**2.3 АЛҒАШҚЫ ИНДИКАЦИЯЛЫҚ АНЫҚТАҒЫШТАР**

XX ғасырдың бас кезінде Б.А.Келлердің (1911) Зайсан ауданының өсімдіктер жабынын зерттеуге арналған кітабындағы қосымшасында өсімдіктер жабыны бойынша топырақтардың анықтағышы жарық көрді. Келлердің айтуы бойынша «табиғи өсімдіктер жабыны қоршаған ортаның, әсіресе топырақтың сезімтал көрсеткіші бола алады және топырақ үшін жақсы бонитарлық (**Топырақ бонитировкасы**(нем. bonitieren — топырақ құнарлылығын анықтау, лат. bonitas — оң сапалылық), топырақты басты агрономиялық қасиеттері (механический состав почвы, содержание гумуса и элементов питания растений, кислотность (pH) и т.д.) бойынша салыстырмалы анықтау) құралдың бірі болып табылады». Б.А.Келлер өсімдіктер қауымдастықтaры бойынша топырақ индикациясын (геоиндикация) жүргізді.

Қазан революциясынан кейін КСРО-ның байтақ территориясын жерлерін игеруге байланысты индикациялық зерттеулер қарқынды дами бастады. Бұл жерлерді және олардың табиғи ерекшеліктерін бағалаудың қолжетімді әдісі болды.

1926 жылы И.В.Ларин Батыс Қазақстанның, Еділ мен Орал өзендерінің аралығындағы ауылшаруашылық жайылымдарының топырағын өсімдіктер қауымдастықтары бойынша анықтаудың арнайы индикациялық анықтағышын басып шығарды. И.В.Лариннің айтуы бойынша оның анықтағышын қай өңірге арналып жасалса сол аймақта ғана қолдануға болады. Басқа климаттық аудандар үшін басқа индикациялық анықтағыштар жасау керек. Осы бойынша ол индикациялық мәліметтердің экстраполяциясы (бірнысанның қандай да бір бөлігінде жасалған қорытындылардыбасқа дакөптеген нысандарға қолданудың логика-методологиялық процедурасы/жұмыстары) туралы ой қозғайды. 1930 жылы Б. В. Федоровтың Мырзашөлдегі (Голодная степь, Сырдарияның сол жағалауы, Өзбекстан, ОҚО) топырақтың жоғарғы қабаттарының тұздылығын анықтау туралы анықтағышы жарық көрді.

Экологиялық жағдайлардың әсіресе топырақ индикациясы үшін геоботаник-эколог Л.Г.Раменскийдің жұмыстарының маңызы зор. Оның жұмыстары негізінен шалғындар мен жайылымдарға қатысты болды. Ол зерттеулер барысында әртүрлі өсімдіктер түрлерінің топырақтың ылғалдылығы мен құнарлылығының оның тұздылығымен байланысты екенін анықтады. Жайылмалы (пойма) шалғындар үшін – топырақтың ылғалдылығы мен құнарлылығы оның аллювиалдығы (Аллювиа́льді (жайылмалы) топырақтар — өзен жайылмаларындағы топырақтар, қарабалшық тұнбаларының әртүрлі дәрежеде болуы) мен пасквальді (жайылымды) дигрессияға (малды көп жаюға байланысты жайылым жағдайының күрт нашарлауы) байланысты екенін анықталды.

Пасквальді дигрессия далалы жерлерде жақсы зерттелген. Мұнда оның 5 стадиясын ажыратады:

- малдың жайылымы аз жағдайда (шалғындану);недостаточного выпаса (олуговения),

- малдың жайылуы бірқалыпты жағдайда (қаулы);умеренного выпаса (ковыльная),

- қаулардың азаюы(); угасания ковылей (типчаковая),

- шисабақтың азаюы;тонконогого сбоя,

- жайылым; выгона.

Даланың негізгі компоненттері – қау және әсіресе бетеге (Tипчак-Festuca) жоғалған, шисабақтың азаюы кезеңінде дала – табиғи емес, шығу тегі пасквальді-дигрессионды антропогенді кешен болып табылады. Малдың көптеп жайылуы жартылай шөлді және далалы белдемдердің солтүстікке қарай ығысуына әсер етті. А. Н. Формозов пен А. Г. Воронов Ақтөбе облысының далалы жайылымдарын зерттей келе негізгі дала өсімдіктері:тырса (Ковыль волосатик)мен теңіз жусанының 6–25%-ға, бетегенің, сарепт қауының, және қара жусанның 26–50%-ға азаюы жергілікті жер өсімдіктерінің күрт өзгеруіне – далалы фитоценоздардың жартылай шөлді қауымдастықтарға ауысуына алып келеді.

Степь на стадии тонконогого сбоя, лишенная основных компонентов степей – ковылей и в значительной мере типчака, – является уже не естественным, а антропогенным комплексом пасквально-дигрессионного происхождения. Неумеренная пастьба скота способствовала смещению на север полупустынных и степных зон. А. Н. Формозов и А. Г. Воронов, изучая степные пастбища Актюбинской области, установили, что

при повреждении животными основных видов степных растений: тырсы и морской полыни – на 6 – 25%, типчака, ковыля сарептского и черной полыни на 26 – 50%, здесь происходит коренное изменение растительности – смена степных фитоценозов полупустынными.

