

## ОРГАНИЗАЦИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО МОНИТОРИНГА НА ГЛАВНОЙ ГРЯДЕ КРЫМСКИХ ГОР. I. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

*Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В.*

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН*

Мониторинг определяется как «система непрерывного наблюдения, измерения и оценки для определенных целей». Известно, что состояние биосферы и отдельных биогеоценозов изменяется под влиянием естественных и антропогенных воздействий. Существенным различием таких воздействий является то, что в результате природных причин биологические системы, как правило, возвращаются к состоянию близкому к первоначальному. Под влиянием антропогенных причин, хоть длительных, хоть кратковременных, изменения могут быть настолько глубокими, что система не может поддерживать устойчивое равновесие и деструктивные процессы ведут к разрушению установившихся связей и смене сообществ.

Для того чтобы выделить антропогенные изменения на фоне естественных, возникла необходимость в организации специальных наблюдений за изменением состояния биосферы под влиянием человека. Систему повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой было предложено называть мониторингом (Munn, 1973).

Для обеспечения функционирования системы наблюдений и контроля состояния окружающей природной среды, позволяющей выделить изменения, вызванные антропогенными причинами, необходима детальная информация о естественных колебаниях и изменениях состояния среды; осуществлении мониторинга предусматривает получение следующей информации (Израэль, 1974):

- 1) наблюдение за факторами, воздействующими на природную среду, и за состоянием среды;
- 2) оценку фактического состояния природной среды;
- 3) прогноз состояния окружающей природной среды и оценку такого состояния.

Таким образом, считает Ю.А. Израэль (Израэль, 1984), мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния природной среды, не включающая управление качеством окружающей среды. Система мониторинга может охватывать как локальные районы, так и всю биосферу (глобальный мониторинг).

Не касаясь вопроса глобального мониторинга, также как и системы национального, остановимся на локальном мониторинге, который по своей сути является частью регионального и национального мониторинга. Для целей локального мониторинга идеальной территорией являются заповедники, где антропогенная составляющая прямого воздействия сведена к минимальным значениям.

Классически программа фонового мониторинга на базе заповедников (Герасимов и др., 1976) включает разделы:

- мониторинг загрязнений природной среды и других факторов антропогенного воздействия;
- мониторинг откликов биоты на антропогенное воздействие, в первую очередь фоновых уровней загрязнений;
- наблюдения за изменением функциональных и структурных характеристик нетронутых («эталонных») природных экосистем и их антропогенных модификаций.

Интерпретация результатов указанных наблюдений возможна лишь при тщательном изучении фоновых характеристик среды. В связи с этим было решено организовать такое фоновое изучение. В настоящей статье отражены результаты геоботанического изучения лесных ценозов, которые отражены на высотных профилях в виде графических моделей. Надеемся, что работа послужит основой для дальнейшего анализа сукцессионных изменений лесных сообществ, определяющим микроклиматические и бальнеологические особенности климата южного бережья.

## Материалы и методы

В мае месяце 1976 года, по инициативе отдела флоры и растительности Никитского ботанического сада – Национального научного центра проводился комплекс работ по изучению фонового состояния растительного покрова и загрязнения лесных экосистем тяжёлыми металлами в створе высот от 400 метров до верхней границы леса в четырех южнобережных амфитеатрах: Ялтинском (от хребта Пендикюль до Никитского хребта), Гурзуфском (ограничен с востока горой Караул-Оба), Запрудненском (на востоке до линии гора Шарха – Парагельмен) и Маломаякский (до линии лакколлитов Урага – Чамны-Бурун). Он включал: рекогносцировочное обследование и выбор мест закладки мониторинговых профилей, репрезентативно представляющих всю территорию центральной части южного макросколлона Главной Гряды. На карте фактического материала указаны линии заложения профилей (рис.1).

