**ГЛАВА 12**

**ИНДИКАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ, ГОРНЫХ ПОРОДАХ И ВОДАХ**

Одним из направлений индикационных геоботанических исследований является определение присутствия в окружающей среде различных элементов ^ и их соединений. Индикаторами здесь служат отдельные виды растений, внутривидовые формы и тераты. Растительные сообщества хотя и применяются в качестве индикаторов, но' имеют второстепенное значение. Поэтому индикация может быть в этом случае названа ботанической.

Истоки ботанической индикации элементов и их соединений связаны с поисками полезных ископаемых и в особенности руд. В средние века существовало много примитивных представлений о том, что определенные растения могут указывать на присутствие золота, серебра, меди, алмазов. Эти представления были основаны на народных поверьях или на случайных наблюдениях рудознатцев и горнодобытчиков. Из этих разобщенных сведений постепенно отбирались более достоверные. Так, немецкий исследователь горного дела Агрикола (Бауэр) в XVI в. указывал в своем труде, что над рудными жилами трава низкая и нездоровая, деревья имеют голубоватую, свинцово-серую или очень темную окраску листьев, корневые системы и стволы их ослаблены и лес легко подвергается ветровалу. Близкие по характеру наблюдения принадлежат М. В. Ломоносову. В 1763 г. он писал: «На горах, в которых руда и другие минералы родятся, растущие деревья бывают обыкновенно нездоровы... трава, над жилами растущая, бывает мельче и бледнее».

В XIX и в начале XX в. появляется значительное количество отечественных и зарубежных работ, касающихся ботанической индикации полезных ископаемых. Главнейшие итоги этих работ до 1929 г. обобщены в сводке Линстова (Linstow, 1929), более поздние исследования, а также современная методика поисков полезных ископаемых по растениям охарактеризованы Н. Г. Несветайловой (1970).

Кроме поисков полезных ископаемых ботаническая индикация элементов и их соединений находит применение в сельском хозяйстве при оценке обеспеченности почв и культурных растений элементами питания, при выявлении процессов загрязнения окружающей среды отходами производства. Развитие ботанической индикации элементов и их соединений тесно связано с биогеохимией - наукой, изучающей закономерности миграции элементов в биосфере и созданной работами В. И. Вернадского, А. П. Виноградова и их школы. Биогеохимические закономерности служат той теоретической основой, с помощью которой могут быть объяснены связи различных групп растительных организмов с определенными геохимическими условиями. Природные комплексы, возникающие вследствие своеобразия этих условий, исследуются геохимией ландшафтов, являющейся одним из разделов физической географии. Ботаническая индикация возникла в области контакта биологии, геологии, геохимии и физической географии.

Переходя к описанию методики исследований, следует отметить одну важную ее особенность, а именно очень ограниченную применимость аэрометодов при ботанической индикации избыточного содержания определенных элементов н их соединений. Используемый здесь индикаторы (главным образом отдельные виды, внутривидовые формы, тераты), а тем более мелкие морфологические уклонения от нормального строения неразличимы на аэрофотоснимках самого крупного масштаба (за исключением некоторых древесных пород и кустарников). Поэтому аэрофотоматериалы могут быть использованы лишь для общего ознакомления с природными условиями территории и для составления плана размещения изучаемых участков. Основное начение приобретают детальные наземные ботанические исследования.

Важным условием успеха ботанических индикационных исследований является применение их на таких территориях, где присутствие избыточного содержания искомых соединений заранее определено по геологическим предпосылкам. Так, постановка работ по ботанической индикации нефтяных битумов в районе, нефтегазоносность которого исключается всеми геологическими данными, бесполезна. В условиях же структур потенциально нефтегазоносных (например, соляных куполов) такие исследования могут дать полезный эффект. Поэтому первым этапом исследований является основательное знакомство с геологией района, с перспективами присутствия здесь определенных веществ, с вероятными путями миграции дх в ландшафтах, с размещением источников загрязнения. Этот этап осуществляется путем проработки литературных данных, ознакомления с ранее составленными геологическими и геохимическими картами, а. также получения консультаций у геологов, изучавших данный район. В итоге этого предварительного этапа должно быть четко сформулировано, какие соединения могут служить индиката-ми и где находятся площади с наиболее вероятным их присутствием.

В ботанической индикации следует различать, как и в прочих разделах индикационной геоботаники, методику выявления индикаторов и методику их применения. Как та, так и другая имеют ряд отличий от прочих индикационных исследований. Кроме того, и между собой они существенно различны и требуют специального описания.

