

УДК 631.95:550.47

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ УКРАИНЫ*

GEOCHEMICAL FACTORS IN ECOLOGICAL ZONING SYSTEM OF AGRICULTURAL LANDSCAPES UKRAINE

Т. М. Егорова,

старший научный сотрудник, доцент кафедры экологии Институт агроэкологии и природопользования Национальной академии аграрных наук Украины, кандидат геол.-мин. наук, Киев, Украина

Изложены проблемы геохимических оценок агроландшафтов. Показаны различные подходы к ландшафтно-геохимическому анализу территорий. Предложена концепция первичной опасности геохимического поля территорий. Рассмотрены региональные экологические факторы функционирования агроландшафтов и их влияние на состояние агроценозов — степень метаморфизации вод, распределение эссенциальных микроэлементов и техногенная нагрузка. Предложена экологическая иерархия геохимического поля агроландшафтов, включающая три таксономические категории — геоэкологический регион, эколого-геохимическая провинция, зона экологической опасности. Описаны принципы их выделения, количественные критерии, систематизация и агроэкологическое значение. Рассмотрены особенности районирования агроландшафтов Украины соответственно предложенным таксономическим категориям.

Presented problems of geochemical assessments carried out. Shows the different approaches to the landscape-geochemical analysis of the territories. The concept of the primary danger of the geochemical field. The regional environmental factors of agricultural landscapes and their impact on the degree of metamorphism-water sowings, allocation of the essential micronutrients and technogenic load. Proposed environmental geochemical fields agro hierarchy, including the three taxonomic category-geoecological region ecological-geochemical province, a zone of ecological danger. Describes the principles of their selection, qualitative criteria, agroecological classification and value. The peculiarities of the Ukrainian agricultural land zoning proposed fusion categories.

Агроландшафты, характеризующие дифференциацию природно-техногенных особенностей сельскохозяйственных земель, занимают 20,7 % территории Европы, 43,1 % Беларуси и 68,4 % Украины. Одной из проблем земельных ресурсов сельскохозяйственного использования является высокий уровень несоответствия между их практической значимостью для населения и многофакторностью их функционирования. Урожайность сельскохозяйственных культур рассматривается как определяющий показатель экономической важности этого ресурса. Однако в условиях сбалансированного развития агропро-

мышленный сектор экономики каждого государства вынужден активизировать экологические исследования, включая регулирование и планирование агроландшафтов. Важность ландшафтной политики, а также необходимость внимания к ландшафтам в современных условиях изложена в «Европейской ландшафтной конвенции» (Флоренция, 2000) [1]. Практическим инструментом ландшафтной политики является экологическое районирование территорий, которое учитывает закономерности распределения и миграции как токсических веществ, так и эссенциальных (жизнеобеспечивающих) микроэлементов.

Техногенные геохимические факторы экологического районирования территорий России и Беларуси широко рассмотрены в работах М. А. Глазовской, К. И. Лукашева, Ю. Е. Саета [2–4]. Анализу природных составляющих процессов техногенеза в агроландшафтах посвящены отдельные исследования в области геохимии ландшафтов, изложенные в работах А. И. Перельмана, А. А. Головина, В. А. Алексеенко, Н. К. Чертко и др. [5, 6]. Многолетние работы по ландшафтно-геохимическому и эколого-геохимическому районированию и картографированию Украины, России и Беларуси в разной степени учитывали классическую схему А. И. Перельмана, отражая закономерности физико-химической, биогенной и механической миграции природного и техногенного рядов миграции [10, 11]. В Украине генезис современного геохимического поля, как и структура ландшафтов, большинство исследователей оценивают как техногенный либо, что значительно реже, техногенно-природный. Именно здесь, по нашему мнению, и находится основной конфликт между экологией и геохимией ландшафтов как методологией изучения окружающей среды.

