

УДК 550.47; 550.4.08; 550.42:546

## О ПРИНЦИПАХ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ В СВЕТЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В.И. ВЕРНАДСКОГО О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗОВАННОСТИ БИОСФЕРЫ

© Е.М. Коробова

*Ключевые слова:* ноосфера; биогеохимические провинции; биогеохимическое районирование; геохимическая экология; радиоэкология; карта риска.

Предложено рассматривать возникновение современных эндемических заболеваний как следствие формирования ноосферы и выделять два фактора и два этапа возникновения негативных биологических реакций: 1) этап колонизации, когда заболевания обуславливались миграцией на территории с экологически неоптимальными условиями обитания; 2) этап техногенеза, когда к фактору переселения добавился фактор искусственного изменения геохимических условий среды обитания.

Предложен новый подход к биогеохимическому районированию и картографированию ноосферы, заключающийся в рассмотрении ноосферы как двуслойной системы, включающей природную и техногенную составляющие. На примере Брянской области показано, что данный подход к биогеохимическому районированию позволяет не только пространственно анализировать эколого-геохимическую ситуацию, но и создавать карты риска для целей адресной профилактики распространения эндемических заболеваний.

### ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальные основы современных представлений о пространственной организованности биосферы были созданы В.И. Вернадским в начале прошлого века. В 1911 г. в его трудах появился термин «биосфера», а с 1916 г. он начал систематически исследовать биосферу с геохимической точки зрения [1–3]. Среди первоочередных задач В.И. Вернадский выдвигал определение химического состава и геохимической энергии живого вещества для оценки его роли в формировании структуры биосферы. При этом особое внимание он обращал на связь химического состава организмов с химическим составом среды их обитания. В.И. Вернадский писал, что «значительная часть видов организмов, в частности растений, является морфологическими видами, созданными благодаря химическим условиям той среды, на которой они живут, и того состава, какой они при этом получают» [1], и подчеркивал, что «химический состав биосферы не является одинаковым на всем Лике Земли, но резко меняется как функция литологического состава и климатических зон в разных местах биосферы в связи с литологией верхней части планеты» [4]. Таким образом, биосфера является закономерным результатом коэволюции живого вещества и косной материи и имеет четко выраженную пространственно-геохимическую структуру, поддающуюся районированию и картографированию во всех своих проявлениях.

Согласно Вернадскому, деятельность сравнительно небольшого количества живого вещества нашла отражение в химическом составе всех геосфер Земли, сформировав массивы известняков в литосфере, обогатив кислородом атмосферу и, в конечном счете, привела к появлению качественно новой геологической силы – цивилизации. При этом наиболее масштабному и интенсивному преобразованию косная материя подвер-

глась на границе взаимодействия геосфер – в педосфере. Именно в структуре почвенного покрова наиболее отчетливо зафиксировались глобальные, региональные и локальные особенности биологических круговоротов, что позволяет оценить не только характер естественно-природной дифференциации биосферы, но и специфику ее техногенного изменения.

Исследованию пространственной структуры современных биогеохимических провинций и разработке подходов к биогеохимическому районированию и посвящена данная работа.

**Естественно-природные биогеохимические провинции как области гармоничного взаимодействия живого и косного вещества.** В соответствии с идеями Вернадского, современная геохимическая неоднородность природной среды обусловлена особенностями поэтапной трансформации материи, которая с появлением живого вещества приобрела необратимую эволюционную направленность. И хотя на протяжении геологической истории эпохи последовательной эволюции иногда прерывались резкими качественными изменениями в виде оледенений, вулканических извержений или падений крупных метеоритов, на всей поверхности планеты всегда выживали те и только те виды организмов, которые были максимально приспособлены, в т. ч. и к геохимическим, условиям среды своего обитания [5]. Самое незначительное изменение условий обитания в геологическом масштабе времени требовало либо полной адаптации, либо вело к неизбежной и скорой гибели в условиях жестокой конкуренции, стимулирующей одновременно и ускорение эволюции в ходе естественного отбора. Поскольку скорость процессов трансформации биоты на порядки превосходит скорости геологических процессов изменения того субстрата, на котором она существовала, можно говорить о том, что на этапе естественной эволюции в пределах всех областей обитания в любой момент времени могло

существовать только то биологическое сообщество, которое характеризовалось устойчиво оптимальным обменом химическими элементами между живым и косным веществом, что по Вернадскому должно было сказаться и на химическом составе самих организмов, принадлежащих тем или иным биологическим сообществам. Данный тезис подтверждается работами А.П. Виноградова [6], который подробно рассмотрел накопление химических элементов живыми организмами и обратил внимание на существование семейств и видов, отличающихся явно повышенным содержанием ряда микроэлементов – лития (*Thalictrum*), йода (*Laminaria*, *Fucus*, *Cladophora*, *Phodomelia*), селена (*Astragalus*, *Oonopsis*, *Cruciferaea*), марганца (муравьи, моллюски *Opodonta*) и др. Опираясь на эти данные, Виноградов пришел к заключению о том, что биологические виды в своем химическом составе отражают особенности среды обитания, в которой происходило формирование данного вида. Исходя из предположения о такой «геохимической памяти» видов, он предложил использовать состав организмов для реконструкции геохимической обстановки, меняющейся в геологическом масштабе времени.