Г.Л. Раменский «өсімдіктер жабыны бойынша оның өсу ортасын білуге» тырысты. Ол жиналған материалдар негізінде өсімдік түрлері бойынша әртүрлі экологиялық жағдайларды анықтауға болатын экологиялық кесте құрды. Бұл кесте «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель» (1938) кітабында жарық көрді. Бұл жұмыстарды кейін оның шәкірттері одан ары дамытты («Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову» (Раменский и др., 1956), в работах Л.Н.Соболева (1978).Кесте экологиялық жағдайдың индикаторы ретінде өсімдіктер қауымдастықтары үшін емес, өсімдіктің жекелеген түрлері үшін жасалған. Экологиялық шкалалаларды жасау тәжірибесі геоботаниктер Т.А. Работновтың (1958) және И.А. Цаценкиннің (1967) еңбектерінде де бар.

Ормантанушы П. С. Погребняктың (1955), Д. В. Воробьевтің (1953) жұмыстарында да орманды тіршілік ортасының индикациясы үшін жекелеген өсімдіктер қолданылған болатын. Олардың айтуынша өсімдік түрлері, олардың экологиялық топтары – ксерофиттер, мезофиттер, гигрофиттер– ылғалдылық ерекшеліктерін көрсететін көрсеткіш, ал олиготрофтар, мезотрофтар, мегатрофтар– топырақтың қоректік элементтермен бай екенін көрсететін индикатор деп есептеді. Жеке түрлердің де, қауымдастықтардың да индикациялық маңызына ормантанушы-ғалым, биоценология ғылымының негізін қалаушы В. Н. Сукачев (1930) көп көңіл бөлді. Орман типологиясы үшін доминант және эдификатор-өсімдіктер түрлерін, ал эколого-фитоценологиялық заңдылықтарды анықтау үшін – орман типтері мен олардың топтарын қолданды. Оның биогеоценоздар туралы ілімінде (Сукачев, 1947, 1964) табиғаттың барлық компоненттерінің өзара байланысты және диалектикалық біртұтас екендігі, олардың арасында үнемі зат пен энергия алмасуы болып жататыны айтылады. Яғни бір компонентті басқа компоненттің индикаторы ретінде пайдалану мүмкіндігі айтылады.

**АРНАЙЫ ИНДИКАЦИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР**

Геоботаниканың дамуына Жер туралы ғылымдарға аэроәдістердің енуі үлкен әсер етті. Өсімдіктер жабынын көрсететін аэромәліметтерді талдау жеке өсімдік түрлеріне емес, қауымдастықтарға, олардың кешендеріне үлкен көңіл бөлу керек екенін көрсетті. Геологиялық және гидрологиялық зерттеулерде аэроәдістерді қолдану фитоценоздарды индикатор ретінде пайдалануды негіздейтін геоботаниканың жаңа арнайы бағытының дамуына алып келді. 1945 жылдан бері бірқатар геологиялық экспедицияларда алғаш рет аэроәдістерді пайдаланып түсірілімдік жұмыстар жүргізетін арнайы геоботаникалық-индикациялық партиялар, отрядтар құрыла бастады. Бұл жұмыстардың нәтижелері алдымен геологиялық карталарды нақтылау үшін, сосын өсімдіктер қауымдастықтарының индикаторлық қызметі анықталған соң литологиялық және инженерлік-геологиялық карталарды, тектоникалық схемаларды, жерасты суларының және кілкіме сулардың картасын жасауға қолданылды. Бұл зерттеулер Кеңес Одағында алдымен индикациялық бағытты, сосын жаңа индикациялық геоботаника бағытын басқарған С. В. Викторов, Е. А. Востокова, Д. Д. Вышивкиннің (1962), Б. В. Виноградовтың (1964) жұмыстарында көрсетілген. «Индикациялық геоботаника» ұғымын 60-шы жылдары С. В. Викторов ұсынған болатын.

Қазіргі таңда көптеген ғалымдармен индикациялық геоботаниканың теориялары мен әдістері жасалып жатыр және әртүрлі бағытта көптеген нақты материалдар жинақталған. С. В. Викторовтың (1955) кітабы тау жыныстары, жерасты сулары және кен орындарының орналасу тереңдігі фитоиндикациясының ерекшелігіне арналған. Мұнда авторгеологиялық және гидрологиялық зерттеулерде өсімдіктер қауымдастықтарын да, жекелеген түрлерді де қолдануға болатыны айтылған. Гидроиндикацияның мәселелеріне Е. А. Востокованың (1961, 1980) бірнеше жұмыстары арналған.

(1962, 1963) жылдары өсімдік түрлері мен қауымдастықтары бойынша еліміздегі жерасты суларының, топырақтың, шөгінді жыныстардың литологиялық құрамы туралы нақты мәліметтер келтірілген бірнеше анықтауыштар жарық көрді.Сонымен қатар геоботаникалық индикациямен қатар индикатор ретінде өсімдіктер жабынын ғана емес, ландшафттың басқа да элементтерін пайдалануға болатын ландшафттық индикация да кеңінен қолданыла бастады. Ландшафттық индикацияның, оның теориясы мен методологиясының ерекшеліктерін С. В. Викторов (1966) және басқа да зерттеушілер жасады.

Индикациялық геоботаникада математикалық модельдерді қолданудың маңызы зор. Бұл әдістер өсімдіктер қауымдастықтары мен жеке түрлердің қоршаған ортаның әртүрлі факторларымен тұрақты байланыстарын анықтауға мүмкіндік береді. Өсімдіктер индикаторын, индикатордың индикация нысанымен байланысын, индикатор мен басқа да индикациялық жұмыстардыңдұрыстығын анықтау кезінде бұл әдістердің маңызы зор. Бұл әдістерді жасауға В. И. Василевич, Ю. И. Самойлов, Б. М. Миркин және басқа да зерттеушілердің үлесі көп.