Экологическое районирование агроландшафтов, а также других природных ресурсов, как правило, основано на интенсивности источников химического загрязнения и сравнительных уровнях заболеваемости населения. Указанные факторы имели определяющее значение при составлении региональных оценочных карт состояния окружающей среды Украины и Беларуси в начале XXI в. [7, 8]. Комплексная оценка геохимического состояния сельскохозяйственных территорий по обеспеченности почв элементами питания, кислотности и превышениям предельно допустимых концентраций микроэлементов была предложена при составлении агрогеохимических карт России в рамках среднemasштабного многоцелевого геохимического картирования [9].

Обоснованием для регулирования агроландшафтами в условиях сбалансированного развития должны стать графические модели районирования сельскохозяйственных территорий, которые построены на устойчивых закономерностях функционирования почвенно-растительного слоя современной биосферы.

С этой целью мы разработали принципы регионального экологического районирования геохимического поля, которые основаны на природных и техногенных факторах формирования экологической опасности территорий. Указанные принципы обобщает иерархическая система таксонов агроландшафтов, характеризующая ведущие экологические особенности функционирования культурных растений и использования их как продуктов питания.

В процессе геохимических исследований территории Украины мы получили результаты, подтверждающие прямое влияние уровня метаморфизации вод, типоморфных макроэлементов почвенной миграции и функционального зонирования на распределение и интенсивность концентрации 12 эссенциальных микроэлементов в ландшафтах [13].

Геохимические особенности агроландшафтов при экологических оценках отражает предложенная нами концепция первичной опасности геохимического поля территорий, которая заключается в том, что *механизмы комплексной природно-техногенной дифференциации геохимического поля определяют распределение химических элементов в биогеохимических цепочках и соответствующие этому биологических реакциях живых организмов.*

Предложенная концепция согласуется с теоретическими положениями геохимии ландшафтов, биогеохимии и геохимической экологии. Вместе с тем для ее подтверждения и практического использования при экологических исследованиях агроландшафтов, необходимо было выявить значимые механизмы дифференциации химических элементов в системе «вода — почва — агроценозы». Очевидно, что достоверность выявления таких механизмов лежит в плоскости представительной однородности условий миграции химических элементов.

Ведущим экологическим фактором развития агроценозов является вода. Химическое состояние вод способно отразить влияние техногенных процессов, что проявляется в повышении уровня метаморфизации вод, который Е. П. Янин определил как техногенную метаморфизацию. В качестве основного механизма дифференциации геохимического поля вод нами принята *ионная сила растворов.* В соответствии с величиной ионного потенциала

Картледжа, подвижность химических элементов в системе «вода — породы (почвы)» является различной для энергетических групп элементов — гидроамфотеров, слабых и сильных катионов [11]. Согласно исследованиям Е. Е. Беляковой, ионная сила гидрогеохимических растворов количественно может оцениваться по соотношению в водах анионов кислот сильных (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) и слабых (HCO_3^- , CO_3^{2-}). Соотношение их сумм (КИС) характеризует определенные интервалы колебаний значений ионной силы растворов (μ), Eh, pH, общей минерализации, бактериальной активности и различную агрессивность к горным породам, включая почвы [11]. Согласно КИС, выделяется четыре химических типа вод. Наиболее благоприятны для перехода в раствор всех катионов и устойчивости в нем воды активной ионизирующей и углекислотной агрессии к горным породам и почвам с КИС менее 0,5 (неметаморфизованные воды); на территориях их распространения геохимические особенности пород отражаются наиболее четко. Воды переменной углекислотной и кислотной агрессии к горным породам и почвам с КИС от 0,5 до 4 (начальной метаморфизации) являются менее благоприятными для перехода и устойчивости в растворе слабых катионов, которые удаляются из вод при осаждении и сорбции; на территориях их распространения теряется часть геохимической информации о слабых катионах. Воды высокой кислотной агрессии с КИС от 4 до 60 (средней метаморфизации) обладают высокой растворимостью, однако в растворе устойчивы только сильные катионы; слабые катионы способны формировать вторичные концентрации в породах и почвах. Воды с КИС более 60 (высокой метаморфизации) отличаются неблагоприятными условиями миграции большинства микроэлементов; устойчивы в них преимущественно сильные катионы.

