

УДК 581. (477.75)

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОПУКСКОМ ПРИРОДНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ: УСЛОВИЯ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА

Владислав Вячеславович Корженевский, Артём Алексеевич Абраменков,
Юлия Владиславовна Корженевская

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52
E-mail: herbarium.47@mail.ru

Представлена характеристика модельного профиля, заложенного на горе Опук в 1988 г. от уровня моря до северо-западного склона, в сравнении с исследованиями 2023 года. Оценку условий экотопа на площадках описаний выполняли по специально разработанной программе «Pover». Реализованный фрагмент градиента и точку оптимума на нем определяли для ведущих факторов-условий и факторов ресурсов: освещённость-затенение, терморегим, аридность-гумидность (омброрегим), криорегим, континентальность, увлажнение, переменность увлажнения, кислотность субстрата, солевой режим (анионный состав), содержание карбонатов, содержание азота, порозность субстрата. Установлено, что за период с 1988 по 2023 год общей протяженностью 35 лет, условия на градиентах факторов среды эдафотопы не изменились, климатопы так же в целом не изменились, но отмечены небольшие отклонения. Произошедшие изменения на градиентах, формирующих реализованную экологическую нишу фитоценозов, отражаются в изменении флористического состава, а также биоморфологических и экологических показателей.

Флористический состав претерпевает изменения, причём в некоторых участках трансформация охватывает более половины видов, особенно в зонах с высокой активностью современных экзогенных геоморфологических процессов. Значительно увеличилась доля видов-виолентов, контролирующих ресурсы, в то время как численность растений, предпочитающих нарушенные экотопы, заметно сократилась, что свидетельствует о положительном влиянии режима заповедования.

Анализ флористического состава, биоморфологических и экологических характеристик фитоценоза демонстрирует необходимость продолжения мониторинга процессов трансформации экосистемы заповедника. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию изменений, происходящих в растительных сообществах под влиянием различных факторов, включая климатические изменения и антропогенное воздействие. Особое внимание уделяется значимости долгосрочных наблюдений за динамикой природных сообществ, а также рассмотрению эффективных методов и подходов для изучения таких изменений.

Ключевые слова: мониторинг, Опуцкий природный заповедник, факторов-условий и факторов ресурсов, растительные сообщества

Введение

В 2006 году, к 10-летию юбилею Опуцкого и Казантипского природных заповедников был издан 126 сборник научных трудов, «Биоразнообразие природных заповедников Керченского полуострова» (ссылка), где изложены взгляды учёных на природу этих двух уникальных объектов. Ранее, в 1984 году, по инициативе Никитского ботанического сада и при активной поддержке выдающегося геоморфолога Клюкина А.А. был заложен профиль для ведения долгосрочного мониторинга (Клюкин, 2006). Прошло 35 лет с тех пор, мы повторили геоботанические описания на тех же элементах рельефа и оценили произошедшие изменения, которые обсуждаются в этой статье.

Опуцкий природный заповедник (ОПЗ) имеет сложное геологическое строение, обусловленное положением у западной границы поперечного Керченско-Таманского прогиба образованного между периклинальными окончаниями горных сооружений Крыма и Кавказа. Периклинали в рельефе соответствует Юго-Западная низменная волнистая равнина Керченского полуострова, а керченской части прогиба – возвышенная холмисто-грядовая равнина юго-восточной части полуострова. Граница между ними проходит вдоль гряды, увенчанной Параболическим гребнем. В строении поверхности, определяющей разнообразие почвенного и растительного покрова территории Опуцкого природного заповедника, преобладают податливые

загипсованные сланцеватые глины (75%) и устойчивые к денудации перекристаллизованные известняки (25%).

Рельеф заповедника - результат взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов. Крупные элементы рельефа – морфоструктуры - созданы преимущественно эндогенными, а мелкие – морфоскульптуры – экзогенными процессами. Внешний облик морфоструктур зависит от их возраста, активности и геологического строения. Территория заповедника находится в пределах сложного морфоструктурного узла, образованного в новейшее время. О его современной активности свидетельствует положительная аномалия теплового потока. Правдинский разлом считается оперением Южнобережного глубинного разлома (поддвига, надвига), в зоне которого генерируются разрушительные землетрясения Крымско-Черноморского региона. Предположительно в узле пересечения Правдинского и Керченского разломов находился гипоцентр землетрясения 63 г. до н.э., разрушившего Пантикапей (Керчь) – столицу Боспорского царства.