**Трансформация биосферы в ноосферу, появление биогеохимических аномалий, эндемий и антропогенных биогеохимических провинций.** Эволюция живого вещества направленно осуществлялась по линии усложнения внутренней организации, из-за чего значимые конкурентные преимущества получали виды, оптимально адаптированные не к узко-специальному, но к максимально широкому спектру природных обстановок, что привело к резкому усложнению поведенческой организации, опережающему развитию нервной системы и качественному скачку – появлению самосознания, т. е. разуму, проявляющему себя в форме осознанной воли, реализуемой в групповом поведении. Таким образом, в саморегулируемой системе биосферы появился мощный и постоянно действующий фактор, обусловивший ее переход в новое качество – в ноосферу.

Появление разума обеспечило одному биологическому виду настолько сильные конкурентные преимущества, что на протяжении геологически ничтожного времени геохимическая обстановка не только перестала быть для него фактором, лимитирующим физическую доступность пространства, но и сама оказалась доступной для целенаправленного изменения. На смену длительной эпохе геохимического равновесия пришла сначала эпоха масштабной экспансии доминирующего биологического вида, которая, однако, быстро сменилась эпохой ускоряющейся геохимической трансформации всей природной среды, осуществляющейся в интересах потребностей одного этого вида.

Происходящая трансформация сопровождалась: 1) существенным изменением состава естественных биогеоценозов в зонах расселения и освоения природных ресурсов; 2) коренным изменением структуры питания; 3) масштабным вовлечением в биологические круговороты ряда новых химических элементов и соединений в количествах, значимо нарушающих естественные процессы обмена веществ в живых организмах.

Колонизация новых территорий с иными геохимическими условиями среды осуществлялась со скоростью, многократно превышающей скорость, необходимую для адаптации к местным геохимическим условиям, что привело к появлению эндемических патологий,

таких как цинга, эндемический зоб, флюороз, болезнь Кашина-Бека и другие. И хотя это и повлияло на состояние популяций, но остановить развитие уже не могло, поскольку для человека разумного геохимический фактор перестал быть лимитирующим.

Дальнейший ход эволюции привел к тому, что технической деятельностью человека были не только затронуты структурные параметры целых природных зон, но серьезно изменению подвергся и сам химический состав среды обитания, что не могло не отразиться на специфике локальных биологических круговоротов и на характере взаимодействия живого и косного вещества в масштабах планеты. Таким образом, в пределах формирующейся ноосферы начали быстро появляться сначала отдельные аномалии, а, по мере усложнения технологий, даже провинции и зоны, проживание в пределах которых сказывалось на состоянии здоровья как самого доминирующего вида, так и видов подчиненных.

**Ноосфера как объект геохимического изучения.** Своеобразие современной ситуации состоит в том, что, несмотря на очевидное воздействие цивилизации на природную среду, возможности человечества еще далеко не сопоставимы с мощностями действующих природных процессов. Фактически слой техногенно принесенного вещества пока еще мал и специфически распределяется главным образом по поверхности несопоставимо более мощного природного субстрата. При этом структурные особенности техногенных образований состоят в том, что в большинстве случаев они представляют собой систему локальных моноцентрических аномалий, формирующихся на фоне естественно-природной неоднородности.

Таким образом, современная ноосфера представляет собой вполне самостоятельный объект геохимического изучения, в пределах которого сохранились, маркируемые почвенным покровом, границы исходно-природных ареалов.

**Геохимическая и эколого-геохимическая системы районирования биосферы.** Основы современного геохимического районирования биосферы заложил ученик и последователь В.И. Вернадского А.Е. Ферсман, который предложил рассматривать «широтные климатические зоны со всей совокупностью вызванных ими специфических особенностей миграции элементов почвенного покрова и биосферы» [7]. Таким образом, зональная структура почвенного покрова рассматривалась как закономерное геохимическое образование, отображающее климатические особенности биогенной миграции химических элементов. А.Е. Ферсман предложил и принципы создания моно- и полиэлементных геохимических карт путем оконтуривания изолиниями областей равных концентраций [8]. На первой картографической схеме геохимического районирования СССР им были отображены наряду с геохимическими системами геохимические зоны (современные химико-географические области) [8].

В середине 1930-х гг., когда биогеохимическая лаборатория В.И. Вернадского впервые приступила к изучению геохимической обстановки в районе распространения заболеваний человека [9], А.П. Виноградов ввел понятие «биогеохимической провинции» [10], основным критерием выделения которой служил характер биологической реакции на уровень содержания химических элементов в районе обитания (эндемия).



