные на огромных массивах данных, крайне противоречивы. Согласно некоторым из них, на планете обитает только 1.8–2.0 млн видов растений и животных, причем только 0.3 млн из них – морские. Похожие оценки (от 2.0 до 2.3 млн) дают обновляемые базы данных (http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/info/totals, https://www.catalogueoflife.org/data/metadata – табл. 1). В то же время считается, что на коралловых рифах обитает 0.8 млн видов многоклеточных растений и животных [11], т.е. только коралловые рифы содержат почти в 3 раза больше видов, чем весь океан, включая малоисследованные глубины. Получается, что оценки разнообразия однородного живого

вещества дают крайне противоречивые результаты даже для относительно хорошо учитываемых организмов из доступных местообитаний. Понятно, что оценки истинного разнообразия живого вещества вирусов, архей, бактерий и протист, равно как оценки разнообразия живого вещества в глубинах океана или в подземной биосфере стоит оставить до лучших времен, в базах данных они даже не приводятся (табл. 1).

Единственным выходом представляется медленная, пошаговая инвентаризация отдельных групп организмов. Естественно, такая инвентаризация требует многолетних усилий экспертов по разным группам – зоологов, ботаников, микробиологов, вирусологов. Для многоклеточных организмов совместное применение морфологических и молекулярно-генетических методов, как это было сделано для ряда океанических групп, позволяет получить не просто список, а эволюционную модель, описывающую филогенетические отношения всех известных видов группы, и уверенно судить об их истинном разнообразии [12]. Для одноклеточных организмов ключ к решению задачи лежит в применении молекулярно-генетических методов: они позволяют выявить разнообразие микробиоты, особенно в глубинах океана [13].

Инвертаризация осложняется тем, что В.И. Вернадский единицей однородного живого вещества считал не виды, а подвиды, которые часто географически изолированы и встречаются в разных биогеохимических провинциях и, следовательно, играют различную роль в биосфере. С учетом подвидов общее число таксонов возрастает в разы. Например, недавние исследования такой, казалось бы, хорошо изученной группы, как криль в такой доступной зоне, как Атлантика, привели к открытию новых видов и подвидов [14].

Таким образом, задача, поставленная В.И. Вернадским, – оценить разнообразие однородного живого вещества, а тем более биогеохимической роли каждого его элемента – так же далека от решения, как и 100 лет назад. За это время мы только сумели осознать, насколько она сложна.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА В ОКЕАНЕ: ПЛЕНКИ ЖИЗНИ

“Для геохимических проблем в настоящее время может быть имеет еще большее значение изучение не химического состава живых существ – но их закономерные скопления сообществ... Несомненно, с точки зрения их весового познания один раздел биологии находится на особом положении... Количественные планктонные исследования начинают в последнее время вызывать критику...Несомненно, планктонные расчеты не захватывают всего живого вещества в этой форме сгущений” [1].

Распределение живого вещества в биосфере крайне неоднородно, поэтому В.И. Вернадский выделил пленки сгущения жизни – районы повышенной концентрации живого вещества на больших пространствах. На суше пленкам жизни соответствуют, например, почвы, которые относительно хорошо изучены. Но наиболее ярко неоднородность распределения живого вещества проявляется в океане – в силу его объема. В океане В.И. Вернадский выделял 2 пленки: поверхностную (слой воды, в котором возможен фотосинтез) и донную (бентосную). Поверхностная пленка жизни неоднородна: в гигантских олиготрофных круговоротах (биогеохимических провинциях по Лонгхерсту), в мезо- и эвтрофных водах, концентрация живого вещества различается на 1–2 порядка и в настоящее время с определенными оговорками может быть учтена методами дистанционного зондирования [15].

В последние десятиления были выделены две новые пленки жизни (узкие слои концентрации биомассы по современной терминологии) – в бентопелагиали (придонном слое) и в мезопелагиали (глубины 200–1000 м). Первая пленка жизни связана с геохимическими процессами в придонном слое океана, обусловленными близостью дна и толщи воды [16]. Эта провинция непрерывна в океане и приобретает разный облик в прибрежных водах, над материковыми склонами и подводными горами, над ложем океана и в окрестностях гидротерм. Бентопелагиаль обменивается органическим веществом как с вышележащими водами, так и с осадками за счет вертикальных миграций живого вещества [16]. Именно в этой пленке (наряду с поверхностной) наиболее активно идет минерализация органического углерода – 97% от Сорг первичной продукции океана и поступления Сорг с суши [3].