Морфоструктуры усложнены более мелкими формами, созданными преимущественно экзогенными процессами. В ландшафте им соответствуют обычно урочища и фации. Выявлено 12 генетических классов экзогенных форм: структурно-денудационные, флювиальные, морские береговые, озёрные, эоловые, оползневые, гравитационные, карстовые, суффозионные, биогенные, комплексного происхождения и антропогенные. На территории ОПЗ проявляются современные эндогенные и экзогенные процессы, оказывающие влияние на экосистемы и биоразнообразие. К первым относятся тектонические движения и землетрясения, а ко вторым – выветривание горных пород, делювиальный смыв, эрозия временных водотоков, оврагообразование, морская и озёрная абразия, дефляция, оползание, осыпание, камнепады и обвалы, карст, суффозия и биогенные процессы. Наибольшее воздействие на экосистемы оказывают землетрясения, делювиальный смыв, оврагообразование, абразия, обрушение и оползание грунтов. Перечисленные рельефообразующие процессы моделируют факторы-условия и факторы-ресурсы, а те в свою очередь, направляют динамические процессы и сукцессионную перестройку фитоценозов. Проследить и проанализировать произошедшие за 35 лет изменения – важная составляющая мониторинговых исследований и одна из целей настоящей статьи.

Объекты и методы исследования

Модельный профиль и характерные особенности описанных форм рельефа, а также параметры геоботанических описаний упоминались в ряде работ, поэтому не станем останавливаться на них (Абраменков и др., 2024а; Абраменков и др., 2024б). Фитоиндикационные расчёты параметров реализованной экологической ниши фитоценозов произведены по оригинальной программе «Pover» (Корженевский и др., 2019; Корженевский и др., 2020). Реализованный фрагмент градиента и точку оптимума на нем определяли для ведущих факторов-условий и факторов ресурсов: освещённость-затенение, терморезим, аридность-гумидность (омброрезим), криорезим, континентальность, увлажнение, переменность увлажнения, кислотность субстрата, солевой режим (анионный состав), содержание карбонатов, содержание азота, порозность субстрата. Поскольку для нас, в данном случае, наиболее важным являлось проследить произошедшие изменения на градиентах, формирующих реализованную экологическую нишу фитоценозов, на всех графиках приведены линии трендов и уравнения регрессии изменений реальных показателей от уровня моря до северо-западного склона, индицируемых растительными сообществами на всей протяжённости мониторингового профиля (Абраменков и др., 2024а). Параллельно анализировались изменения флористического состава, а также биоморфологические и экологические

показатели.

Во флоре ОПЗ (Корженевский, Рыфф, 2006) насчитывается 452 вида из 244 родов 62 семейств высших сосудистых растений. Систематический спектр близок к региональному и позволяет характеризовать флору ОПЗ как флору средиземноморского типа. В состав ведущих входят 12 семейств, включающих на данной территории свыше 10 видов. На их долю приходится 71,5% флоры Опука (323 вида), тогда как остальные 50 семейств включают лишь 129 видов (28,5%), из них 23 семейства представлены одним видом.

Верхняя часть спектра для флор ОПЗ, Керченского и Крымского полуостровов практически аналогична. Первую тройку составляют Rosaceae (во флоре ОПЗ 59 видов; 13,1%), Asteraceae (51; 11,3%) и Fabaceae (35; 7,7%), которые в сумме охватывают 145 видов флоры заповедника (32,1%). В первых 10 семействах содержится 299 видов, что составляет 66,2%. Традиционно высокие места занимают Brassicaceae, Lamiaceae, Caryophyllaceae, Apiaceae. Семейство Rubiaceae укрепило свои позиции по сравнению с флорами Керченского полуострова и Крыма, что, возможно, связано с наличием на Опуке нестабильных в геоморфологическом отношении экотопов (Корженевский, 1994). Роль Scrophulariaceae, наоборот, несколько ниже. Положение Rosaceae слабее, чем в Крыму в целом, но прочнее, чем во флоре всего Керченского полуострова, тогда как с представителями Boraginaceae, предпочитающими денудационные склоны и антропогенно нарушенные участки, и Chenopodiaceae, доминирующими в галофитных экотопах, дело обстоит противоположным образом.