В. И. Василевич (1969) өсімдіктер жабынын классификациялау үшін, өсімдіктер жабынының ортамен өзара байланысын анықтауда математикалық әдістердің маңызды екенін және материалдарды статикалық өңдеу әдістерінің ерекшеліктерін атап көрсетті. Б. М. Миркиннің көптеген жұмыстарында шалғындық өсімдіктерді классификациялауда және экологиялық зерттеулерде статистика әдістері арқылы анықталған индикаторлық түрлер шешуші роль атқарады. Оның пікірінше статистика әдістері арқылы анықталған детерминант-түрлер (қауымдастықтағы орта жағдайларын анықтайтын өсімдіктер - растения, определяющие условия среды в сообществе) орта жағдайы туралы нақты ақпарат береді, сондықтан осы орта жағдайларының индикаторы болып табылады. Қазіргі таңда индикациялық геоботаникада математикалық әдістерді қолдану міндетті болып табылады.

Пайдалы қазбалардың геоботаникалық индикациясы бағытының маңызы ерекше. Бұл бағыттың дамуына В. И. Вернадскийдің жұмыстарының үлкен маңызы болды. Ол Жер биосферасы туралы ілім және биогеохимия бойынша көптеген классикалық жұмыстар жазды.

В. И. Вернадскийдің биогеохимиялық концепциясы кейінгі жұмыстарда, мысалы, А.П.Виноградовтың жұмыстарында өсімдік түрлері, түрішілік формалары, тераттар (внешнее уродство) бойынша кен орындарын іздеуде ғылыми негіз болды. Нәтижесінде топырақтың беткі қабатының және өсімдік күлі элементтерінің химиялық құрамы бойынша кен орындарын іздеудің биогеохимиялық әдістері жасалды. Бұл туралы Д. П. Малюта (1963) және Н. Г. Несветайлова (1970) жұмыстарында әртүрлі элементтерге өсімдік-индикаторлардың кестесі келтірілген.

Экологиялық шкалалар индикациялық анықтағыштардың ерекше формасы болып табылады (Раменский және басқалар, 1956). Әсіресе Л. Г. Раменскийдің шкаласы кең таралған. Бұл шкалада тіршілік ортасының кейбір факторлар бойынша, атап айтқанда ылғалдылық, топырақтың құнарлылығы мен тұздануы, аллювиалдығы (Аллювиальді (жайылмалы) топырақтар — өзен жайылмаларындағы топырақтар, қарабалшық тұнбаларының әртүрлі дәрежеде болуы) мен пасквальді (жайылымды) дигрессияға (малды көп жаюға байланысты жайылым жағдайының күрт нашарлауы) классификациясы келтірілген. Әрбір фактор үшін сатылар қатары берілген. Ал сатылар кластарға біріккен. Мысалы, тіршілік ортасының ылғалдылығы факторы мынадай 10 класқа біріккен:

1. Шөлді;

2. Жартылай шөлді;

3. Құрғақ далалы;

4. Орташа далалы;

5. Шалғынды-далалы;

6. Құрғақшалғынды;

7. Ылғалды-шалғынды;

8. Батпақты-шалғынды;

9. Батпақты;

10. Жағалы-сулы (сулы).

Шкалалар белгілі бір тіршілік ортасындағы сынамалы алаңшаларда жекелеген өсімдіктер түрлерінің кездесу жиілігін анықталатын алаңдарда геоботаникалық сипаттамалардың экологиялық талдауын жүргізу үшін қолданады (Соболев, 1978). Шкалалардың кемшілігі, таңдап алынған сатылардың сапалық сипаттамасы мен олардың нақты сандық ауытқуларының болмауы (Недостатком шкал являются качественный характер выделенных ступеней и отсутствие точных количественных градаций их). Мысалы, тіршілік ортасының ылғалдылығы шөлді екенін анықтай отырып, оның жоғары құрғақшылықпен сипатталатынын белгілі. Бірақ ондағы жерасты суларының орналасу тереңдігін, олардың минералдығын, яғни 1 л судағы еріген тұздардың құрамын тіпті шамалап та анықтау мүмкін емес. Соған қарамай Л. Г. Раменскийдің шкаласын жерге орналастыру жұмыстарында жиі қолданады. Экологиялық шкалалар КСРО-да көптеген физика-географиялық өңірлер үшін жасалған (Раменский и др., 1956).

**Истоки индикационного ландшафтоведения**

Представление об индикационном ландшафтоведении как об одном из направлений современной географии был осформулировано С.В. Викторовым в 1967 году. Несколько ранее С. В. Викторовым, Е.А. Востоковой и Д.Д.Вышивкиным (1962), был предложен термин «индикационная геоботаника», который обозначал изучение теории и практики применения лишь растительных индикаторов, и как бы предварял появление комплексных ландшафтно-индикационных исследований. Однако общие истоки ландшафтной индикации следует искать в трудах основоположников отечественного ландшафтоведения Л.С. Берга, В.В. Докучаева, В. И. Вернадского, П. А Костычева. А.Н. Краснова, Б.Б. Полынова, Л.Г. Раменского, Н.А. Гвоздецкого, В.АНиколаева, Н.А. Солнцева и др. Из зарубежных ученых особого внимания заслуживают труды Ф. Клементса (США), создавшего стройную систему представлений о растительных индикаторах. Не все из перечисленных исследователей ставили перед собою непосредственные индикационные задачи, но в их трудах была с исключительной обстоятельностью и глубиной раскрыта тесная связь компонентов ландшафтов друг с другом, т. е. именно то, что обуславливает возможность развития ландшафтной индикации.