Мониторинг направлен на выявление и оценку антропогенных изменений, связанных с изменением биоты, биологических систем, на оценку состояния этих систем. Состояние биологических систем при осуществлении экологического мониторинга может быть определено путем оценки соответствия данного биогеоценоза критерию «хорошего» биогеоценоза (Шварц, 1976). При этом должна быть произведена оценка:

- продукции всех основных звеньев трофической цепи;
- соответствия высокой продуктивности высокой продукции (определяющего компенсаторную активность биологических систем);
- стабильности структуры и разнородности отдельных трофических уровней;
- скорости протекания обмена веществ и энергии в экосистеме, характеризующей возможность биологического самоочищения системы. В системе экологического мониторинга в качестве деления показателей условий среды и их влияния на биологические системы могут использоваться определения численности отдельных видов и их состояния. С.С. Шварц (1976) считает подходящими в качестве конкретных показателей условий среды содержание химических веществ в различных тканях организмов на разных уровнях трофических цепей, скорость роста деревьев, энергию фотосинтеза, микробиологическую активность почв, рост лишайников, развитие различных гидробионтов. Эти данные могут быть дополнены данными по изменению структуры биогеоценозов, их пространственным и функциональным взаимоотношениям. Особое значение имеет анализ биоценотического гомеостаза при упрощении отдельных трофических связей.

Описанный подход составляет основу биологического мониторинга (в рамках экологического). Большинство авторов (Израэль и др., 1978; Федоров, 1975, 1977) считает, что биологический мониторинг включает наблюдения за факторами воздействия, но главное внимание в биологическом мониторинге должно уделяться наблюдениям за биологическими последствиями, откликами, реакциями биологических систем на внешние воздействия, на изменения состояния природной среды. По мнению автора работы (Федоров, 1976), биологические показатели можно разделить на две

категории: функциональные, которые выражаются производными некоторых функций по времени (например, показатели продуктивности, дыхание, скорость обмена веществ, скорость фотосинтеза), и структурные, которые могут быть выражены интегралом во времени как некий итог действий (например, показатель, характеризующий численность видов и особей, количество биомассы, изменение размера и массы особей, содержание веществ в экосистеме).



**Рис. 1.** Схема заложения мониторинговых профилей на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор

В работе со ссылкой на академика В.Е. Соколова вводится еще несколько категорий биологических показателей (признаков) (в этой работе структурные показатели названы структурно-морфологическими): этологические признаки (изменение активности, миграция, изменение режима питания); патологические признаки, соответствующие нарушениям гомеостаза (различные болезни, понижение холодостойкости, жаростойчивости).

Для целей биологического мониторинга в качестве функциональных показателей используются (Федоров, 1974):

- показатели роста (т. е. продуктивности);
- показатели трат (дыхание, прижизненное отчуждение органического вещества за счет выпадений, линьки);
- показатели состояния (потребление и усвоение пищи, скорость круговорота различных элементов в экосистеме) и др.

И.П. Герасимов (Герасимов и др., 1976) отмечает, что при организации контроля за состоянием биоты особое внимание должно уделяться:

- колебаниям общей численности популяции (и выяснению причин этих колебаний);

- изменениям в возрастном и половом составе популяций;
- изменению половых процессов и интенсивности размножения;
- изменению репродуктивного цикла;
- изменению в эмбриональном и постнатальном развитии.

При популяционном исследовании растительности используются те же признаки, что и при изучении отдельных индивидуумов, с той лишь разницей, что в этом случае по любому из признаков проводится статистическая оценка как простыми непараметрическими показателями (мода, медиана, квартили), так и статистическими - средним арифметическим, его ошибкой, дисперсией, коэффициентом асимметрии, эксцессом и т.д. Наконец, возможно описание эмпирического распределения нелинейной функцией или его аппроксимация какому-то теоретическому распределению (нормальному, Пуассона и т.д.) (Миркин, Наумова, 1998).

Наиболее полный перечень признаков для оценки особей и ФП составлен Ю.А. Злобиным (1989). На уровне особей растений он оценивает признаки, которые раскрывают их состояние в ФП. При популяционно-онтогенетическом подходе - это признаки, раскрывающие возрастное состояние особей, при виталитетном анализе - характеризующие уровень жизненного состояния особей, проявляющийся в размере, морфологической структуре, скорости роста, вкладе в репродукцию каждого отдельного индивидуума. Эти признаки подразделяют на группы статических и динамических и далее - на метрические и аллометрические.

Статические признаки учитываются при однократном учете, а динамические - при нескольких (хотя бы двух) учетах, выполненных с определенным интервалом времени. Метрические показатели получаются путем измерения какого-то признака, а аллометрические - как частное от деления значений двух признаков.