В родовом спектре флоры ОПЗ главную роль играют роды *Astragalus* и *Vicia*, в составе которых отмечено по 9 видов, а также *Galium* (8), *Potentilla*, *Valerianella*, *Veronica* (по 7), *Allium*, *Asperula*, *Centaurea*, *Medicago*, *Geranium*, *Stipa* (по 6 видов). Обсуждаемый состав опукской флоры относится ко всей территории заповедника. Конкретная ситуация на модельном профиле в год закладки (1988) и год повтора (2023) будет рассмотрена ниже. Но предварительно оценим, как изменились на профиле факторы-условия и факторы-ресурсы.

Результаты и обсуждение

Сукцессионные изменения растительных сообществ на хронотренде могут вызываться различными причинами. Способность сообщества сохранять видовой состав, это так называемая структурная устойчивость, она зависит от ширины «коридора комфортности» (диапазона толерантности) в пределах которого происходит перемещение линии оптимума в одну или другую сторону. Виды, пределы выносливости которых попадают в зону дискомфорта, покидают сообщество, а на их место приходят другие, для которых условия оптимальны и есть банк диаспор. В ряде случаев можно наблюдать явление «упругости» - способность сообщества возвращаться в исходное состояние после прекращения действия неблагоприятного фактора. Рассмотрим последовательно, как изменялись факторы-условия и факторы-ресурсы на протяжении 35 лет.

УСЛОВИЯ.

Освещение (рис. 1). Известно, что на освещённость в экосистемах влияют следующие факторы: а) угол падения солнечных лучей на поверхность. Он определяется географической широтой местности, временем года и суток, наклоном и экспозицией участка; б) качество света (спектральный состав); в) интенсивность освещения; г) продолжительность освещения (фотопериод). На рисунке достаточно отчётливо наблюдаем, что особых изменений в характере освещённости на модельном профиле за 35-летний период не произошло.

Терморезим (рис. 2). Изменение температуры воздуха в разных участках ландшафта определяют следующие условия: угол падения солнечных лучей; перемещающиеся воздушные массы; подстилающая поверхность, которая контролирует прогрев воздуха над ней. Конечно же, на мониторинговом профиле важную роль играет уклон и экспозиция площадок описания, то есть положение в рельефе. Растения в фитоценозах реагируют как на температуру воздуха, так и на температуру субстрата.

Самые низкие значения среднеиюльской температуры (около $19,9^{\circ}\text{C}$) в 1988 году отмечались в пологой ложбине (описание (оп.) 8), эрозионно-оползневой депрессии глубиной 20-25 м (оп. 22) и рве отседания под стенкой срыва (оп. 34). В 2023 году фитоиндикационные показатели несколько поменялись, в том числе уменьшился и диапазон толерантности. Значение $19,9^{\circ}\text{C}$ отмечено только на северо-западном склоне, на площадке описания старой обвальни ниши на отмирающем клифе, высотой до 10 м (оп. 5) индицируется температура $20,1^{\circ}\text{C}$. Если в целом, то аппроксимация на линии тренда показывает в начале профиля в прибрежной части температуру 20,5 (1988 год) и 20,0 (2023 год), а на с-з склоне горы Опук (конечная точка профиля) 21,6 и 20,5 соответственно.

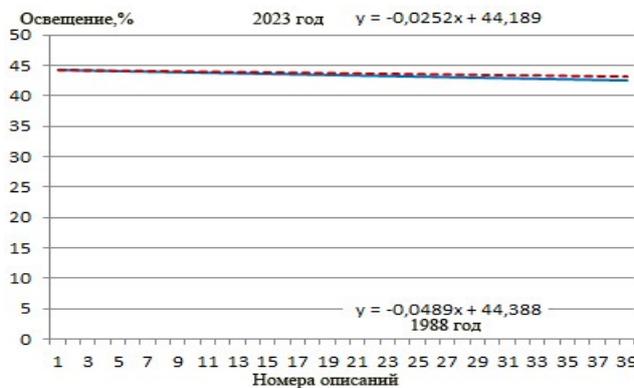


Рис. 1 Динамика освещённости вдоль линии профиля. Здесь и далее синяя линия - линия тренда 1988 г., красная прерывистая – линия тренда 2023 г.