**Развитие индикации природных процессов**

В настоящее время необходимой оказывается не только индикация стабильного состояния природных условий, но и естественных и антропогенных процессов. Развитие ландшафтной индикации процессов во многом было подготовлено рядом работ, относящихся к разным наукам. Сюда следует отнести учение о сукцессиях и экологических рядах растительных сообществ в геоботанике, связанных с именами В.Н. Сукачева, В.В. Алехина, Б.А. Келлера, Л.Е.Родина, А.Г. Воронова - в России и Ф. Клементса - за рубежом. В области почвоведения и учения о геохимии ландшафтов следует особенно отметить значение концепции миграционных геохимических потоков, разработанной Б.Б. Шлыковым, М.А. Глазовской, Б. А. Ковдой и другими исследователями. Большое значение для развития индикационного изучения процессов имели работы по динамике ландшафтов, осуществленные Н.А. Гвоздецким, А.Г. Исаченко, Н.А. Солнцевым и их многочисленными учениками. Для индикаций процессов также была полезна динамическая интерпретация аэрофото-материалов, нашедшая наиболее полное выражение в работах Б. В. Виноградова, Е. А. Галкиной, В. П. Мирошниченко и других ученых. Разработка проблемы индикационных исследований процессов находится пока в начальной стадии развития.

Аналогично сукцессионным рядам сообществ ландшафтно-генетический ряд определяется как пространственный ряд ПТК, которые сменяют друг друга в пространстве, поскольку они эволюционируют друг в друга по мере развития какого-либо процесса.

**Развитие природоохранной индикации**

Природоохранная (созиоэкологическая) индикация начала развиваться в сравнении с другими направлениями лишь недавно, когда вопросы охраны окружающей среды получили первостепенное значение. Одной из первых специальных монографий, рассматривающих эту ветвь индикационных исследований для пустынь, следует считать работу С. В. Викторова (1980), в которой были описаны ландшафтные индикаторы антропогенных процессов в пустынях. Наибольшее внимание было уделено процессам, происходящим околоканалов (преимущественно фильтрации), дефляции песков, возникновению разных типов антропогенных солончаков. Большое количество данных по природоохранной индикации рассеянно по обширному циклу работ, касающихся различных карт охраны окружающей среды, составленных под руководствомЕ.А. Востоковой.

Использование индикационных справочников облегчает как специальные индикационные съемки, так и применение индикации в качестве вспомогательного метода при съемке почв, инженерно-геологической и гидрогеологической съемках. Если изучаемый район входит в территорию, для которой составлен справочник, и последний по степени своей точности удовлетворяет масштабам производимых работ, то специальные работы по выявлению индикаторов сильно сокращаются и производятся лишь для тех сообществ (или индикаторных групп видов),. которые по разным причинам не были включены в справочник.

Кроме специальных индикационных справочников, использующих лишь растительные индикаторы, существует ряд справочников более обобщенного характера, в которых для индикации применяются все физиономические компоненты ландшафта. В них большое внимание уделяется индикационному значению растительности, и поэтому они могут быть использованы в индикационной геоботанике. Такие справочники имеются для севера Западной Сибири («Ландшафтные индикаторы...», 1974), для болот (Казаков, Кирюшкин, 1979), для пустынь (Викторов, 1976).

Использование индикационных справочников облегчает как специальные индикационные съемки, так и применение индикации в качестве вспомогательного метода при съемке почв, инженерно-геологической и гидрогеологической съемках. Если изучаемый район входит в территорию, для которой составлен справочник, и последний по степени своей точности удовлетворяет масштабам производимых работ, то специальные работы по выявлению индикаторов сильно сокращаются и производятся лишь для тех сообществ (или индикаторных групп видов),. которые по разным причинам не были включены в справочник.

Кроме специальных индикационных справочников, использующих лишь растительные индикаторы, существует ряд справочников более обобщенного характера, в которых для индикации применяются все физиономические компоненты ландшафта. В них большое внимание уделяется индикационному значению растительности, и поэтому они могут быть использованы в индикационной геоботанике. Такие справочники имеются для севера Западной Сибири («Ландшафтные индикаторы...», 1974), для болот (Казаков, Кирюшкин, 1979), для пустынь (Викторов, 1976).

**4.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНИКИ**

В ходе геоботанических индикационных исследований накоплен большой материал о значении различных сообществ и видов растений как показателей экологических условий. Это дало возможность составить различные типы индикационных справочников и определителей. Их можно разделить на две группы: геоботанические справочники, оперирующие' индикационным значением сообществ, и экологические шкалы, оперирующие индикационным значением отдельных видов или их определенных сочетаний. Геоботанические справочники более просты в использовании и могут применяться обычно не только специалистами-геоботаниками, но и исследователями в областях смежных наук - почвоведами, геологами, агрономами, мелиораторами. В качестве индикаторов в этих справочниках используются растительные сообщества (ассоциации или группы ассоциаций), распознаваемые по небольшому числу широко распространенных хорошо заметных видов-доминантов. В большинстве случаев эти сообщества отчетливо различаются по прямым или косвенным признакам на аэрофотоснимках. Поэтому геоботанические индикационные справочники могут помочь дешифрированию и часто иллюстрируются аэрофотоизображениями растительного покрова. Индикаторы сгруппированы по типам растительности, а внутри них - по более мелким таксономическим единицам.

