

ГЕОГРАФИЯ

УДК 552.52:551.311.4:577.46

Н. Н. Верзилин¹, Н. С. Окнова²

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ВОЗНИКНОВЕНИИ И ЭВОЛЮЦИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Университетская наб., 7/9

² Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ), Российская Федерация, 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., 39

Можно предполагать, что энергия, необходимая для возникновения и развития первичных организмов из абиогенного органического вещества, поступала в основном от глинистых минералов. Эти минералы при образовании аккумулировали в себе большое количество солнечной энергии. Согласно В. И. Лебедеву, в глинистых минералах накапливалась энергия при замещении ими под воздействием солнечной энергии полевых шпатов. Обогащенность глинистых минералов энергией, по С. Л. Шварцеву, вызвана и связыванием ими большого количества воды с переводом ее на более высокий энергетический уровень. В связи с этим глины становятся носителями огромных запасов аккумулированной солнечной энергии. Кроме того, в глинистых минералах, как наиболее тонкодисперсных, содержится громадное количество поверхностной энергии. Дезинтеграция материала при образовании глинистых минералов требует больших энергетических затрат, покрываемых в основном за счет солнечной энергии. Таким образом, энергоемкость глинистых минералов очень велика, больше всех других неорганических пород. Поэтому, вероятно, только глинистые минералы в осадке могли создавать обстановки на дне водоемов, наиболее благоприятные для преобразования небиогенного органического вещества в биогенное. Глинистые илы обычно очень насыщены водой. Есть данные, что насыщение до 84–93% могло существовать на протяжении, по крайней мере, до 3850 лет. Глинистые илы при преобразовании органического вещества часто могли быть источником различных химических элементов и действовать как катализаторы. Можно считать, что первичная жизнь возникла в глинистых осадках, служивших энергоисточником, а в какой-то мере и источником вещества для первичных организмов. Библиогр. 27 назв. Ил. 3. Табл. 1.

Ключевые слова: возникновение жизни, энергетическая роль глинистых минералов, значение глинистых минералов в возникновении жизни, связь осадочных образований и жизни, глинообразование и жизнь.

N. N. Verzhilin¹, N. S. Oknova²

ENERGIC ROLE OF CLAY MINERALS IN ARISING AND EVOLUTION LIFE OF LAND

¹ St. Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

² All-Russia Petroleum Researcher Exploration Institute (VNIIGRI), 39, Liteinyi pr., St. Petersburg, 191014, Russian Federation

Possible expect that energy, necessary for arising and developments of a primary organism from abio-genic organic material entered basically from clay mineral. These minerals when forming accumulated

in itself big amount of the solar energy. According to V.I. Lebedev in clay minerals were accumulated energy under substitution them under influence of the solar energy of the feldspars. Enrichment of clay minerals by energy, according to S. L. Shvarcev, is also caused by collecting them by big amount of water with translation of it on more high energy level. The carrier enormous spare becomes clay's accumulation of solar energy. Besides, in clay minerals, as most thin dispersion, is kept the huge amount of energy. Desintegration of material when forming clay minerals requires a greater energy expenditure, mostly covered by solar energy. Thereby, energy role of clay minerals is great, more than all other inorganic sorts. So, probably, only clay minerals in setting could create the situations on the bottom of the reservoir which are the most favorable for transformation of non-biogenic organic material into biogenic. Clay silts usually are much saturated by water. There is data that saturation of up to 84–93 % could exist during at least 3850 years. Clay silts at transformation of organic material often could be a source of a different chemical element and act as catalysts. It is possible to conclude that primary life appeared in clay setting, which served as energy source, but in some measure also source material for primary organisms. Refs 27. Figs 3. Table 1.

Keywords: origin of life, energy role clay minerals, importance clay minerals in arising the life, role of the sedimentary formation and life, clay and life.

Обсуждая условия возникновения жизни на Земле, необходимо рассмотреть ее энергетическую основу. Мы предлагаем один из вариантов ее оценки с позиции географо-геологических сведений.

Принято считать, что неорганический синтез «органических» молекул преджизни осуществлялся за счет энергии коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца. В то же время считается, что возникавшие сложные органические молекулы уже нуждались в защите от интенсивного ультрафиолетового излучения. Поэтому, вероятно, поздние стадии образования небιοгенных органических молекул уже не могли происходить без такой защиты [1]. Значит, сохраняться от губительного ультрафиолетового излучения небιοгенное органическое вещество могло только на глубине водоемов под защитой примерно десятиметрового слоя воды [2, 3]. Соответственно, лишь на глубине водоемов более 10 м могла возникнуть и жизнь, для чего должна была быть затрачена определенная энергия. Это однозначно следует из основы существования жизни — фотосинтеза. Ведь он является эндотермическим процессом с большим поглощением энергии, что может быть выражено реакцией $2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 470\text{кДж} = \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Необходимая для фотосинтеза и большинства других процессов в биосфере энергия поступает от Солнца. Но вряд ли солнечная энергия в достаточном количестве могла поступать и накапливаться в донных осадках водоемов на глубине более 10 м в местах захоронения абиогенного органического вещества. Такой процесс представляется нереальным. Вероятно, энергетический источник возникновения жизни был иным, а не непосредственно проникавшая на дно водоемов с присутствующим небιοгенным органическим веществом солнечная энергия.