Fig. 1 The dynamics of illumination along the profile line. Here and further on, the blue line is the trend line of 1988, the red discontinuous line is the trend line of 2023.

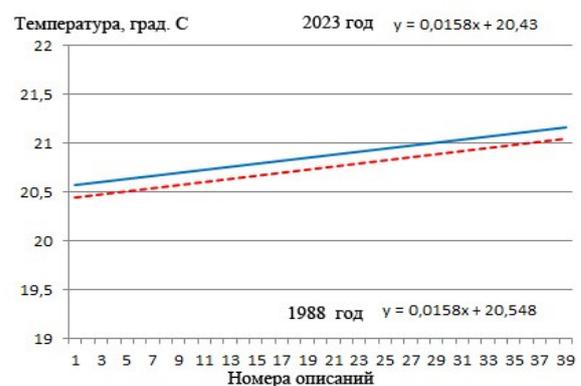


Рис. 2 Динамика среднеиюльской температуры на профиле. Обозначения как на рис.1.

Fig. 2 Dynamics of the average July temperature on the profile. Notation as in Fig.1.

Омброрезим (рис. 3) (аридность-гумидность климата) контролируется в ландшафте такими параметрами как: уклон поверхности, характер подстилки, вертикальная ярусность растительного покрова, механический состав и структура почвенного покрова, а также характер выпадения атмосферных осадков. Морозящие осадки в летнее время в большой мере задерживаются растительным покровом и не достигают почвы, а ливневые осадки, не успевая просочиться в почву, формируют поверхностный сток.

Главными составляющими ландшафта, влияющими на омброрезим являются: высота над уровнем моря, облесённость, расчленённость, наличие защитных насаждений, система орошения и др. Понятно, аридный климат характеризуется превышением испаряемости над количеством осадков, а гумидный – превышением

осадков над испаряемостью. На изученном профиле абсолютно преобладает фитоценозы, адаптированные к недостатку влаги, только вот 2023 год отличается понижением уровня аридности с -280 до -238 (по данным линии тренда).

Криорежим (рис. 4). Средняя годовая температура воздуха уменьшается от Феодосии к Керченскому проливу от 11,7 до 10,6 °С. Самые холодные месяцы – январь и февраль, самые теплые – июль и август. Средняя температура воздуха самого холодного месяца составляет около -0,5 °С, а самого теплого +23,5 °С. Абсолютный минимум достигал -27, а абсолютный максимум +38 °С. Безморозный период длится в среднем 217 дней. По данным, полученным фитоиндикационным методом, минимальное значение диапазона толерантности приходится на описание растительности, выполненное во рве отседания. В 1988 г. оно равнялось -17.1, а в 2023 году -16.6. Максимальное значение +10,9 и +10,3 (соответственно) приходится на стенку срыва оползневого блока под горой Опук. Аппроксимированная линия тренда на побережье начинается со значения -0,76 (1988) и -0,3 (2023), причём в год повторного наблюдения она фактически вдоль всего профиля прямая (рис. 4).

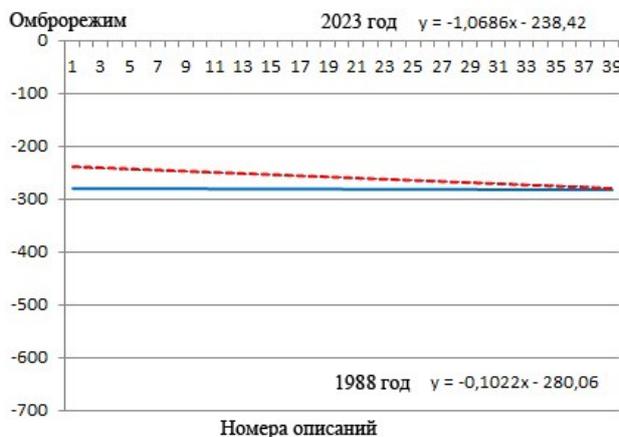


Рис.3 Линии тренда фитоиндикационного показателя «омброрежим» (аридность-гумидность) на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig.3. Trend lines of the phyto-indicator "ombre mode" (aridity-humidity) on the model profile in 1988 and 2023