К справочнику прилагается альбом рисунков, изображающих доминанты сообществ-индикаторов, а в текст включаются фотографии, характеризующие внешний облик упоминаемых фитоценозов. Иногда к справочнику прилагается дихотомически построенный определитель, позволяющий в полевых условиях узнать сообщество и условия, на которые оно указывает. Последние обычно характеризуются достаточно точно с указанием определенных свойств индиката, часто с приведением количественных интервалов их значений (например, интервалов глубин залегания грунтовых вод под различными сообществами и т. п.). Недостатком этих справочников является их схематичность. Они оперируют чаще всего группами ассоциаций и редко ассоциациями и соответственно характеризуют индикаторы довольно обобщенно. Однако для решения практических задач они применяются широко и дают удовлетворительные результаты. К подобным справочникам относятся работы Б. Ф. Федорова (1930), И. В. Ларина (1953), Е. А. Востоковой, А. В. Шавыриной и С. Г. Ларичевой (1962), «Справочник-определитель...» (1963).

Особой формой индикационных справочников являются экологические шкалы (Раменский и др., 1956). Наиболее распространены шкалы Л. Г. Раменского. Они содержат классификацию местообитаний по отдельным факторам, а именно по увлажнению, богатству и засолению почв, переменности увлажнения, аллювиальности, пастбищной дигрессии. Для каждого фактора дан ряд ступеней его выраженности, причем ступени сгруппированы в классы. Например, факторы увлажнения местообитаний объединены в 10 классов. Различаются увлажнения: пустынное, полупустынное, сухостепное, среднестепное, лугово-степное, сухолуговое (влажнолесное), сыролуговое (сыролесное), болотисто-луговое (болотисто-лесное), болотное, прибрежно-водное, водоемное.

Шкалы используются для экологического анализа геоботанических описаний, сделанных на пробных площадях с учетом проективного обилия отдельных видов растений, обнаруженных на площадках, описанных в пределах данного местообитания (Соболев, 1978). Недостатком шкал являются качественный характер выделенных ступеней и отсутствие точных количественных градаций их. Например, определив, что данное местообитание имеет пустынный тип увлажнения, можно представить, что оно в целом характеризуется повышенной сухостью, но нельзя даже приблизительно определить глубину залегания грунтовых вод и степень их минерализации, т. е. содержание растворенных солей в 1 л воды. Тем не менее для общей ориентировки в экологических условиях шкалы Л. Г. Раменского очень полезны и находят применение, особенно при землеустроительных изысканиях. Были сделаны попытки придать ступеням шкал Л. Г. Раменского более определенный количественный характер, но пока это удается лишь для небольшого числа ограниченных районов. Экологические шкалы составлены для многих физико-географических регионов СССР (Раменский и др., 1956).

Использование индикационных справочников облегчает как специальные индикационные съемки, так и применение индикации в качестве вспомогательного метода при съемке почв, инженерно-геологической и гидрогеологической съемках. Если изучаемый район входит в территорию, для которой составлен справочник, и последний по степени своей точности удовлетворяет масштабам производимых работ, то специальные работы по выявлению индикаторов сильно сокращаются и производятся лишь для тех сообществ (или индикаторных групп видов),. которые по разным причинам не были включены в справочник.

Кроме специальных индикационных справочников, использующих лишь растительные индикаторы, существует ряд справочников более обобщенного характера, в которых для индикации применяются все физиономические компоненты ландшафта. В них большое внимание уделяется индикационному значению растительности, и поэтому они могут быть использованы в индикационной геоботанике. Такие справочники имеются для севера Западной Сибири («Ландшафтные индикаторы...», 1974), для болот (Казаков, Кирюшкин, 1979), для пустынь (Викторов, 1976).

**2.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗА РУБЕЖОМ**

Индикационная геоботаника в XX в. стала широко развиваться и за границей, что было связано в первую очередь с освоением новых земель, с изучением почв для сельскохозяйственных посевов и посадок, с качественной оценкой почв лугов и лесов, выявлением индикаторов эрозии почв, состояния пастбищ. Из зарубежных теоретических работ по геоботанической индикации следует назвать прежде всего сводку Ф. Е. Клементса (Clements, 1920, 1928). В ней раскрыты основы учения о растительных индикаторах. Почти в это же время выходит работа другого американского исследователя О. Е. Мейнцера (Меinzer, 1927), касающаяся особенностей гидроиндикации. О. Е. Мейнцером впервые была выделена группа растений-«насосов», корни которых доходят до уровня грунтовых вод, названная им «фреатофитами». Группа фреатофитов широко используется в индикационных исследованиях. В 1939 г. выходит в свет работа А. В. Семпсона (Sampson, 1939) «О растительных индикаторах различных местообитаний», внесшая значительный вклад в развитие индикационной геоботаники. В 1929г. О. В. Линстов опубликовал сводку, посвященную индикации горных пород и полезных ископаемых. В Швейцарии публикуются работы А. Крюденера (Krudener, 1951), а ранее - Атлас растений - указателей местообитаний, составленный А. Крюденером и А. Беккером (Krudener, Becker, 1942), где собраны многочисленные растения-индикаторы литологического состава грунтов, уровня грунтовых вод. В Атласе приведены рисунки, фотографии и указаны опознавательные признаки растений-индикаторов. X. Элленбергом (Ellenberg, 1952) составлена шкала оценки лугов и пастбищ по растениям-индикаторам, приведенная в книге о лугах и пастбищах с оценкой их местообитаний. В этом же году выходит работа Т. Робинсона, где широко используются растения-фреатофиты в гидрогеологии. Использованию растений-индикаторов в геологии посвящены также работы Л. Сикоры (Sycora, 1959). В настоящее время индикационные работы в различных странах расширяются и охватывают все глубже различные природные объекты. Исследования проводятся во Франции, Швеции, Норвегии, Бельгии, Дании,. Финляндии, Китае, Они начаты также в таких странах, где ранее не производились, - в Заире, Индии, Зимбабве, Аргентине.