Можно полагать, что энергия, необходимая для возникновения и развития первичных организмов из абиогенного органического вещества, поступала, как и некоторые необходимые для них элементы, в основном от глинистых минералов. Эти минералы с момента своего возникновения разнопланово аккумулировали в себе большое количество солнечной энергии. По масштабам такой аккумуляции и общей массе ее на Земле, нам представляется, среди осадков и осадочных пород сходных образований больше нет. Тем более их не могло быть во время возникновения на нашей планете жизни, т. е. когда общий спектр осадочных пород был значительно меньше.

Прежде чем перейти к энергетической роли глинистых минералов, рассмотрим значение основных действующих на Земле потоков энергии, поступающих в географическую оболочку. Необходимо отметить, что подавляющую массу их составляет солнечная (экзогенная) энергия. Она в несколько тысяч раз превосходит всю энергию, идущую из земных недр (эндогенную) и выделяющуюся при гравитационном взаимодействии Земли с соседними космическими телами, прежде всего с Луной и Солнцем (энергию приливного трения). Соотношение мощностей основных потоков энергии, поступающих в географическую оболочку, показано в таблице.

Мощность потоков энергии, поступающих в географическую оболочку [4]

Поток энергии	Мощность, Дж/м ² ·с
Солнечная энергия (поглощенная атмосферой и земной поверхностью)	230
Энергия окисления органического вещества	0,4–0,6
Геотермическое тепло	~0,1
Антропогенное производство энергии	0,032
Распад радиоактивных изотопов	~0,007
Энергия приливного трения	0,0035
Тектоническая энергия	~0,001
Энергия космических лучей	2,10 ⁻⁶ –3,10 ⁻⁶

Существенно, что на втором месте по значению после солнечной энергии стоит энергия окисления органического вещества, превосходящая примерно в пять раз всю эндогенную энергию, идущую из недр Земли. К экзогенной энергии следует отнести и антропогенную. Более того, определенную часть «эндогенной» энергии составляет первичная солнечная энергия, преобразованная в геологическом прошлом в основном в результате деятельности живого вещества и накопленная в виде энергии химических связей в разнообразных «геохимических аккумуляторах» и собственно в захороненном органическом веществе. Значительное преобладание экзогенной энергии при формировании географической оболочки проявляется и в широком образовании на ее поверхности под контролем климата разнообразных осадочных пород. Таким образом, на Земле резко преобладает экзогенная энергия. Она поступает к поверхности планеты и в большой мере поглощается ею. Энергия же, идущая из недр, покидает нашу планету, в конечном счете не оказывая на нее существенного воздействия.

В геологической истории Земли отчетливо проявляется эволюция основных энергетических процессов. Так, в начале ее существования распад радиоактивных изотопов давал энергии примерно в 9 раз больше, чем они дают в настоящее время. Энергии же окисления биогенного органического вещества вообще не было. Соответственно смена времени отсутствия на Земле жизни ее возникновением и распространением кардинально изменила энергетические потоки. Одна лишь энергия окисления органического вещества, появившаяся на Земле с развитием жизни, примерно в пять раз стала превосходить энергию, поступающую в географическую оболочку из недр Земли.

Знаменательно, что внутреннее тепло Земли, по существу, не оказывает влияния на температуру на поверхности планеты и тем более на ее климат. Величина теплового потока из недр Земли примерно в 200 раз меньше, чем поглощается ее поверх-

ностью вследствие солнечной радиации. Если же рассматривать величину энергии солнечного излучения, падающего на поверхность Земли, то она в 10 тыс. раз превосходит величину внутреннего теплового потока планеты [5]. Таким образом, экзогенная солнечная энергия является для нашей планеты определяющей, в том числе формирующей климат. Солнечная энергия, вода и жизнь явились основой энергетической эволюции Земли. Представляется, что начало этой эволюции было прежде всего связано с минеральными преобразованиями под воздействием солнечной энергии типичных эндогенных минералов полевых шпатов в экзогенные — глинистые.