Главными параметрами оценки состояния вида на уровне ФП являются:

- численность особей в ФП;
- запас фитомассы в ФП;
- размер популяционного поля;
- плотность, понимаемая как число особей, приходящихся на единицу площади;
- структура ФП, т.е. соотношение особей разного возраста, размера, жизненного состояния, пола, составляющих соответствующие (возрастные, размерные, виталитетные и т.п.) спектры ФП;
- тип размещения особей по популяционному полю (контагиозный, стохастический или регулярный).

Общеизвестны основные типы распределений – случайное, регулярное, контагиозное, однако не до конца понятен их биологический смысл. Для многих видов случайное распределение является показателем оптимальности условий – вид распределен по площади сообщества наиболее целесообразно, а отклонение от случайного – показатель не благоприятности условий: вид «выжимается» более сильными конкурентами в небольшие популяционные локусы – рефугиумы с ослабленным режимом фитоценологических отношений. Однако это положение не носит всеобщего характера, так как есть виды (как правило, с клональным типом размножения), для которых пятнистость является как раз нормой, соответствующей оптимальным условиям. В целом же в естественных сообществах, где выражена диффузная конкуренция, биологическая интерпретация характера распределения особей ФП часто бывает практически невозможной.

Исходя из общих задач мониторинга и принимая во внимание главные параметры экотопов и сообществ, на 26 заложённых профилях были выполнены следующие исследовательские работы:

- построены гипсометрические схемы простирания профилей);

- установлены формы рельефа с указанием их геохронологического возраста, состава горных пород и определен характер современных экзогенных процессов;
- выполнены полные геоботанические описания растительности, в которых зафиксирован состав сообществ, участие видов в сложении растительного покрова.

Всего на 26 профилях было заложено 923 учётных площадок, где выполнен, выше перечисленный комплекс исследовательских работ. Наблюдения (особенно длинные ряды) позволят выявить основные тенденции в изменении состояния биосферы, определить темп изменений отдельных показателей, характеризующих состояние окружающей среды, выделить показатели, темп изменения которых особенно высок. Важно обращать внимание не только на очевидное изменение в структурных признаках, но и на изменение отдельных биологических реакций (например, продуктивности некоторых популяций). Необходимо установить зависимости (корреляционные) между показателями, указывающими, с одной стороны, на интенсивность факторов воздействия, а с другой — на изменение биологических реакций в экосистемах.

### Результаты и обсуждение

Длительный и надежный контроль над состоянием растительных сообществ (их флористическим составом, обилием видов, проективным покрытием, горизонтальной и вертикальной структурой, другими параметрами), а также за их распространением, в особенности высотным, в условиях горных экосистем, возможен лишь при строгой фиксации исходного состояния на конкретных площадях или профилях. Последующие описания и учет растительности на тех же самых участках позволяют вскрывать изменения состава и структуры, связывая их с экологическими режимами, либо с другими факторами.

В наших исследованиях растительных сообществ и экосистем на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор в целях мониторинга мы применяем метод высотных профилей от 400 м над уровнем моря до яйлы (как наименее затронутых прямым антропогенным воздействием), фиксированных в пространстве, на которых через каждые 25 м высоты закладывались пробные площадки в 100 м<sup>2</sup>, выполненные по принятой методике (Голубев, Корженевский, 1985). При этом учитываются следующие параметры: доминирующая лесная порода, ее высота и степень покрытия, сомкнутость крон древесного яруса и подлеска, покрытие травяного яруса, полный видовой состав с отметкой частного проективного покрытия надземных частей отдельных компонентов, мощность и степень покрытия подстилки, видовая насыщенность, высота над уровнем моря, крутизна склона и преобладающий тип геоморфологических процессов, тип почвы, степень поверхностной щелбиности, подстилающая горная порода, степень увлажнения, положение пробной площади в геохимическом ряду сопряженности. Описание пробных площадей по этому плану на высотных профилях затем обращается в графическую форму (рис. 2-27). Названия видов приведены согласно «Определителя высших растений Крыма» (Определитель..., 1972). На рисунке 2 приведены все условные обозначения и виды гистограмм, сопровождаемых каждое геоботаническое описание. Проективное покрытие приведено в масштабе 1 мм равен 10 %. Виды растений с покрытием ниже 10%, относящиеся к группе редких и случайных, на графических моделях не указываются, они отмечены в описаниях, номера которых указаны в нижней части рисунков.