Одним из наиболее ярких проявлений бентопелагической пленки являются гидротермальные системы. Энергетической основой живого вещества этих систем служит хемосинтез – образование нового Сорг за счет энергии химических соединений гидротермальных флюидов. Биологическое фракционирование стабильных изотопов позволило на основе распределения $\delta^{13}C$ и $\delta^{15}N$ в живом веществе определить пути транспорта Сорг [17] и установить квазизамкнутость гидротермальных систем. За счет квазизамкнутости концентрация живого вещества может достигать десятков кг/м^3 (т.е. сотен грамм Сорг в кубометре) – возможно, самой высокой концентрации Сорг в гидросфере [18]. Выяснилось, что даже безжизненные с виду пористые карбонаты гидротермальных систем содержат значительное количество живого вещества в форме разнообразной

микробиоты – незримой компоненты, которую удалось исследовать молекулярно-генетическими методами [19].

Вторая океаническая пленка жизни, не выделенная В.И. Вернадским, – не совсем пленка, если учитывать ее толщину (несколько сотен метров) – это мезопелагиаль океана на глубинах 200–1000 м. До последнего времени считалось, что концентрация живого вещества максимальна в поверхностном слое и экспоненциально падает с глубиной. Однако исследования последних лет показали, что в мезопелагиали живого вещества даже больше, чем в поверхностном слое [15].

Масса живого вещества мезопелагиали существенно недооценена, что легко продемонстрировать. Оценим здесь только суммарное Сорг, заключенное в крупной фракции, для которой оценка достоверна: в мезо- (0.2–2 см) и макропланктоне (>2 см) и в рыбах. Если экстраполировать полученные для Атлантики данные по средней величине Сорг мезопланктона (1.85 тС/км^2 – [15]) на тропики и субтропики всего океана, то получим суммарно 0.3 Гт С. Учитывая Сорг мезопланктона Южного океана (0.1–0.2 Гт С – [20]), мезопелагических рыб (0.6–0.8 Гт С) и креветок (0.1 Гт С – [9]), получим общее количество живого вещества 1.1–1.4 Гт С. И это без учета районов севернее 40 с.ш. и эвтрофных зон океана, где интегральные оценки представляются пока преждевременными. Получается, что мезопелагиаль содержит более половины живого вещества гидросферы, заключенного в составе тел животных (2 Гт – табл. 1).

Важно, что основу живого вещества мезопелагиали составляют мигрирующие организмы (мезопланктон, креветки, рыбы), которые ночью питаются в богатых Сорг верхних слоях воды, а ночью опускаются на глубины, чтобы избежать дневных хищников. Масштабы таких вертикальных перемещений грандиозны: одни только мезопелагические креветки ежедневно вертикально перераспределяют 0.1 Гт Сорг [9] на расстояние нескольких сотен метров. Другие группы – планктонные копеподы, рыбы, криль – тоже участвуют в перераспределении живого вещества, но масштабы этого перераспределения еще только предстоит оценить. Такая оценка тем более важна, что в пространстве перемещается очень активное живое вещество: оно вовлекает в свой состав Сорг и кислород в верхних слоях воды, обеспечивает транспорт Сорг на глубины 200–1000 м и далее – пеллетный транспорт на большие глубины, причем с суточной цикличностью. Без механизма пеллетного транспорта отмирающее живое вещество планктона должно было бы практически полностью разлагаться в толще воды и не поступать в донные осадки [7]. Вертикальные миграции в мезопелагиали существенно дополняют механизмы пеллетного транспорта в перераспределении Сорг гидросферы и оценка их биогеохимической роли – одна из наиболее актуальных задач биогеохимии океана.