Согласно гипотезе, предложенной В.И.Лебедевым еще в середине прошлого столетия и обосновывавшейся в течение почти полувека [6–9], при таких преобразованиях происходили существенные перестройки не только строения минералов, но и их энергоемкости. Он обратил внимание на то, что в полевых шпатах атомы алюминия находятся в центре кислородных тетраэдров и расстояние между алюминием и кислородом составляет 0,16–0,175 нм. В глинистых минералах часть алюминия входит в шестерную координацию. Соответственно расстояние между алюминием и кислородом в этом случае увеличивается и составляет 0,18–0,20 нм. Таким образом, при замещении полевых шпатов глинистыми минералами расстояние между атомами алюминия и кислорода в кристаллических решетках возрастает. На увеличение расстояния между атомами должна была затратиться энергия. Отсюда следует, что глины по сравнению с полевыми шпатами обогащены энергией. Авторы, как указывалось ранее, в частности в [10, 11], принимают гипотезу В.И.Лебедева.

Существенная обогащенность глинистых минералов энергией, но вследствие других причин, следует и из исследований С.Л.Шварцева [12, 13]. Его представления четко иллюстрируются следующей цитатой: «Глины, связывая в процессе своего формирования большое количество воды, одновременно переводят ее на более высокий энергетический уровень и потому становятся носителями огромных запасов аккумулированной солнечной энергии» [13, с. 82].

Упомянутые гипотезы, по нашему мнению, не противоречат одна другой. Напротив, они дополняют друг друга, свидетельствуя, что при образовании глин происходит разносторонняя аккумуляция солнечной энергии. В энергетическом смысле глины как энергетически емкие минералы, возможно, могут рассматриваться в качестве аналогов каменных углей и других органических веществ. Можно предполагать, что энергия, заключенная в глинистых минералах, выделялась при погружении их на значительные глубины в земную кору и при превращении глинистых пород в магму. Экзогенная энергия, таким образом, переносилась и выделялась на глубине. Затем из охлаждавшейся магмы могли выкристаллизовываться полевые шпаты. Энергетический экзогенный — эндогенный породный круг таким образом замыкался. Первоисточником его были солнечная энергия и процессы выветривания.

Кроме того, в глинистых минералах, наиболее тонкодисперсных и широко распространенных на поверхности Земли осадочных образованиях, должно содержаться большое количество поверхностной энергии (энергии дезинтеграции). Глинистые минералы обычно образуются по значительно более крупным минеральным образованиям — полевым шпатам. Соответственно при этом процессе происходит дробление минеральных образований. Однако дезинтеграция горной породы требует колоссальных энергетических затрат, покрываемых в основном за счет солнечной энергии. Поэтому процесс раздробления горной породы

нередко считают одним из самых мощных аккумуляторов энергии географической оболочки [14]. Значит, глинистые минералы должны содержать значительное количество энергии дезинтеграции. Как она расходуется, трудно сказать. Однако представляется, что собственно в глинах, до перехода их в метаморфические породы (аргиллиты), эта энергия в основном сохраняется, т. е. можно предполагать, насколько сохраняется тонкозернистость глинистого материала, его состав, настолько остается в нем и энергии дезинтеграции.

В связи с вышеотмеченным считаем, что энергоемкость глинистых пород и минералов очень велика, больше всех других неорганических пород. Она определяется их кристаллическим строением, более энергетически емким, чем у минералов материнских для глин (в основном полевых шпатов); высоким энергетическим уровнем, связанной с глинистыми минералами водой и большой поверхностной энергией, характерной для тонкодисперсных материалов.

В свете обсуждаемой проблемы рассмотрим возможную генетическую связь между глинистыми минералами и возникновением на Земле жизни. Принято считать, что около 4000 млн лет назад, т. е. до появления жизни на Земле, среди осадочных пород практически были лишь глины (в количестве несколько более 25 %), граувакки и вторичные кварциты [15]. На эти образования суммарно приходилось около 50 % всех пород, остальные были подводно-вулканогенными. Около 3500 млн. лет назад, когда на Земле, несомненно, уже существовала жизнь, комплекс осадочных пород был значительно более разнообразным. Были широко развиты джеспилиты, аркозы, кварцевые пески, стали формироваться карбонатные осадки. Возможно, не существовали еще лишь эвапоритовые образования. Общая масса осадочных пород достигала примерно 60 %, причем глины стали составлять около 40 %, т. е. их относительная масса достигла значений, типичных для всего архей-протерозойского возраста (рис. 1) [15].

Поскольку остатки организмов, встречающиеся в отложениях возрастом около 3500 млн лет назад, не являются очень примитивными, считают, что более простые организмы должны были появиться значительно раньше, возможно, ближе к 4000 млн лет назад [16]. В таком случае четкое появление разнообразия осадочных пород к 3500 млн лет назад нужно объяснять бурным развитием жизни. Функционирование организмов делало осадочный процесс более разнообразным, разносторонним, быстротечным. Появление и развитие жизни на Земле, конечно, не могло не привести к увеличению разнообразия осадочных пород и возрастанию скоростей формирования их разновидностей, связанных с жизнедеятельностью организмов. Так, например, иногда происхождение, а тем самым и появление в географической оболочке, карбонатных осадочных пород объясняют метаболизмом цианобактерий. Формирование залежей элементной серы и оксидов железа рассматривают как результат жизнедеятельности цианобактерий и фототрофных бактерий [17].