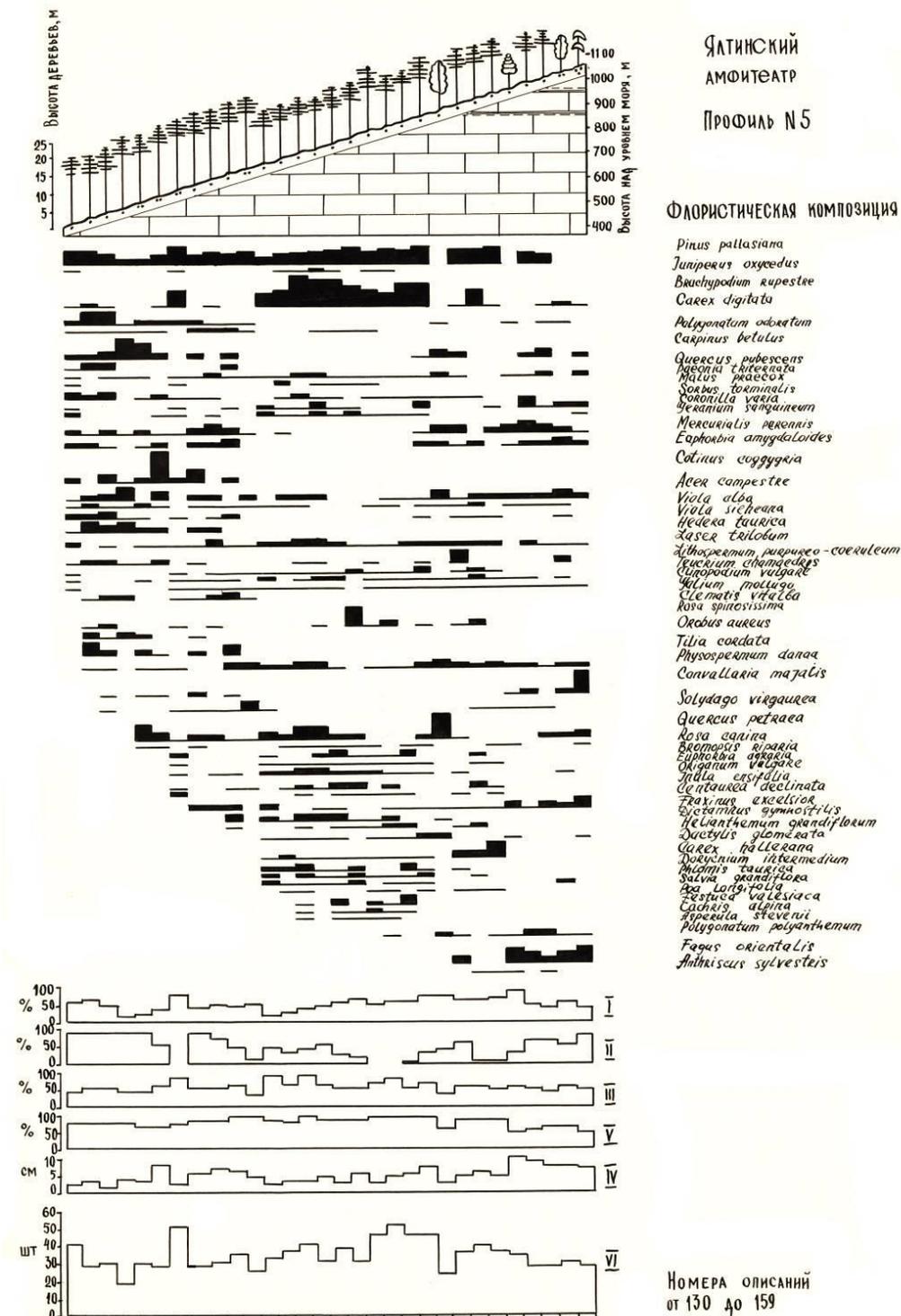


Рис. 6. Мониторинговый профиль, ур. Кизил-кая – Ялтинская яйла











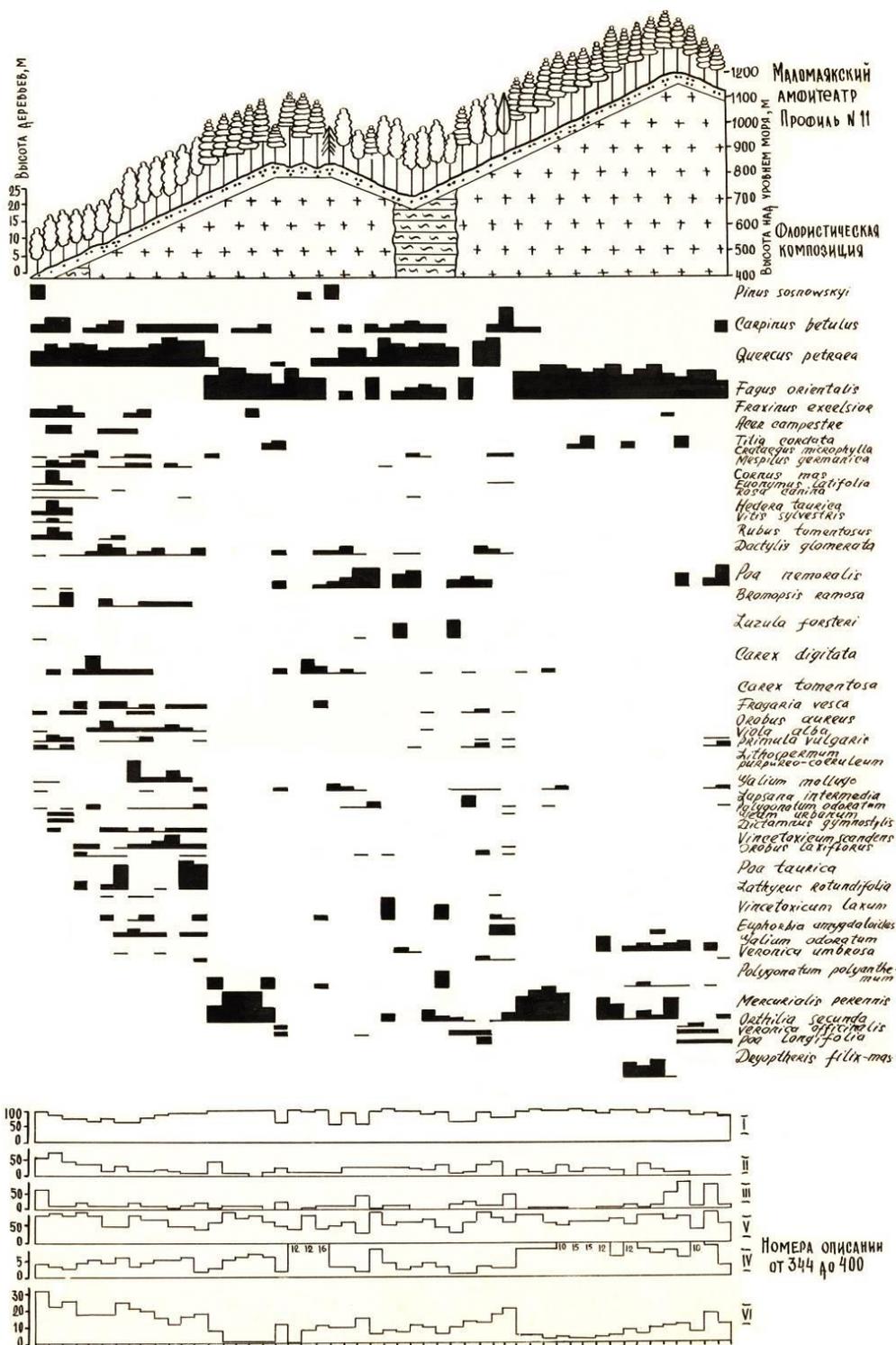


Рис. 12. Мониторинговый профиль 11, г. Урага – г. Чамны – Бурун, перевал Дипла





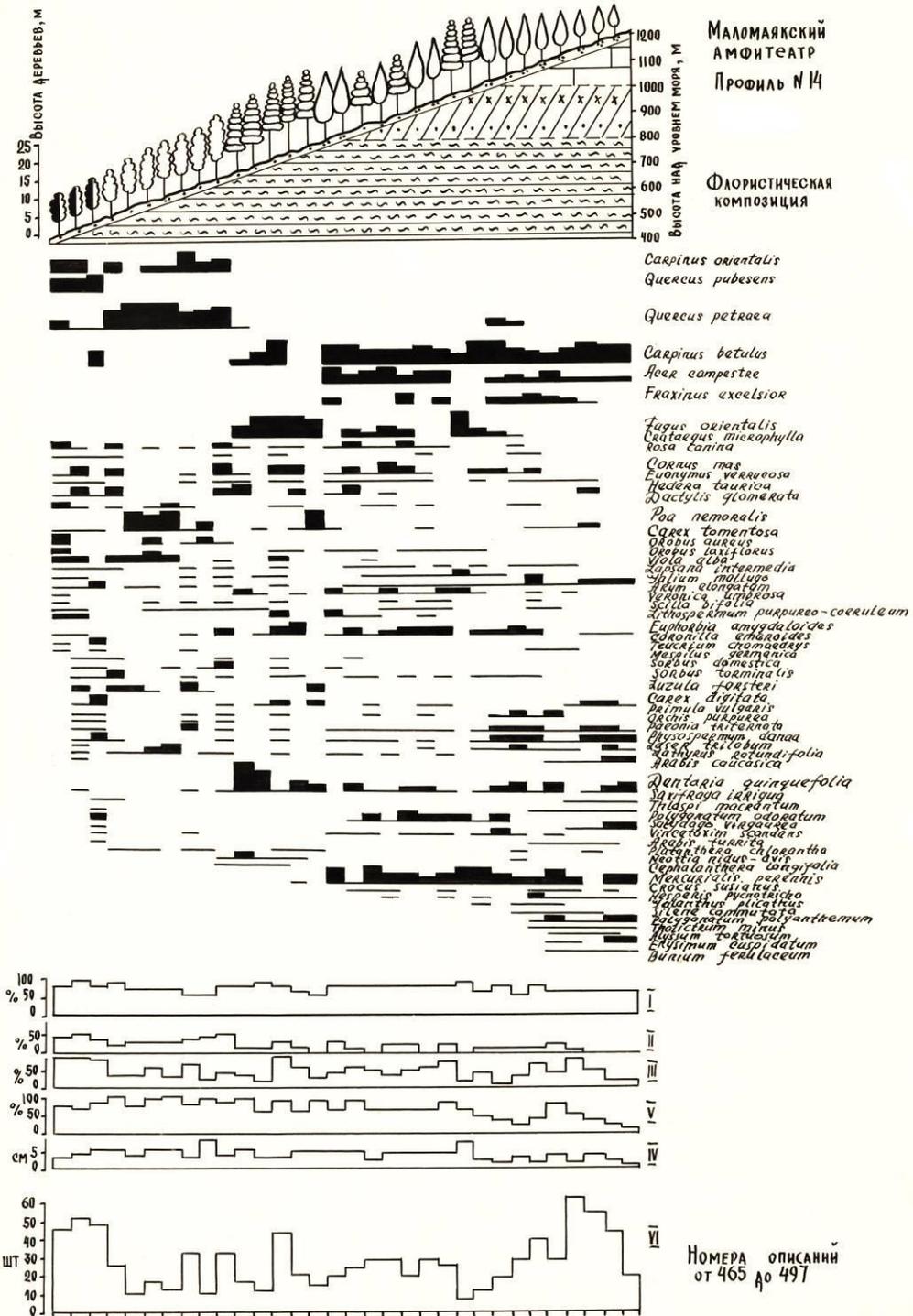


Рис. 15. Мониторинговый профиль 14, Маломаякский амфитеатр 4





















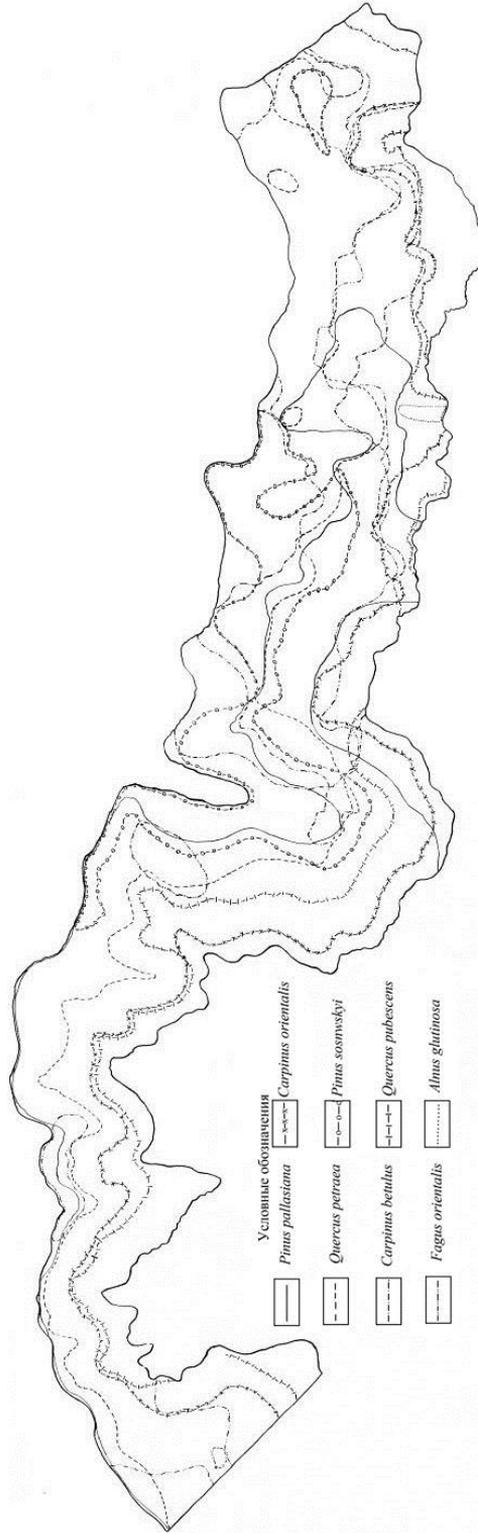




В связи с тем, что фитоценоз - это условно ограниченный, пространственно-временной фрагмент растительного континуума, представленный совокупностью ценопопуляций растений, связанных условиями местообитания и взаимоотношениями в пределах более или менее однородного комплекса факторов среды - максимально полная информация об экотопе может быть получена только при анализе всего флористического состава. В принципе нет