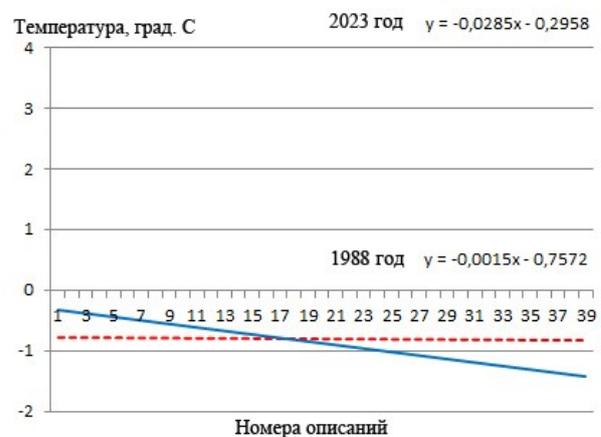


Рис. 4 Линия тренда - динамика фитоиндикационного показателя «криорежим» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 4. Trend line - dynamics of the phyto-indicator "cryo-regime" on the model profile in 1988 and 2023

Континентальность (рис. 5). В основу оценки градиента «континентальность» положена формула Н.Н. Иванова (1959). В качестве показателя степени континентальности использована годовая амплитуда температуры, выраженная в процентах от средней для данной широты. Поэтому, чем континентальнее климат, тем короче весенний и осенний сезоны. Побережье Крыма по формуле Н.Н. Иванова относится к субконтинентальному поясу (150 и более %). На графике (рис. 5) линии тренды обеих кривых параллельные с небольшой разницей в 3,74%, причём в 1988 году она была более континентальной (если так можно выразиться) по сравнению с годом контроля, оказавшимся чуть материковым. В предложенном на рисунке 6 графике оценка режима увлажнения проведена с использованием индекса сухости (Дидух, Каркуциев, 1994). Что примечательно, ситуация почти не изменилась, с небольшим увеличением увлажнения в 2023 году.

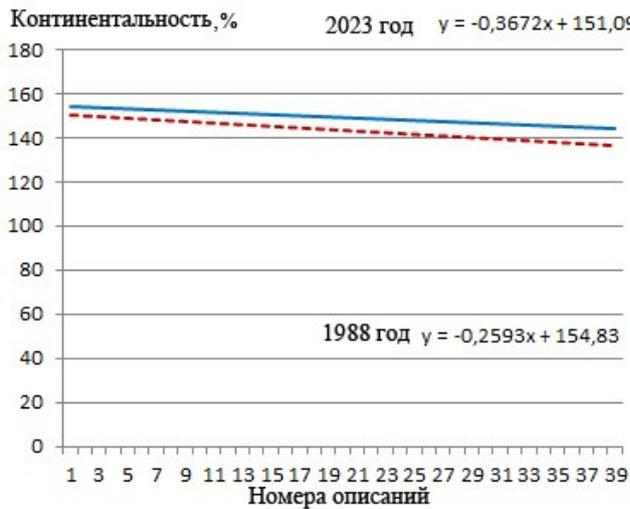


Рис. 5 Линия тренда динамика фитоиндикационного показателя «континентальность» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 5 The trend line of the dynamics of the phyto-indicator "consistency" on the model profile in 1988 and 2023

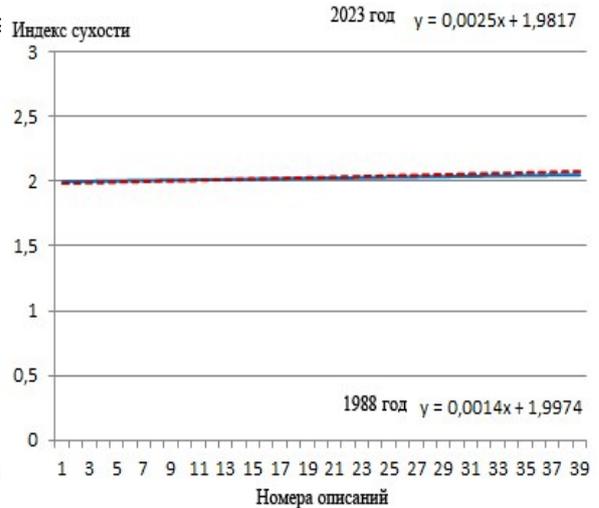


Рис. 6 Линия тренда фитоиндикационного показателя «индекс сухости» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 6 The trend line of the phyto-indicator "dryness index" on the model profile in 1988 and 2023

РЕСУРСЫ.