Представляется, что осадочный процесс, в свою очередь, должен был оказывать существенное воздействие на возникновение жизни на Земле. При этом из образовавшихся тогда осадков и пород его могли оказывать только глинистые осадки. Граувакки и вторичные кварциты формировались преимущественно в мелководье, где жизнь под воздействием интенсивного ультрафиолетового излучения не могла возникнуть. Кроме того, они содержали лишь небольшое количество поровой

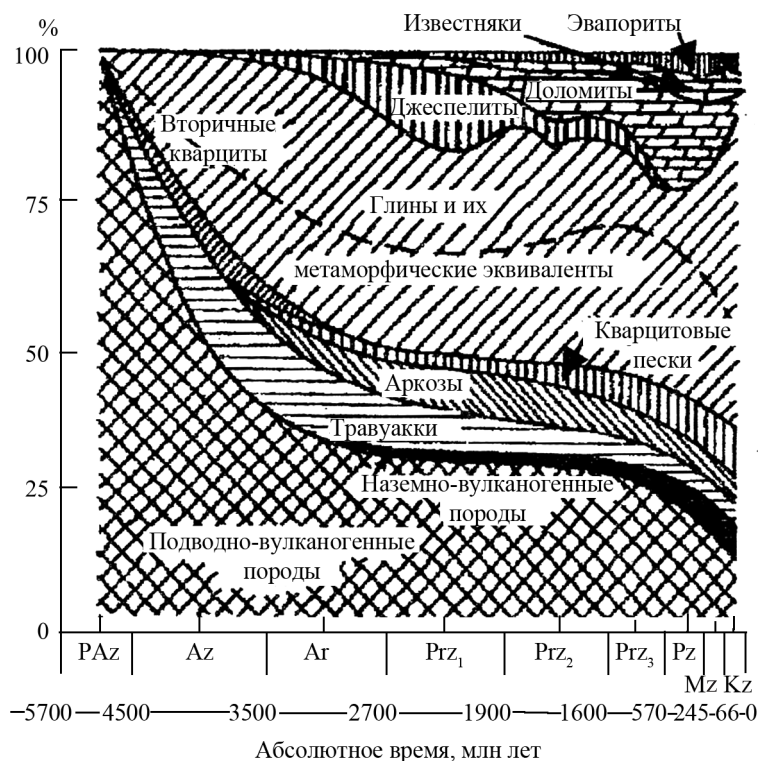


Рис. 1. Схема эволюции литологического состава и пропорций осадочных и вулканогенных пород областей осадконакопления материков [15]

воды, и в них отсутствовали легкоподвижные элементы, вероятно, необходимые для живых организмов.

Только глинистые минералы в осадке могли создавать обстановки на дне водоемов, наиболее благоприятные для преобразования небиогенного органического вещества в биогенное, т. е. условия, способствующие возникновению жизни. Именно в глинистых минералах часто содержатся различные подвижные химические элементы, входящие и в состав живого вещества. При этом что представляет особенно важным, глинистые илы обычно очень насыщены водой. Вода в илистых осадках часто содержится в количестве около 80–90%. Так, в озерах Макаровское и Ламское, располагающихся с разных сторон от водораздела между Ладожским озером и Финским заливом, в илистых осадках содержится воды 84–93% (рис. 2). При этом, возраст илов ниже поверхности дна 1,8–1,9 м по радиоуглеродным определениям составляет 3850 ± 150 лет назад [18]. Приведенный пример свидетельствует, что насыщенные водой глинистые осадки могут существовать достаточно долго. Соответственно в таких условиях они на протяжении длительного времени могли накапливать в себе различные, в том числе необходимые для живых организмов элементы. Поэтому в далеком прошлом, еще до возникновения живых организмов, при уплотнении глинистых илов вследствие отжимания воды в них могла происходить значительная концентрация различных элементов, включая и способствовавших