Возможность практической проверки предлагаемого подхода представилась в ходе работ по оценке последствий йодного удара, вызванного загрязнением больших территорий техногенными радионуклидами чернобыльского происхождения. Чистота эксперимента обуславливалась уникальностью ситуации, в которой сочетанное и экологически значимое воздействие оказывалось разными изотопами одного и того же химического элемента, а именно стабильного (природного) йода-127 и радиоактивного (антропогенного) йода-131. Учитывая то, что основной запас стабильного йода в пищевой цепи контролируется почвенным покровом, нами была построена карта йодного статуса Брянской области. Эта карта была затем совмещена с картой выпадения радиоактивных изотопов йода, а полученный результат был представлен в виде карты сочетанного воздействия факторов йододефицита и йодного удара на щитовидную железу, трактуемой как карта риска заболевания раком щитовидной железы (РЩЖ, рис. 1).

Сопоставление с медицинскими данными по распространенности рака щитовидной железы среди группы риска (детей) в пределах выделенных районов показало, что естественно-природный дефицит йода в почвах действительно приводит к повышенному риску заболеваний РЩЖ при йодном ударе, а построенная карта риска позволяет проводить адресную профилактику этого заболевания.

Представляется ценным универсальный характер предложенной методики, поскольку аналогичным образом карта риска может быть построена для любой антропогенно загрязненной территории и применительно к разным заболеваниям, обусловленным избытком или недостатком практически любого химического элемента или соединения.

## ВЫВОДЫ

1. Возникновение эндемий является прямым следствием появления цивилизации и результатом, во-первых, колонизации новых территорий и способности человека выживать в геохимически неоптимальных условиях и, во-вторых, антропогенным загрязнением и изменением параметров миграции биогенных элементов.

2. При биогеохимическом районировании ноосферы целесообразно выделять ее исторически-природную и техногенную составляющие, которые качественно отличаются с точки зрения генезиса и пространственной структуры.

3. Специфика биологических реакций на внешнее геохимическое воздействие может быть пространственно охарактеризована методом построения карт риска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.

2. Levit G.S. Biogeochemistry – Biosphere – Noosphere. The growth of the Theoretical System of Vladimir Ivanovich Vernadsky. VWB – Verlag für Wissenschaft und Bildung, 2001. 116 p.
3. Сытник К.М., Стойко С.М., Апанович Е.М. В.И. Вернадский. Жизнь и деятельность на Украине. Киев: Наукова Думка, 1984. 235 с.
4. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М.: Наука, 1965. 374 с.
5. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь. СПб.: Наука, 1991.
6. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции // Геохимия. 1963. № 3. С. 199-212.
7. Ферсман А.Е. Геохимические проблемы Союза // Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1953. Т. 2. С. 211-238.
8. Ферсман А.Е. Геохимия (Лекции 1933–1934 гг.) // Избр. тр. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 3. С. 798.
9. Симорин А.М. Проблема Кашин-Бековской (Уровской) эндемии в Восточном Забайкалье // Памяти первых российских биогеохимиков. М.: Наука, 1994. С. 13-21.
10. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и эндемии // Докл. АН СССР. 1938. Т. 18. № 4/5. С. 283-286.
11. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 299 с.
12. Ковальский В.В. Геохимическая экология – основа системы биогеохимического районирования // Труды Биогеохим. лаб. М.: Наука, 1978. Т. 15. С. 3-21.
13. Сает Ю.Е., Сорокина Е.П., Смирнова П.С. Геохимическое картографирование почв как метод оценки загрязнения городских территорий // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1983. Вып. 35. С. 37-40.
14. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

БЛАГОДАРНОСТИ: Автор выражает глубокую благодарность В.Н. Дорошенко, А.В. Силенку, И.В. Курносовой за предоставление медицинских данных и помощь в организации экспедиционных исследований в Брянской области, И.А. Звонковой за участие в грантах, предоставление информации и ценные консультации, В.Ю. Березкину и Е.И. Чесаловой за участие в сборе и обработке данных.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 07-05-00912 и 10-05-01148).

Поступила в редакцию 25 сентября 2012 г.

Korobova E.M. ABOUT PRINCIPLES OF BIOGEOCHEMICAL REGIONALIZING WITHIN OF V.I. VERNADSKIY CONCEPT OF SPATIAL ORGANIZATION OF BIOSPHERE

Formation of modern biogeochemical endemic diseases is suggested to consider as a direct result of biosphere transfer to noosphere. Negative biological reactions are believed to appear due to two stage factors: 1) stage of colonization when diseases happened due to migration on territories with unfavorable conditions of life; 2) stage of technogenesis when the factor of artificial change of geochemical conditions of life added to the factor of migration. A new approach towards biogeochemical regionalizing and mapping of noosphere as a two-layer (natural and technogenic) system is offered. The Bryansk region case study demonstrated that the proposed approach allows spatial analysis of the ecological and geochemical situation and producing risk map for adequate spatial prevention of distribution of endemic diseases.

*Key words:* noosphere; biogeochemical provinces; biogeochemical regionalizing; geochemical ecology; radioecology; risk map.