индифферентных по отношению к факторам среды видов, могут быть растения с широкой амплитудой толерантности, реализующих свои потенции на значительной длине вектора градиента (это хорошо показано на рисунках, как вдоль высотного топоклина изменяется состав сообществ и участие отдельных таксонов). Тем не менее, положение таких видов в экотопе контролируется другими факторами, что выявляется при анализе большого массива эколого-биологических признаков растений.

Реакция растений из состава фитоценозов на современные процессы зависит от нескольких факторов, которые включают: тип, интенсивность и продолжительность воздействия. При этом необходимо также учесть наложение на действующий процесс параметров окружающей среды (например: метеофакторов, субстрата, антропогенных влияний и др.). Действие современных процессов может быть выявлено на ценогическом уровне - непосредственное наблюдение за параметрами всего ценоза (путем контроля материального баланса, пространственно-структурных показателей, общего числа видов, численности особей, биомассы и пр.), на популяционном уровне (размер популяции, плотность, возрастная структура и др.) при условии контроля всего состава ценоза.

Прогнозируемое глобальное изменение климата неуклонно повлечёт за собой изменение структуры и состава растительного покрова, как в широтном, так и в высотном направлениях. Темпы трансформации растительности контролируются целым рядом показателей, среди которых наиболее существенным является показатель толерантности к стрессовым (экстремальным) значениям параметров среды. Известно, что положение особей и популяций видов на градиентах среды описывается в виде вектора с минимальным, оптимальным и максимальным значениями. В сообществах виды упаковываются (дифференцируются) для исключения «жесткой» конкуренции. Реально это происходит путём смещения точки оптимального значения вдоль вектора в одну или другую сторону на градиентах факторов-условий и факторов ресурсов. То есть, возможность адаптации видов и сообществ контролируется длиной реализуемой части градиента – вектора. Предложенные в настоящей статье графические модели позволят выявить и проанализировать происходящие трансформации (Плугатарь, Корженевский, 2016). Размещение основных лесобразующих пород на участке мониторинга демонстрирует рисунок 28. Его достаточно просто перенести на гипсометрические горизонталы от высоты 400 м и получить картину доминирования тех или иных лесных сообществ, как монодоминантных, так и полидоминантных.