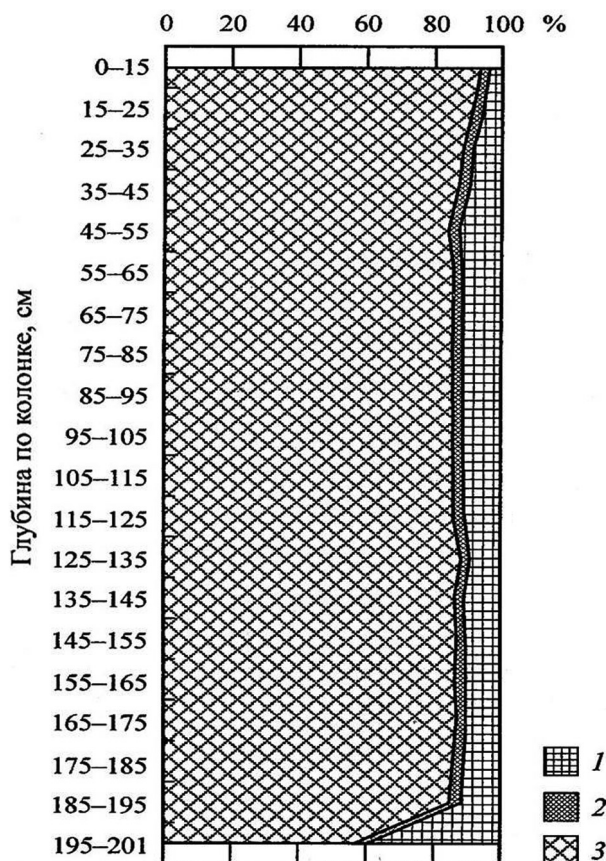


Рис. 2. Содержание влаги, потерь при прокаливании (п.п.п.) и минеральной составляющей в пробах донных отложений оз. Макаровское [18]

1 — минеральная составляющая, 2 — п.п.п. при 5000 °С, 3 — влажность.

переходу органического вещества в органогенное. Важно, что глинистые минералы часто могли при преобразовании органического вещества действовать как катализаторы. Глинистые илы не только обеспечивали наличие повышенных концентраций в месте накопления органического вещества, необходимых для живых организмов фосфора, железа, магния, серы и других элементов, но и были катализаторами процессов преобразования минерального органического вещества в биогенное [1, 19–21].

Если рассматривать образование глин после возникновения на Земле жизни, то авторы не могут согласиться с мнением [13], что аккумуляция глинами энергии — это процесс абиогенный. Конечно, до возникновения жизни он не мог быть иным, но после появления живых организмов в месте образования глинистых минералов организмы стали оказывать существенное, а подчас и определяющее влияние на процессы образования глин. Именно организмы и продукты их жизнедеятельности создают контрастность геохимических сред и ускоряют геохимические

процессы иногда на несколько порядков. Так, бактерии нередко извлекают калий из микроклина и мусковита, образуя глинистые минералы. Корни же примитивных растений выделяют столь высокие концентрации водородных ионов, которых оказывается достаточно, чтобы привести к выветриванию полевые шпаты в свежих породах и тем самым к образованию глинистых минералов [22]. О значительном увеличении глинистых минералов вследствие возникновения жизни на Земле (около 4000 млн лет назад) и позже при развитии ее на суше, по нашему мнению, свидетельствует получившая широкую известность схема эволюции литологического состава и пропорций осадочных и вулканических пород (см. рис. 1), предложенная А. Б. Роновым [15].

Вероятно, именно с глобальным влиянием живых организмов и продуктов их жизнедеятельности на процессы глинообразования в основном связаны кардинальные изменения минерального состава глин во времени, показанные, в частности, в [23, 24]. Например, резкое глобальное увеличение содержаний монтмориллонита и каолинита и уменьшение иллита (гидрослюд) в каменноугольное время, скорее всего, может быть вызвано широким распространением на суше растительности и процессов почвообразования (рис. 3). О влиянии органического вещества на глинистые минералы, особенно группы монтмориллонита, указывает и наличие органоглин — продуктов реакции глинистых минералов с органическими молекулами, приводящих к образованию определенных химических связей [21].

Существенным для суждения о связи глинистых минералов с жизнью представляется утверждение, что в глинистых породах, если они содержат хотя бы