Определяющим экологическим фактором жизни агроценозов являются почвы. В качестве основного механизма дифференциации геохимического состояния почв нами принят *класс геохимической миграции*. Согласно агрохимическим исследованиям, подтипы почв, типоморфные макроэлементы и кислотность положительно коррелируют с содержанием и составом гумусовых кислот, емкостью почвенного поглощения, суммой обменных катионов, соотно-

шением подвижных и слабоподвижных форм нахождения элементов в почвенном комплексе. Увеличение кислотности почв способствует подвижности и выносу большинства химических элементов за пределы гумусового горизонта, увеличению содержания легкоподвижных форм нахождения и, соответственно, снижению концентраций питательных веществ в ландшафтах до уровней биогеохимического недостатка. Снижение кислотности приводит к обратному процессу, результатом которого может стать избыток определенных элементов в биогеохимических цепочках.

Природные закономерности формирования биогеохимических цепочек в агроландшафтах в разной степени подчинены техногенным процессам. Региональным механизмом дифференциации геохимического поля агроландшафтов является *характер хозяйственной деятельности* и ее антропогенная результирующая. Количественными оценками техногенных изменений агроландшафтов приняты показатели суммарного загрязнения почв, вод, донных отложений, а также техногенные ассоциации и интенсивность загрязнения. Информативная методология эколого-геохимического анализа была разработана Ю. Е. Саетом и конкретизирована И. А. Морозовой для условий дифференциации техногенной нагрузки; основана она на функциональном зонировании территорий с использованием оценок фонового содержания элементов в ландшафтах природного и техногенного рядов миграции [4, 9].

Изложенные экологические факторы и параметры положены в основу экологической иерархии геохимического поля агроландшафтов, которую предложено обозначать следующими таксономическими категориями — геоэкологический регион, эколого-геохимическая провинция, зона экологической опасности.

Геоэкологический регион объединяет территории региональных геохимических ландшафтов с однородными гидрогеохимическими особенностями перехода химических элементов в системах воды-горные породы (почвы), что определяется степенью природно-техногенной метаморфизации современных поверхностных вод. Основываясь на систематике интенсивности метаморфизации вод, нами предложена следующая таксо-

номическая классификация геоэкологических регионов агроландшафтов.

1. Геоэкологический регион устойчивой геохимической адекватности и взаимообусловленности экологической опасности компонентов агроландшафтов. Границы региона определяются региональными геохимическими ландшафтами с неметаморфизованными поверхностными водами, которые характеризуются активной ионизирующей и углекислотной агрессивностью к почвам (горным породам, химическим удобрениям). В водах и почвенных вытяжках увеличено содержание катионов с низким ионным потенциалом Картледжа с повышенной физико-химической подвижностью, которые активно переходят в агроценозы — Ca, Sr, Ba, Na, F, K, Rb, Li, Cs.

2. Геоэкологический регион дифференцированной геохимической адекватности и взаимообусловленности экологической опасности компонентов агроландшафтов. Границы региона определяются региональными геохимическими ландшафтами с поверхностными водами начальной метаморфизации, которые характеризуются переменной углекислотной и кислотной агрессивностью. Неустойчивость в природных растворах катионов с высоким ионным потенциалом Картледжа приводит к выпадения из водных растворов и возможной сорбции почвами Pb, Cr, Ti, Zr, Y, Ga, Sn, As, Fe, La, Nb, W.

3. Геоэкологический регион геохимической неадекватности и дифференцированной экологической опасности компонентов агроландшафтов. Границы региона обусловлены региональными геохимическими ландшафтами с поверхностными водами средней и высокой метаморфизации, которые характеризуются высокой кислотной агрессией к горным породам (почвам, различным техногенным образованиям). В водах этих ландшафтов устойчивы катионы с низким ионным потенциалом Картледжа (Ca, Sr, Ba, Na, F, K, Rb, Li, Cs), которые и определяют биогеохимические особенности агроценозов. Техногенная концентрация почвами наиболее характерна для Cu, Zn, Mg, Co, Mo, Ni, Hg, Cd, Mn^{+2} , Fe^{+2} , P, Mn, N, B, V, As, Cr.