В настоящее время в индикационной геоботанике как у нас, в СССР, так и за рубежом возникло новое перспективное направление, связанное с использованием и дешифрированием аэрофотокосмоматериалов.

**2.3 ПЕРВЫЕ ИНДИКАЦИОННЫЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛИ**

В начале XX в. как приложение к книге по исследованию растительности района Зайсана Б. А. Келлером (1911) был опубликован первый индикационный определитель почв по растительности. Б, А. Келлер считал, что «дикая растительность есть чрезвычайно чувствительный показатель окружающих условий вообще и почвенных в частности, это есть тонкий реагент на природную обстановку, хорошее и едва ли не лучшее бонитировочное средство для почв». Индикация почв проводилась Б. А. Келлером по растительным ассоциациям.

После Октябрьской революции, в период, когда началось освоение окраин нашей страны, индикационные исследования стали развиваться особенно интенсивно. Это был хотя и ориентировочный, но быстрый и доступный способ оценки земель и их природных особенностей. В 1926 г. И. В. Ларин издает специальный индикационный справочник для определения по растительному покрову почв и сельскохозяйственных угодий Западного Казахстана, междуречья Волги и Урала. И. В. Ларин подчеркивает, что его определитель может быть использован в том регионе, для которого он составлен, и что для других климатических районов следует составлять другие индикационные определители. Таким образом, он как бы ставит вопрос и об экстраполяции (логико-методологическая процедура распространения (переноса) выводов, сделанных относительно какой-либо части объектов или явлений на всю совокупность (множество) данных объектов или явлений) индикационных данных. Почти в это же время, в 1930 г., выходит в свет справочник Б. В. Федорова для оценки засоленности верхних горизонтов почв Голодной степи (Мырзашөл).

Большое значение для индикации экологических условий и в особенности почв имели работы геоботаника-эколога Л. Г. Раменского, начатые им еще до революции, но получившие особое развитие в советское время. Его работы касались главным образом лугов и пастбищ. Им были проведены многолетние исследования, при которых выявлялась связь различных видов растений с характером увлажнения и богатством почв, их засоленностью, для пойменных лугов - с аллювиальностью (раз-яой степенью отложения наилка), а также с пасквальной (пастбищной) дигрессией. Г. Л. Раменский стремился «тонко читать по растительности условия ее местопроизрастания». На основе обширного собранного материала Л. Г. Раменским созданы экологические таблицы, с помощью которых можно определять по видам растений различные экологические условия. Эти таблицы были опубликованы в книге «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель» (1938). Они получили разработку в трудах его учеников и приведены в книге «Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову» (Раменский и др., 1956), а также в работах Л.Н.Соболева (1978). Во время работ Л. Г. Раменского еще не было накоплено достаточных количественных данных, поэтому таблицы составлены так, что позволяют оценивать местообитания не в конкретных величинах, а в форме отнесения особенностей местообитания к условным ступеням увлажнения, засоления, минерального богатства почв и т. д. Таблица составлена для отдельных видов растений, растительные сообщества в качестве индикаторов экологической обстановки автором не использованы. Опыт составления экологических шкал имеется также в работах геоботаников Т. А. Работнова (1958) и И. А. Цаценкина (1967).

В работах лесоведов П. С. Погребняка (1955), Д. В. Воробьева (1953) также использованы отдельные виды растений для индикации лесных местообитаний. Они считали, что виды растений, их экологические группы - ксерофиты, мезофиты, гигрофиты - могут служить показателями особенностей увлажнения, а олиготрофы, мезотрофы, мегатрофы - индикаторами богатства почв элементами питания растений. Индикационному значению как видов, так и растительных сообществ уделял внимание наш крупнейший ученый-лесовед, создатель новой науки - биогеоценологии, В. Н. Сукачев (1930), применяя для лесной типологии виды растепий-эдификаторов и доминантов, а для установления эколого-фитоценотических закономерностей - типы лесов и их группы. Его учение о биогеоценозах (Сукачев, 1947, 1964) проникнуто идеей о взаимообусловленности и диалектическом единстве всех компонентов природы,. постоянном обмене между ними веществом и энергией, а отсюда вытекает возможность использовать один компонент как индикатор другого.

**2.4 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Значительным стимулом дальнейшего развития геоботаники послужило внедрение в науках о Земле аэрометодов. Дешифрирование аэрофотоматериалов, отображающих растительный покров, заставило уделять наибольшее внимание не отдельным видам растений, а сообществам, их комплексам и рядам. Применение аэрометодов в геологических и гидрологических исследованиях вызвало необходимость развития нового специального геоботанического направления, основанного на использовании фитоценозов как индикаторов. С 1945 г. в ряде геологических экспедиций впервые стали создавать специальные геоботанико-индикационные партии и отряды, производившие съемочные работы с применением аэрометодов. Результаты этих работ давали основание вначале для уточнения геологических карт, а после установленные индикаторные функции растительных сообществ применяли при составлении литологических и инженерно-геологических карт, тектонических схем, карт грунтовых вод и верховодок. Эти исследования отражены в работах С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Д. Д. Вышивкина (1962), Б. В. Виноградова (1964), возглавивших в нашей стране сначала индикационное направление, а потом новую науку - индикационную геоботанику. Сам термин «индикационная геоботаника» был предложен в 60-х годах С. В. Викторовым.