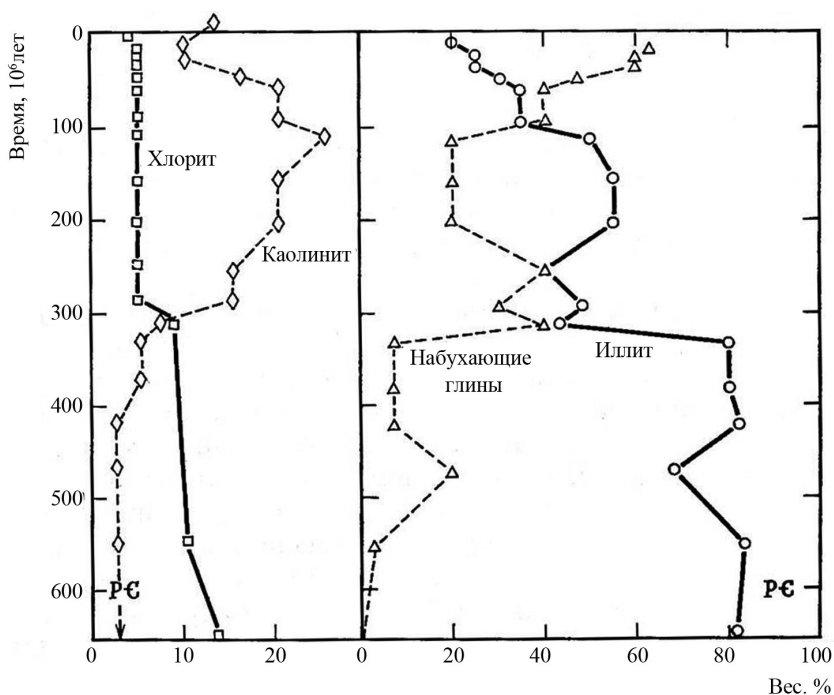


Рис. 3. Изменение относительного содержания глинистых минералов в зависимости от возраста, по данным Уивера [23]

минимальное количество углерода, можно обнаружить фоссилизированные остатки микробов, в связи с чем при построении общей истории осадочного процесса необходимо выделить специальное направление — бактериальный литогенез [25]. Несколько ранее Н. В. Логвиненко и И. С. Грамберг писали, что все экзогенные геохимические процессы в той или иной степени являются биогеохимическими [26], а потому, по мнению Н. В. Логвиненко, оценивая роль биоса, и в частности бактерий, наука литология может быть названа литобиогеохимией [27].

Мы целиком разделяем мнение о чрезвычайно большой связи между глинистыми минералами и бактериальной жизнью. И эта связь, по нашему мнению, проявляется не только в частом нахождении в глинистых породах следов остатков бактерий, но и в том, что первичная жизнь возникла именно в глинистых осадках, служивших энергоисточником, а возможно, в какой-то мере и источником вещества для первичных организмов.

Литература

1. Руттен М. Происхождение жизни (естественным путем). М.: Мир. 1973. 411 с.
2. Berkner L. V., Marshall L. C. On the origin and rise of oxygen concentration in the Earth's atmosphere // J. Atmosph. Sci. 1965. Vol. 22, N 3. P. 225–261.
3. Berkner L. V., Marshall L. C. Limitation on oxygen concentration in a primitive planetary atmosphere // J. Atmosph. Sci. 1966. Vol. 23, N 2. P. 133–143.
4. Бобков А. А., Селиверстов Ю. П. Землеведение: учебник для вузов. М.: Академический Проект, 2006. 537 с.
5. Лебедев С. В. Тепловое геофизическое поле и его роль в представлениях о строении земных недр // Геология, геоэкология, эволюционная география: коллективная монография. Т. XIII. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2014. С. 10–15.
6. Лебедев В. И. К проблеме каолинового ядра // Доклады АН СССР. 1946. Т. 51, № 1. С. 57–60.
7. Лебедев В. И. Основы энергетического анализа геохимических процессов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1957. 342 с.
8. Лебедев В. И. О действительных и мнимых глобальных проблемах охраны окружающей среды и значение их правильного понимания // Вестн. Ленингр. ун-та. 1976. № 18. С. 12–2.
9. Лебедев В. И. Каолиновое ядро — гениальная ошибка и ее значение для геолого-минералогических наук // Современные геологические проблемы учения В. И. Вернадского о биосфере. Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1990. Т. 81, вып. 2. С. 168–177.
10. Верзилин Н. Н. Живое вещество как определяющий фактор развития палеогеографических обстановок и геологических процессов в истории Земли // Современные геологические проблемы учения В. И. Вернадского о биосфере. Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1990. Т. 81, вып. 2. С. 129–155.
11. Верзилин Н. Н., Окнова Н. С. О роли живого вещества в энергетике Земли. В связи со 100-летием со дня рождения В. И. Лебедева // Геология, геоэкология, эволюционная география: Сборник научных трудов. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. С. 25–30.
12. Шварцев С. Л. К проблеме самоорганизации геологической системы вода — порода // Геология и геофизика. 1995. № 4. С. 22–29.
13. Шварцев С. Л. Прогрессивно самоорганизующиеся абиогенные диссипативные структуры в геологической истории Земли // Литосфера. 2007. № 1. С. 65–89.
14. Боков В. А., Селиверстов Ю. П., Черванов И. Г. Общее землеведение: учебник. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. 268 с.
15. Ронов А. Б. Стратисфера или осадочная оболочка Земли (количественные исследования). М.: Наука, 1993. 144 с.
16. Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации // Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 126–143.
17. Пиневиц А. В. Микробиология железа и марганца. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2005. 374 с.
18. Верзилин Н. Н., Сулейманова Т. А. Новые данные о Гейниокском проливе // Известия РГО. 2007. Т. 139, вып. 3. С. 63–72.