Эколого-геохимическая провинция объединяет территории локальных агроландшафтов с однородными биогеохимическими особенностями систем почвы — агроценозы, что опреде-

ляется особенностями классов геохимических ландшафтов. Количественными критериями для выделения эколого-геохимической провинции принята моноэлементная биогеохимическая типизация почвенно-растительного покрова, изложенная в геохимической экологии В. В. Ковальского. Территории провинций отличает дисбаланс (недостаток либо избыток по В. В. Ковальскому [14]) эссенциальных микроэлементов в современном почвенном покрове и соответствующие ему устойчивые биологические реакции живых организмов, включая эндемические заболевания и неинфекционные фитопатологии.

Изучение распределения шести эссенциальных микроэлементов (Cu, Mo, Zn, Co, Mn, Sr) в почвах позволило выявить эколого-геохимических провинции Cu, Mo, Zn, Co, Mn примерно на 60 % площади всех агроландшафтов Украины:

- Провинции недостатка микроэлементов характерны преимущественно для ландшафтов кислых классов миграции. Их территории включают локальные агроландшафты с фоновым содержанием в почвах, соответственно, менее 30 мг/кг Zn, менее 15 мг/кг Cu, менее 7 мг/кг Co, менее 1,5 мг/кг Mo, менее 400 мг/кг Mn. На этих территориях, по В. В. Иванову [14], эндемическая природа может характеризовать развитие до 48 заболеваний агроценозов, домашних животных и местного населения, например невызревания злаков и плодовых деревьев, хлороз, розеточную болезнь, замедление роста, акабальтозы, анемии, нефриты, диабет, гепатиты, авитаминозы, болезни щитовидной железы, лизухи, атаксии, заболевания костных тканей и др.
- Провинции избытка микроэлементов характерны для ландшафтов кальциевых и кальциевых натриевых классов миграции. Их территории включают локальные агроландшафты с фоновым содержанием в почвах, соответственно, более 70 мг/кг Zn, более 60 мг/кг Cu, более 30 мг/кг Co, более 4 мг/кг Mo, более 3000 мг/кг Mn. На этих территориях, по В. В. Иванову [14], эндемическая природа может характеризовать развитие до 39 заболеваний агроценозов и домашних животных: хлороз и морфо-

логическая неоднородность растений, анемии, желтуха, болезни печени, подагры, невралгии, токсикозы и хронические интоксикации и др.

Зона экологической опасности объединяет территории локальных агроландшафтов однородной техногенной нагрузки в пределах определенного уровня загрязнения либо одной категории эколого-геохимической опасности. Количественными критериями выявления и дифференциации зон экологической опасности являются суммарный показатель загрязнения (СПЗ) для компонентов агроландшафтов природно-техногенного ряда (сельские селитебные территории, сады, пашни интенсивной мелиорации) и показатель природной экологической опасности (ППЭО) для ландшафтов природного и техногенно-природного ряда (сенокосы, пастбища). Границы зон экологической опасности определяет хозяйственное использование ландшафтов по функциональному подтипу и категоризация уровня значений СПЗ либо ППЭО на чрезвычайно опасный, опасный, умеренный либо допустимый.

Оценки суммарного показателя загрязнения и показателя природной экологической опасности почв, поверхностных вод и донных отложений агроландшафтов Украины были выполнены по 12 микроэлементам трех классов токсичности — Pb, Zn; Cr, Ni, Co, Cu, Mo; Ba, Mn, V, Sr, Ti.

Зоны допустимого и умеренного загрязнения (СПЗ < 32) либо эколого-геохимического состояния (ППЭО < 32) почв, поверхностных вод и донных отложений включает до 85 % агроландшафтов Украины. Это территории высокой вероятности качественной продукции растениеводства (по содержанию указанных элементов).