Переменность увлажнения (рис. 7). Коэффициент, приведённый на графике изменяется от 0,01 в местообитаниях с постоянным увлажнением до 0,5 – пустынные и полупустынные экотопы с крайне неустойчивым увлажнением. Фактически все растительные сообщества на профиле можно уверенно отнести к сухим луговостепным, за исключением, пожалуй, фитоценозов рва отседания, куда стекают дождевые воды и конденсируется влага. Однако и здесь режим переменный, за счёт высокой дренированности.

Кислотность субстрата (рис. 8). Это важный экологический фактор-ресурс, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших растений, а также аккумуляцию и подвижность в почве металлов (в том числе загрязнителей). Линии тренда на графике несколько отличны. В 1988 году наблюдалось снижение pH субстрата при перемещении вдоль линии модельного профиля от побережья к вершине горы Опук и далее на северо-западный склон.

Практически не изменился наклон линии тренда в 2023 году, от 7,44 до 7,4. Возможно, снижение pH обусловлено изменившейся формой использования территории, прилегающей к описанным площадкам профиля. Как мы отмечали выше, последние 25 лет это природный заповедник. Снижение уровня загрязнения, по нашему мнению, можно наблюдать на следующих трёх графиках. Они являются следствием анализа фактора-ресурса «богатство-засоление», как его назвал Л.Г. Раменский (1938).

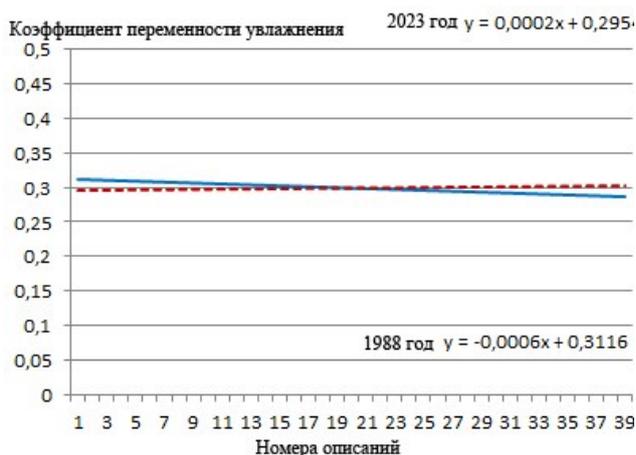


Рис. 7 Линия тренда фитоиндикационного показателя «режим увлажнения» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. . The trend line of the phyto-indicator "moisture regime" on the model profile in 1988 and 2023

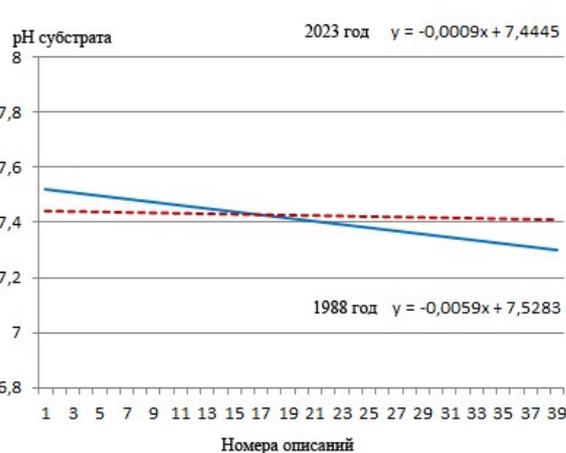


Рис. 8 Линия тренда фитоиндикационного показателя «кислотность субстрата (pH)» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 8 The trend line of the phyto-indicator "acidity of the substrate (pH)" on the model profile in 1988 and 2023

Анионный состав субстрата, HCO_3^- (рис. 9). Гидрокарбонат-ион является преобладающей формой растворённого неорганического углерода в морской воде и в большинстве пресных вод. Он является важным поглотителем углерода. Выщелачивание некоторых горных пород происходит благодаря превращению их в гидрокарбонаты из карбонатов под действием дождевой воды с растворённым в ней углекислым газом.