19. Бернал Дж. Возникновение жизни. М.: Мир, 1969. 294 с.
20. Верзилин Н. Н. Учение о биосфере (эволюция биосферы): учебное пособие. СПб., 2004. 212 с.
21. Дегенс Э. Геохимия осадочных образований. М.: Мир, 1967. 299 с.
22. Келлер У. Д. Основы химического выветривания // Геохимия литогенеза. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. С. 85–195.
23. Гаррелс Р, Макензи Ф. Эволюция осадочных пород. М.: Мир, 1974. 272 с.
24. Петтиджон Ф. Дж. Осадочные породы. М.: Недра, 1981. 751 с.
25. Антошкина А. И. Бактериальный литогенез // Обзор концептуальных проблем литологии. М.: ГЕОС, 2012. С. 89–105.
26. Логвиненко Н. В., Грамберг И. С. Введение в геохимию экзогенных процессов. СПб.: Изд-во С.-Петербурга, ун-та, 1997. 132 с.
27. Логвиненко Н. В. Литология и/или литобиогеохимия // Проблемы геологии и минералогии на рубеже веков (доклады на юбилейной сессии СПбОЕ). СПб.: Изд-во С.-Петербурга, ун-та, 2000. С. 13–20.

References

1. Rutten M. *Proiskhozhdenie zhizni (estestvennym putem) [Origin of life (the natural way)]*. Moscow, World Publ., 1973. 411 p. (In Russian)
2. Berkner L. V., Marshall L. C. On the origin and rise of oxygen concentration in the Earth's atmosphere. *J. Atmosph. Sci.*, 1965, vol. 22, no. 3, pp. 225–261. (In Russian)
3. Berkner L. V., Marshall L. C. Limitation on oxygen concentration in a primitive planetary atmosphere. *J. Atmosph. Sci.*, 1966, vol. 23, no. 2, pp. 133–143.
4. Bobkov A. A., Seliverstov Iu. P. *Zemlevedenie: uchebnik dlia vuzov [Zemlevedenie: Textbook for high school]*. Moscow, Academic Project Publ., 2006. 537 p. (In Russian)
5. Lebedev S. V. Teplovoe geofizicheskoe pole i ego rol' v predstavleniiakh o stroenii Zemnykh nedr [The Heat geophysical field and its role in beliefs about construction of the Terrestrial depths]. *Geologiya, geokologiya, evoliutsionnaia geografiia: kollektivnaia monografiia. T. XIII [Geology, geoecology, evolution geography: Collective monograph. That XIII]*. St. Petersburg, RGPU im. A. I. Gercen Publ., 2014, pp. 10–15. (In Russian)
6. Lebedev V. I. K probleme kaolinovogo iadra [To problem kaolin core]. *Doklady AN SSSR [Reports AS USSR]*, 1946, vol. 51, no. 1, pp. 57–60. (In Russian)
7. Lebedev V. I. *Osnovy energeticheskogo analiza geokhimicheskikh protsessov [The Bases of the energy analysis geohemic processes]*. Leningrad, Leningrad University Press, 1957. 342 p. (In Russian)
8. Lebedev V. I. O deistvitel'nykh i mnimyykh global'nykh problemakh okhrany okruzhaiushchei sredy i znachenie ikh pravil'nogo ponimaniia [About real and rumped global problems guard surrounding ambiances and importance their correct understanding]. *Vestnik of Leningrad University*, 1976, no. 18, pp. 12–2. (In Russian)
9. Lebedev V. I. Kaolinovoe iadro — genial'naia oshibka i ee znachenie dlia geologo-mineralogicheskikh nauk [Kaolin core — genius mistake and its importance for geologo-mineral sciences]. *Sovremennye geologicheskie problemy ucheniia V. I. Vernadskogo o biosfere. Trudy Leningradskogo obshchestva estestvoispytatelei. T. 81, vyp. 2 [Modern geological problems of the teaching V. I. Vernadskiy about biosfera. The Works Leningrad society naturalists. Vol. 81, issue. 2]*. 1990, pp. 168–177. (In Russian)
10. Verzilin N. N. Zhivoe veshchestvo kak opredeliaiushchii faktor razvitiia paleogeograficheskikh obstanovok i geologicheskikh protsessov v istorii Zemli [The Alive material as defining factor of the development paleogeographic situations and geological processes in histories of the Land]. *Sovremennye geologicheskie problemy ucheniia V. I. Vernadskogo o biosfere. Trudy Leningradskogo obshchestva estestvoispytatelei. T. 81, vyp. 2 [Modern geological problems of the teaching V. I. Vernadskiy about biosfera. The Works Leningrad society naturalists. vol. 81, issue. 2]*. 1990, pp. 129–155. (In Russian)
11. Verzilin N. N., Oknova N. S. O roli zhivogo veshchestva v energetike Zemli. V sviazi so 100-letiem so dnia rozhdeniia V. I. Lebedeva [The alive material dug About in energy of the Land in relationship with 100-sentury since birth day V. I. Lebedeva]. *Geologiya, geokologiya, evoliutsionnaia geografiia: Sbornik nauchnykh trudov [Geology, geoecology, evolution geography: Collection of the scientific works]*. St. Petersburg, RGPU im. A. I. Gertsena Publ., 2011, pp. 25–30. (In Russian)
12. Shvartsev S. L. K probleme samoorganizatsii geologicheskoi sistemy voda — poroda [To problem self-organization geological system water — a sort]. *Geologiya i geofizika [The Geology and geophysics]*, 1995, no. 4, pp. 22–29. (In Russian)