В настоящее время многими учеными разрабатываются теория и методы индикационной геоботаники и собран обширный фактический материал в различных направлениях ее приложения. Особенностям фитоиндикации горных пород, подземных вод и глубины залегания руд посвящена книга С. В. Викторова (1955). Автор показывает, что в качестве индикаторов при геологических и гидрологических исследованиях можно использовать и растительные сообщества, и отдельные виды растений. Специальным вопросам гидроиндикацин посвящен ряд работ Е. А. Востоковой (1961, 1980). В 1962 г. вышла в свет книга С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Д. Д. Вышивкина «Введение в индикационную геоботанику», в которой даются основы теории и методов этой науки и раскрыты ее основные направления. Позже были опубликованы учебные пособия Б. В. Виноградова (1964) и Ф. Д. Алахвердиева (1985).

В эти же годы появился ряд определителей и справочников (1962, 1963), которые дают конкретные сведения об индикации по растениям и растительным сообществам грунтовых вод, почвогрунтов, литологического состава поверхностных отложений в различных районах нашей страны. Проводится ряд совещаний по индикационной науке, и издаются их труды. В последнее время наряду с геоботанической индикацией стала широко применяться ландшафтная индикация, когда в качестве индикаторов используют не только растительность, но и другие элементы ландшафта. Особенности ландшафтной индикации, ее теория и методология разрабатываются С. В. Викторовым (1966) и другими исследователями.

Особое значение имеет применение в индикационной геоботанике математических методов. Эти методы дают возможность выявить устойчивые связи растительных сообществ и отдельных видов с различными градиентами среды. При выявлении растительных индикаторов, определении связи индикатора с объектом индикации, достоверности индикаторов и других индикационных работах эти методы играют важную роль. В разработку этих методов внесли существенный вклад В. И. Василевич, Ю. И. Самойлов, Б. М. Миркин и некоторые другие исследователи.

В. И. Василевич (1969) подчеркивал значение математических методов для решения вопросов классификации растительности, выяснения взаимосвязи растительности со средой и рассматривал особенности приемов статистической обработки материала. Проблеме взаимосвязи растительности со средой, раскрытой математическими методами, посвящена также работа Ю. И. Самойлова (1970) «Опыт количественного анализа соответствия мозаики растительности и среды на пойменных лугах». Во многих работах Б. М. Миркина индикаторным видам, выявленным методами статистики, отводится решающая роль при экологических исследованиях и классификации луговой растительности. Б. М. Миркин считает, что виды-детерминанты, выявленные методами статистики, несут наибольшую индикаторную нагрузку, дают наиболее высокую информацию об условиях среды и служат поэтому верными индикаторами этих условий. Применение математических методов в индикационной геоботанике завоевывает в настоящее время все большее место и становится почти обязательным.

Особое направление составляет геоботаническая индикация полезных ископаемых. Огромное значение для его развития имели работы знаменитого советского ученого В. И. Вернадского. Им были написаны классические работы по биогеохимии и создано учение о биосфере Земли.

Биогеохимическая концепция В. И. Вернадского, получившая широкое применение и дальнейшее развитие в трудах А. П. Виноградова, явилась научной основой, на которой можно было строить методы поисков рудных месторождений по видам растений, внутривидовым формам и тератам(внешним уродствам). Был создан биогеохимический метод поисков рудных месторождений, основанный на химическом анализе элементного состава золы растений, а также верхних слоев почвы. Зола растений бывает обогащена теми элементами, которые содержатся в ореоле рассеяния над рудной залежью. В монографии Д. П. Малюты (1963) имеются таблицы растений-индикаторов на различные элементы, с указанием универсальных и локальных индикаторов. Этому же вопросу посвящена работа Н. Г. Несветайловой (1970).

**2.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗА РУБЕЖОМ**

Индикационная геоботаника в XX в. стала широко развиваться и за границей, что было связано в первую очередь с освоением новых земель, с изучением почв для сельскохозяйственных посевов и посадок, с качественной оценкой почв лугов и лесов, выявлением индикаторов эрозии почв, состояния пастбищ. Из зарубежных теоретических работ по геоботанической индикации следует назвать прежде всего сводку Ф. Е. Клементса (Clements, 1920, 1928). В ней раскрыты основы учения о растительных индикаторах. Почти в это же время выходит работа другого американского исследователя О. Е. Мейнцера (Меinzer, 1927), касающаяся особенностей гидроиндикации. О. Е. Мейнцером впервые была выделена группа растений-«насосов», корни которых доходят до уровня грунтовых вод, названная им «фреатофитами». Группа фреатофитов широко используется в индикационных исследованиях. В 1939 г. выходит в свет работа А. В. Семпсона (Sampson, 1939) «О растительных индикаторах различных местообитаний», внесшая значительный вклад в развитие индикационной геоботаники. В 1929г. О. В. Линстов опубликовал сводку, посвященную индикации горных пород и полезных ископаемых. В Швейцарии публикуются работы А. Крюденера (Krudener, 1951), а ранее - Атлас растений - указателей местообитаний, составленный А. Крюденером и А. Беккером (Krudener, Becker, 1942), где собраны многочисленные растения-индикаторы литологического состава грунтов, уровня грунтовых вод. В Атласе приведены рисунки, фотографии и указаны опознавательные признаки растений-индикаторов. X. Элленбергом (Ellenberg, 1952) составлена шкала оценки лугов и пастбищ по растениям-индикаторам, приведенная в книге о лугах и пастбищах с оценкой их местообитаний. В этом же году выходит работа Т. Робинсона, где широко используются растения-фреатофиты в гидрогеологии. Использованию растений-индикаторов в геологии посвящены также работы Л. Сикоры (Sycora, 1959). В настоящее время индикационные работы в различных странах расширяются и охватывают все глубже различные природные объекты. Исследования проводятся во Франции, Швеции, Норвегии, Бельгии, Дании,. Финляндии, Китае, Они начаты также в таких странах, где ранее не производились, - в Заире, Индии, Зимбабве, Аргентине.