**Рис.28.** Схема распространения основных лесобразующих пород в мониторинговом пространстве на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор между гг. Ялта-Алушта (створ высот от 400 м до верхней границы леса)

## Выводы

Поскольку особи растений, так же, как и их совокупность (популяция, сообщество), приурочены к определенным местообитаниям, организованным градиентами факторов среды, представляющим собой гиперобъемы на хронотренде, то можно считать, что генетически детерминированные и филогенетически приобретенные границы толерантности видов будут попадать при изменениях условий, как в зону оптимума, так и в зону пессимума. Таким образом, виды будут либо внедряться в ценоз, либо элиминироваться из него. Экологическая ниша (место в ценозе) у разных видов может быть узкой и широкой. Ее размеры положены в основу различия видов растений - стенотопов и эвритопов. Стенотопы обладают меньшей пластичностью, низким уровнем генетического полиморфизма и поэтому более чувствительны. При незначительных трансформаций факторов среды они попадают в зону дискомфорта, в то время, как эвритопы за счет фенотипической и генетической изменчивости имеют широкую возможность перемещать оптимум вдоль градиентов факторов среды. Это положение во многом объясняется тем, что стенотопы чаще представлены видами «специалистами» с выраженным свойством патиента и потому их реализованная ниша ближе к фундаментальной. У эвритопов в большей мере выражено свойство эксплерентности и потому фундаментальная ниша всегда намного больше реализованной, что дает им потенциальную возможность при снижении уровня конкуренции существовать в широких пределах градиентов факторов. Это положение является центральным тезисом фитоиндикации и мониторинга на основе анализа флористического состава сообществ на профилях, представленных в виде графических моделей.

Мониторинговые профили были заложены в полевой сезон 1976 года (11 основных трансект, рис. 1) и сезон 1977 года и специально планировались для проведения долгосрочного мониторинга экосистем южного бережья Крыма. Проведение повторных геоботанических описаний имеет смысл после 50-летнего промежутка, что следует запланировать на будущие 2026-2027 годы.

**Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда по гранту 14-50-00079.**

## Литература

- Герасимов И.П., Израэль Ю.А., Соколов В.Е. Об организации биосферных заповедников (станций) в СССР. – В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды II советско-американского симпозиума. Л., 1976. – С.
- Голубев В. Н., Корженевский В.В. Методические рекомендации по геоботаническому изучению и классификации растительности Крыма / Ялта, ГНБС, 1985.-37с.
- Злобин Ю.А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляций растений // Ботан. журн., 1989. – Т. 74. - № 6. – С. 769-781.
- Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка изменений состояния окружающей природной среды. Основы мониторинга. – Метеорология и гидрология, 1974, № 7, с. 3-8.
- Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд. Москва: Гидрометеиздат, 1984.- 560 с.

- Израэль Ю.А., Филиппова Л.М., Семевский Ф.Н. и др. О некоторых принципах экологического мониторинга в условиях фонового загрязнения окружающей природной среды. – ДАН СССР, 1978.- Т.241. - № 1.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности. М., Наука, 1998. 564 с.
- Определитель высших растений Крыма. Коллектив авторов. Под ред. Н.И. Рубцова. Л., Наука, 1972. – 550 с.
- Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В. Типология и экология лесов Крыма// Труды Никитского бот. сада, - 2016.- Т.143.- С. 164-175.
- Федоров В.Д. Концепция устойчивости экологических систем. – В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды I советско-американского симпозиума. Л., 1977.- С. 207-217.
- Федоров В.Д. Роль эксперимента для обоснования и осуществления биологического мониторинга. Докл. раб. группе по Проекту № 14 программы ЮНЕСКО “Человек и биосфера”. М., 1975.
- Федоров В.Д. К стратегии биологического мониторинга. – Биологические науки, 1974, № 6.
- Федоров В.Д. Проблема предельно допустимых воздействий антропогенного фактора с позиций эколога. – В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды II советско-американского симпозиума. Л., Гидрометеиздат, 1976.
- Шварц С.С. Теоретические основы глобального экологического прогнозирования. – В кн.: Всесторонний анализ окружающей природной среды. Труды II советско-американского симпозиума. Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 181-191.
- Munn R.E. Global Environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase 1. SCOPE, rep. 3, Toronto, 1973. – 130 p.