13. Shvartsev S.L. Progressivno samoorganizuiushchiesia abiogennye dissipativnye struktury v geologicheskoi istorii Zemli [Progressive self-organizing abiogenic dissipation of the structure in geological history of the Land]. *Litosfera [Lithosphere]*, 2007, no. 1, pp. 65–89. (In Russian)
14. Bokov V.A., Seliverstov Iu.P., Chervanov I.G. *Obshchee zemlevedenie: uchebnyk [The General Zemlevedenie. The Textbook]*. St. Petersburg, St.-Petersburg University Press, 1999. 268 p. (In Russian)
15. Ronov A.B. *Stratisfera ili osadochnaia obolochka Zemli (kolichestvennye issledovaniia) [Stratisfera or sedimentary shell of the Land (the quantitative studies)]*. Moscow, Nauka Publ., 1993. 144 p. (In Russian)
16. Sokolov B.S. Organicheskiy mir Zemli na puti k fanerozoiskoi differentsiatsii [The Organic world of the Land on way to Phanerozoic differentiation]. *Vestnik AS SSSR*, 1976, no. 1, pp. 126–143. (In Russian)
17. Pinevich A.V. *Mikrobiologiya zheleza i margantsa [Microbiology of Iron and Manganese]*. St. Petersburg, St.-Petersburg University Press, 2005. 374 p. (In Russian)
18. Verzhilin N.N., Suleimanova T.A. Novye dannye o Geiniokskom prolike [New given about Geynioksk strait]. *Izvestiia RGO [Notify RGO]*, 2007, vol. 139, issue 3, pp. 63–72. (In Russian)
19. Bernal Dzh. *Vozniknovenie zhizni [Origin of life]*. Moscow, World Publ., 1969. 294 p. (In Russian)
20. Verzhilin N.N. *Uchenie o biosfere (evoliutsiia biosfery): uchebnoe posobie [The Teaching about biosfere (the evolution biosfere). The Scholastic allowance]*. St. Petersburg, 2004. 212 p. (In Russian)
21. Degens E. *Geokhimiia osadochnykh obrazovaniy [Geochemic of sedimentary formation]*. Moscow, World Publ., 1967. 299 p. (In Russian)
22. Keller U.D. *Osnovy khimicheskogo vyvetrivanii [The Bases chemical weathering]. Geokhimiia litogeneza [Geochemic lithogenesis]*. Moscow, Foreign literature Publ., 1963, pp. 85–195. (In Russian)
23. Garrels R., Makenzi F. *Evoliutsiia osadochnykh porod [Evolution of the sedimentary rocks]*. Moscow, World Publ., 1974. 272 p. (In Russian)
24. Pettidzhon F.Dzh. *Osadochnye porody [The Sedimentary rocks]*. Moscow, Depths Publ., 1981. 751 p. (In Russian)
25. Antoshkina A.I. Bakterial'nyi litogenez [Bacterial lithogenesis]. *Obzor kontseptual'nykh problem litologii [Review of the conceptual problems of lithology]*. Moscow, GEOS Publ., 2012, pp. 89–105. (In Russian)
26. Logvinenko N.V., Gramberg I.S. *Vvedenie v geokhimiia ekzogennykh protsessov [Introduction to geochemic eczogenic processes]*. St. Petersburg, St.-Petersburg University Press, 1997. 132 p. (In Russian)
27. Logvinenko N.V. *Litologiya i/ili litobiogeokhimiia [Litolgy and/or lithobiogeochemistry]. Problemy geologii i mineralogii na rubezhe vekov (doklady na iubileinoi sessii SPbOE) [Problems of geology and mineralogy on the Edge of the Centuries (Reports of the Jubilee Session of SPbOE)]*. St. Petersburg, St.-Petersburg University Press, 2000, pp. 13–20. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 22 декабря 2015 г.

Контактная информация:

Верзилин Никита Николаевич — доктор геолого-минералогических наук, профессор;
verzilinn@mail.ru

Окнова Нина Сергеевна — доктор геолого-минералогических наук; oknovan@mail.ru

Verzhilin Nikita N. — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor; verzilinn@mail.ru
Oknova Nina S. — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences; oknovan@mail.ru