Зоны опасного и чрезвычайно опасно-го загрязнения (СПЗ > 32) либо эколого-геохимического состояния (ППЭО > 32) почв, поверхностных вод и донных отложений включает до 15 % агроландшафтов Украины. Это территории высокой вероятности некачественной продукции растениеводства (по содержанию указанных элементов), а также повышения заболеваемости домашних животных и местного населения.

Выводы.

Предложенная концепция природно-техногенной дифференциации распределения химических элементов позволила разработать систему экологической иерархии территорий, в рамках которой экологическое состояние агроландшафтов рассматривается как результат закономерных процессов геохимической миграции

Верхняя ступень экологической иерархии — геоэкологический регион — отражает общие особенности гидрогеохимического поля верхней части геологической среды и его природную биоклиматическую зональность. Средняя ступень иерархии — эколого-геохимическая провинция — генетически обусловлена природной почвенно-растительной зональностью, отражая дифференцированность регионов по особенностям литогеохимического поля покровных отложений и почв. Нижняя ступень иерархии — зона экологической опасности — генетически взаимосвязана с природной ландшафтно-геохимической зональностью, отражая дифференцированность регионов и провинций по интенсивности техногенной нагрузки.

Предложенная система районирования агроландшафтов позволяет подойти к управлению сельскохозяйственными территориями, анализу данных агрохимического мониторинга и оценке качества сельскохозяйственной продукции, опираясь на существующие природно-техногенные закономерности распределения химических элементов.

Литература:

1. Европейская конвенция о ландшафтах (Флоренция, 20 октября 2000 г.). ETS N 176.
2. Глазковская, М. А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям / М. А. Глазковская. — М.: Изд. Моск. ун-та, 1997. — 102 с.
3. Лукашов, К. И., Лукашов, О. В. Техногенез и геохимические изменения окружающей среды / К. И. Лукашов, О. В. Лукашов. — Минск: Наука и техника, 1986. — 202 с.
4. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. — М.: Недра. 1990. — 335 с.

5. Чертко, Н. К. Геохимия агроландшафтов Белоруссии и их оптимизация. Автореф. дисс. ... д-ра геогр. наук. — М., 1991. — 40 с.
6. Алексеенко, В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка / В. А. Алексеенко. — М.: Логос; Университетская книга, 2006. — 518 с.
7. Геологія і корисні копалини України. Масштаб 1:5 000 000. Атлас. — Київ: НАН України; Вид. “Такі справи”, 2001. — 168 с.
8. Нацыянальны атлас Беларусі. — Мінск. 2002. — 166 с.
9. Буренков, Э. К. Эколого-геохимическое картирование территорий / Э. К. Буренков, А. А. Головин, Н. Г. Гуляева, Л. С. Соколов // Прикладная геохимия. Вып. 1. Геохимическое картирование. — Москва: ИМГРЭ, 2000. — С. 105–121.
10. Эколого-ландшафтно-геохимическое районирование // Атлас Иркутской области. Экологические условия развития / под ред. академика В. В. Воробьева. 2004. СО РАН Институт географии.
11. Ольшевская, Е. И. Ландшафтно-экогеохимическая карта Украины масштаба 1:500 000 / Е. И. Ольшевская, Л. С. Галецкий, Г. Л. Сонкина, Т. М. Егорова // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия. — М.: ИМГРЭ, 2001. — С. 306–316.
12. Беус, А. А., Грабовская, Л. И., Тихонова, Н. В. Геохимия окружающей среды. — М.: Недра, 1976. — 248 с.
13. Вступ до медичної геології / Г. О. Рудько, О. М. Адаменко та інші. Монографія. Т. 2. — К.: Академпрес, 2010. — 530 с.
14. Иванов, В. В. Экологическая геохимия элементов / под ред. Э. К. Буренкова. В 6 т. — Москва: Недра, 1994.