В заключение отметим, что в изучении особенностей распределения живого вещества вообще и пленок жизни в частности, достигнут больший прогресс, чем в изучении суммарного количества и состава живого вещества. Осталось относительно немного белых пятен, и одно из них связано с распределением живого вещества вне пленок жизни. Самая глубоководная зона океана, ограниченная сверху мезопелагиалью и снизу бентопелагиалью, пусть и имеет пониженную концентрацию живого вещества, занимает бóльшую часть объема гидросферы. Концентрация живого вещества незримой компоненты (бактерий, архей) в этой зоне неизвестна, а кажущаяся безжизненность этих прозрачных вод обманчива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вернадский В.И.* Живое вещество. Москва: Наука, 1978. 358 с.
2. *Вернадский В.И.* Общие соображения об изучении химического состава живых организмов // В.И. Вернадский. Биогеохимические очерки. 1922–1932 гг. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 147–166.
3. *Романкевич Е.А., Ветров А.А., Пересыпкин В.И.* Органическое вещество Мирового океана // Геология и геофизика, 2009. Т. 50. № 4. С. 401–411.
4. *Вернадский В.И.* Живое вещество и биосфера. Отв. ред. А.Л. Яншин. М.: Наука, 1994. 671 с.
5. *Vereshchaka A.L.* Biospheric Evolution: An Oceanologist's View of Research Results and Prospects // Geochemistry International. 2014. 52 (13). P. 1243–1252.
6. *Bar-On Y.M., Phillips R., Milo R.* The Biomass Distribution on Earth // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2018. № 115 (25). P. 6506–6511.
7. Океанология на старте XXI века (посвящено памяти академика М.Е. Виноградова). Верещака А.Л. (отв. ред.). М.: Наука, 2008, 555 с.
8. *Falkowski P.G., Barber R.T., Smetacek V.* Biogeochemical Controls and Feedbacks on Ocean Primary Production // Science. 1998. № 281. P. 200–206.
9. *Vereshchaka A.A., Lunina A.A., Sutton T.* Assessing Deep-pelagic Shrimp Biomass to 3000m in the Atlantic Ocean and Ramifcations of Upscaled Global Biomass // Scientific Reports. 2019. № 9. P. 5946.
10. *Caley M.J., Fisher R., Mengersen K.* Global Species Richness Estimates have not Converged // Trends Ecol. Evol. 2014. № 29. P. 187–188.
11. *Fisher R., O'Leary R.A., Low-Choy S., Mengersen K., Knowlton N., Brainard R.E., Caley M. J.* Species Richness on Coral Reefs and the Pursuit of Convergent Global Estimates // Current Biology. 2015. № 25 (4). P. 500–505.
12. *Vereshchaka A.L., Kulagin D.N., Lunina A.A.* A Phylogenetic Study of Krill (Crustacea: Euphausiacea) Re-

veals New Taxa and Co-evolution of Morphological Characters // Cladistics. 2019. № 35 (2). С. 150–172.

13. *Lara E., Moreira D., Vereshchaka A., López-García P.* Pan-oceanic Distribution of New Highly Diverse Clades of Deep-sea Diplonemids // Env. Microbiol. 2009. № 11 (1). P. 47–55.
14. *Kulagin D.N., Lunina A.A., Simakova U.V., Vereshchaka A.L.* Progressing Diversification and Biogeography of the Mesopelagic *Nematoscelis* (Crustacea: Euphausiacea) in the Atlantic // ICES Journal of Marine Science. 2021. № 78 (9). С. 3457–3463.
15. *Vereshchaka A.L., Abyzova G., Lunina A., Musaeva E., Sutton T.* A Novel Approach Reveals High Zooplankton Standing Stock Deep in the Sea // Biogeosciences. 2016. № 13. P. 6261–6271.
16. *Верещака А.Л.* Глубоководная бентопелагиаль. Жизнь у дна. М.: Научный мир, 2000. 240 с.
17. *Vereshchaka A.L., Vinogradov G.M., Lein A.Yu., Dalton S., Dehairs F.* Carbon and Nitrogen Isotopic Composition of Collected Fauna from Broken Spur Hydrothermal Vent Field // Marine Biology. 2000. № 136 (1). P. 11–17.
18. Экосистемы атлантических гидротерм. Виноградов М.Е., Верещака А.Л. (отв. ред.). М.: Наука, 2006, 345 с.
19. *López-García, P., Vereshchaka A., Moreira D.* Eukaryotic Diversity Associated with Carbonates and Fluid–seawater Interface in Lost City Hydrothermal Field // Env. Microbiol. 2007. № 9 (2). P. 546–554.
20. *Vereshchaka A.L., Lunina A.A., Mikaelyan A.S.* Surface Chlorophyll Concentration as a Mesoplankton Biomass Assessment Tool in the Southern Ocean Region // Global Ecology and Biogeography. 2022. № 31 (3). P. 405–424.

A HUNDRED YEARS OF THE “LIVING MATTER” CONCEPT: QUANTITY, QUALITY, AND DISTRIBUTION IN THE OCEAN

Corresponding Member of the RAS A. L. Vereshchaka[a,#]

[a] *Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

[#] *E-mail: alv@ocean.ru*

The paper discusses advances and failures in solving the problems posed by V.I. Vernadsky 100 years ago. The quantity and quality of “living matter” along with its distribution on Earth are analyzed. In accordance with the competence of the author, the paper is focused on the most voluminous biogeochemical reservoir of the planet, i.e., the World Ocean. In a number of cases, the presented literature and original data demonstrate a progress in the solution of V.I. Vernadsky problems: the estimation of the quantity and the description of the distribution of living matter. In particular, new data on the role and distribution of the living matter in the oceanosphere are presented. In other cases such as the analysis of the amount of homogeneous living matter and its biogeochemical role, there is no visible progress over the past decades but possible solutions to the problem are proposed. The article may be of interest to a wide range of biogeochemists, biologists, and oceanologists.

Keywords: ocean biogeochemistry, living matter, organic carbon, plankton