В настоящее время в индикационной геоботанике как у нас, в СССР, так и за рубежом возникло новое перспективное направление, связанное с использованием и дешифрированием аэрофотокосмоматериалов.

**4.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНИКИ**

В ходе геоботанических индикационных исследований накоплен большой материал о значении различных сообществ и видов растений как показателей экологических условий. Это дало возможность составить различные типы индикационных справочников и определителей. Их можно разделить на две группы: геоботанические справочники, оперирующие' индикационным значением сообществ, и экологические шкалы, оперирующие индикационным значением отдельных видов или их определенных сочетаний. Геоботанические справочники более просты в использовании и могут применяться обычно не только специалистами-геоботаниками, но и исследователями в областях смежных наук - почвоведами, геологами, агрономами, мелиораторами. В качестве индикаторов в этих справочниках используются растительные сообщества (ассоциации или группы ассоциаций), распознаваемые по небольшому числу широко распространенных хорошо заметных видов-доминантов. В большинстве случаев эти сообщества отчетливо различаются по прямым или косвенным признакам на аэрофотоснимках. Поэтому геоботанические индикационные справочники могут помочь дешифрированию и часто иллюстрируются аэрофотоизображениями растительного покрова. Индикаторы сгруппированы по типам растительности, а внутри них - по более мелким таксономическим единицам.

К справочнику прилагается альбом рисунков, изображающих доминанты сообществ-индикаторов, а в текст включаются фотографии, характеризующие внешний облик упоминаемых 4|итоценозов. Иногда к справочнику прилагается дихотомически построенный определитель, позволяющий в полевых условиях узнать сообщество и условия, на которые оно указывает. Последние обычно характеризуются достаточно точно с указанием определенных свойств индиката, часто с приведением количественных интервалов их значений (например, интервалов глубин залегания грунтовых вод под различными сообществами и т. п.). Недостатком этих справочников является их схематичность. Они оперируют чаще всего группами ассоциаций и редко ассоциациями и соответственно характеризуют индикаторы довольно обобщенно. Однако для решения практических задач они применяются широко и дают удовлетворительные результаты. К подобным справочникам относятся работы Б. Ф. Федорова (1930), И. В. Ларина (1953), Е. А. Востоковой, А. В. Шавыриной и С. Г. Ларичевой (1962), «Справочник-определитель...» (1963).

Особой формой индикационных справочников являются экологические шкалы (Раменский и др., 1956). Наиболее распространены шкалы Л. Г. Раменского. Они содержат классификацию местообитаний по отдельным факторам, а именно по увлажнению, богатству и засолению почв, переменности увлажнения, аллювиальности, пастбищной дигрессии. Для каждого фактора дан ряд ступеней его выраженности, причем ступени сгруппированы в классы. Например, факторы увлажнения местообитаний объединены в 10 классов. Различаются увлажнения: пустынное, полупустынное, сухостепное, среднестепное, лугово-степное, сухолуговое (влажнолесное), сыролуговое (сыролесное), болотисто-луговое (болотисто-лесное), болотное, прибрежно-водное, водоемное.

Шкалы используются для экологического анализа геоботанических описаний, сделанных на пробных площадях с учетом проективного обилия отдельных видов растений, обнаруженных на площадках, описанных в пределах данного местообитания (Соболев, 1978). Недостатком шкал являются качественный характер выделенных ступеней и отсутствие точных количественных градаций их. Например, определив, что данное местообитание имеет пустынный тип увлажнения, можно представить, что оно в целом характеризуется повышенной сухостью, но нельзя даже приблизительно определить глубину залегания грунтовых вод и степень их минерализации, т. е. содержание растворенных солей в 1 л воды. Тем не менее для общей ориентировки в экологических условиях шкалы Л. Г. Раменского очень полезны и находят применение, особенно при землеустроительных изысканиях. Были сделаны попытки придать ступеням шкал Л. Г. Раменского более определенный количественный характер, но пока это удается лишь для небольшого числа ограниченных районов. Экологические шкалы составлены для многих физико-географических регионов СССР (Раменский и др., 1956).

Использование индикационных справочников облегчает как специальные индикационные съемки, так и применение индикации в качестве вспомогательного метода при съемке почв, инженерно-геологической и гидрогеологической съемках. Если изучаемый район входит в территорию, для которой составлен справочник, и последний по степени своей точности удовлетворяет масштабам производимых работ, то специальные работы по выявлению индикаторов сильно сокращаются и производятся лишь для тех сообществ (или индикаторных групп видов),. которые по разным причинам не были включены в справочник.

Кроме специальных индикационных справочников, использующих лишь растительные индикаторы, существует ряд справочников более обобщенного характера, в которых для индикации применяются все физиономические компоненты ландшафта. В них большое внимание уделяется индикационному значению растительности, и поэтому они могут быть использованы в индикационной геоботанике. Такие справочники имеются для север-а Западной Сибири («Ландшафтные индикаторы...», 1974), для болот (Казаков, Кирюшкин, 1979), для пустынь (Викторов, 1976).