Самое высокое содержание гидрокарбонат-иона наблюдается в прибрежной части профиля, где он поступает в результате импульверизации морской воды во время штормов. Его количество достигает 66,7 мг/100 г субстрата в 1988 г. и 56 мг в 2023 г. Наименьшее значение гидрокарбонат-иона (около 4 мг) зафиксировано во рве отседания в год контроля. Обе линии тренда снижаются по мере удаления от пляжа. Следует отметить, что, как и в случае с pH, количественный показатель 1988 годы выше, что также касается и других обсуждаемых анионов.

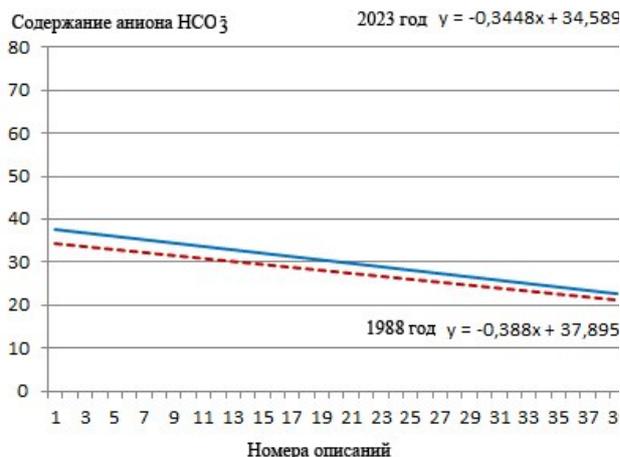


Рис. 9 Линия тренда фитоиндикационного показателя «анионный состав субстрата (HCO_3^-)»

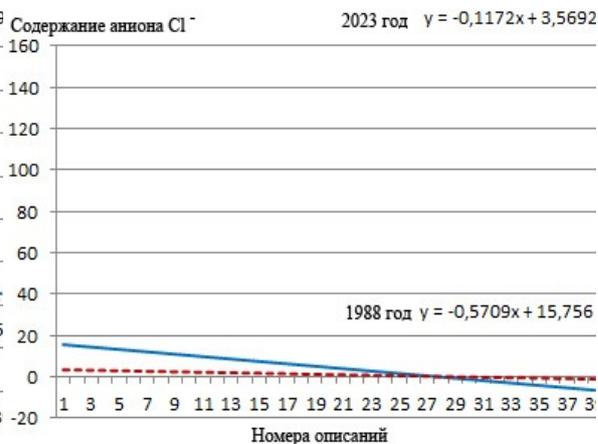


Рис. 10 Линия тренда фитоиндикационного показателя «анионный состав субстрата (Cl^-)»

на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 9 The trend line of the phyto-indication indicator "anionic composition of the substrate (HCO_3^-)" on the model profile in 1988 and 2023

на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 10 The trend line of the phyto-indication indicator "anionic composition of the substrate (Cl^-)" on the model profile in 1988 and 2023

Анионный состав субстрата, Cl^- (рис. 10). Хлориды активно мигрируют в почвенном профиле, поэтому закономерности их распределения определяются в основном процессами водной миграции. Содержание водорастворимой формы хлора в почвах естественных экосистем составляет 47,0–52,9 мг/кг. На модельном профиле в 1988 году зафиксировано 134 мг/100 г, в то время как в 2023 только лишь 23,5 мг/100 г.

Анионный состав субстрата, SO_4^{2-} (рис. 11). Сульфат-анионы могут поступать в экосистемы при внесении удобрений, например, сульфата аммония. Так как такое соединение легко распадается, то после его внесения сульфат-анионы могут соединиться с другими ионами, содержащимися в почве. В нашем случае это связано с импульверизацией. Самое высокое содержание сульфат-аниона зафиксировано на побережье в 1988 году – 303 мг/100 г субстрата. В 2023 году его величина в три раза ниже.