Методика выявления ботанических индикаторов элементов и их соединений довольно разнообразна. В целом она основана на сравнительном анализе флоры, а также морфологических особенностей отдельных видов в пределах ореола рассеяния определенного вещества и за его пределами. Для первоначальной общий ориентировки в индикационных закономерностях часто прибегают к сравнению ботанических характеристик площадей месторождений полезного ископаемого и прилежащих к ним участков. Этот способ очень неточен, так как ботанические особенности сравниваемых территорий могут зависеть не только от геохимических условий, но и от иных экологических факторов. Более точен способ пар эталонов. Парой эталонов называются в этом случае два участка, сходные по комплексу экологических условий (рельеф, экспозиция, почвы, подстилающие породы, увлажнение, растительных покров и др.), но резко контрастные по наличию индиката: на одном из участков он присутствует в значительных концентрациях, на другом - полностью отсутствует. Примером могут служить случаи, когда сравниваются экологически сходные участки, один из которых характеризуется высокой медной минерализацией, а другой - полным отсутствием соединений меди, или один богат нефтяными битумами, а на другом их нет. П^ра эталонных участков представляет собой, таким образом, сходные площади, в пределах одной из которых на общий однородный экологический фон накладывается повышенное содержание какого-то вещества (Не-светайлова, 1970). Эталон, характеризующийся присутствием индиката, называется позитивным, другой - негативным.

Описание пары эталонов имеет определенные особенности. Во-первых, необходимо, чтобы различия эталонов по присутствию индикатов были подтверждены аналитически, путем точных количественных определений. Это достигается или отбором и анализом соответствующих проб почв, горных пород и грунтовых вод, или выбором эталонов, для которых такие определения сделаны заблаговременно. Описание эталонов включает в себя возможно более подробный флористический список с выявлением присутствия и обилия не только видов, но и мелких внутривидовых форм. Для этого должны быть применены методы биосистематики - науки, изучающей мелкие систематические единицы, обособляющиеся внутри видов и часто характеризующиеся очень тонкими морфологическими различиями. Регистрируются присутствие, обилие и встречаемость тератов. т. е. аномальных, патологически измененных экземпляров, и производится их гербаризация. Подробно учитываются для каждого вида и внутривидовой формы фенофаза, мощность вегетативного развития, средняя высота и жизненность. В частности, для фенофазы обычно приводятся две оценки: господствующая и менее частая. Описываются окраска вегетативных и генеративных органов и все, даже незначительные, морфологические отклонения от среднего нормального состояния их. При обнаружении отклонений на позитивном эталоне необходим сбор материала для анатомического исследования как особей, отклоняющихся от нормы, так и нормальных контрольных экземпляров того же вида с негативного эталона. Таким образом, исследование пар эталонов требует очень глубоких ботанических знаний.

Для выявления ботанических индикаторов необходимо исследование значительного числа пар эталонов, чтобы результаты можно было подвергнуть статистической обработке. Поэтому целесообразно не выбирать случайные пары, а, производя общую геоботаническую рекогносцировку территории, наметить заранее достаточное число пар и составить схему их расположения. При доставлении такого плана полезно использовать аэрофотоматериалы, чтобы разместить пары эталонов равномерно в различных растительных сообществах и обеспечить каждое достаточным их количеством.

Полезным дополнением к выявлению ботанических индикаторов является отбор проб для биогеохимических исследований. Для этого производ6ится с определенной единообразной частотой (т. е. через равные промежутки) сбор образцов различных видов растений для озоления и последующего анализа (обычно применяются спектральные методы). Анализы целесообразно построить так, чтобы иметь дифференцированные данные для различных органов одного и того же вида, так как накопление индиката в них различно. Например, для многих древесных пород оптимальные результаты дает озоление коры. Биогеохимические методы часто позволяют выявить виды-концентраторы, т. е. виды, способные к накоплению определенных элементов в тканях, а также связать это накопление с морфологическими аномалиями. Следует заметить, что методы, связанные с озо-лением, применимы только при изучении неорганических инди-катов. Органические индикаты (например, нефтяные битумы) не могут быть изучены этим способом, так как при озолении они разрушаются. Для их определения существуют специальные би-туминологические методы (люминесцентный и др.).

Индикация загрязнения окружающей среды газообразными, парообразными и дымообразными отходами различных производств по лишайникам составляет содержание лихоиндикации. Лихоиндикация основана на повышенной чувствительности ряда лишайников к загрязнению воздуха.