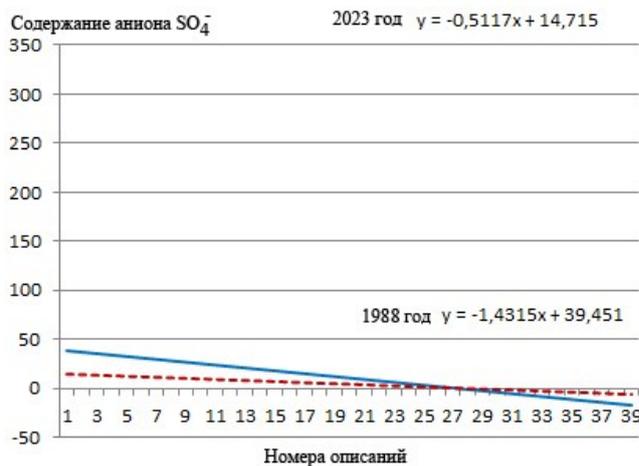


Рис. 11 Линия тренда фитоиндикационного показателя «анионный состав субстрата (SO_4^{2-})» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 11 The trend line of the phyto-indication indicator "anionic composition of the substrate (SO_4^{2-})" on the model profile in 1988 and 2023

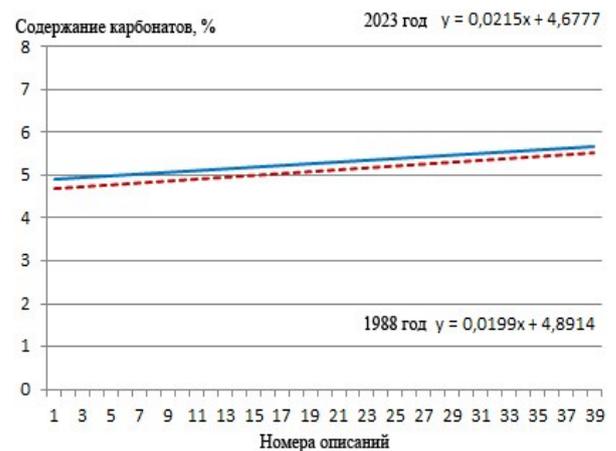


Рис. 12 Линия тренда фитоиндикационного показателя «содержания карбонатов ($\text{CaO}+\text{MgO}$)» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 12 The trend line of the phyto-indicator "carbon content ($\text{CaO}+\text{MgO}$)" on the model profile in 1988 and 2023

Карбонаты ($\text{CaO}+\text{MgO}$) (рис. 12). В почвах карбонаты находятся в состоянии динамического равновесия с углекислотой почвенного воздуха. Карбонаты в зависимости от условий могут аккумулировать или отдавать углекислый газ в почвенный воздух, поддерживая регулировку газового обмена почвы с атмосферой. Линии тренда демонстрируют рост количества карбонатов по направлению в вершине горы и далее на с-з склон. Карбонаты ($\text{CaO}+\text{MgO}$) играют важную роль в протекании геологических процессов и жизнедеятельности организмов в экосистемах. В воде, особенно морской, карбонаты выступают в роли буферной системы, регулирующей pH морской воды и, таким образом, воздействуют на соотношение химических элементов

и их миграцию. В результате снижения растворимости углекислого газа они осаждаются в тёплых мелководных морях. Поскольку в почвенном воздухе кислорода меньше, а углекислого газа больше, чем в атмосфере, то под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления O_2 в почву и выделения CO_2 в атмосферу. Минимальные значения отмечены у побережья, максимальные на оползневом уступе древнего стабильного оползня, сложенного грубослоистым известняком, а также на коллювиальном шлейфе западного склона в голове древнего стабильного оползня.

Азот (рис. 13). Содержание азота в почве определяется процессами трансформации азота из одних форм в другие. Доминируют процессы азотфиксации, аммонификации, нитрификации, денитрификации как биологической, так и химической, а также его фиксация микроорганизмами и глинистыми минералами. На содержание азота в почве влияют гранулометрический состав, физико-химические свойства почвы, гидротермические условия. Основная часть почвенного азота (95-98%) входит в состав органических веществ, главным образом, гумуса и практически не доступна растениям. Наблюдается зависимость между накоплением в почвах органического вещества и содержанием азота. В богатых гумусом черноземах величины общего азота составляют 0,4-0,6%, в бедных песчаных почвах - 0,03-0,04%, в торфе может содержаться 2,5-3,0%.

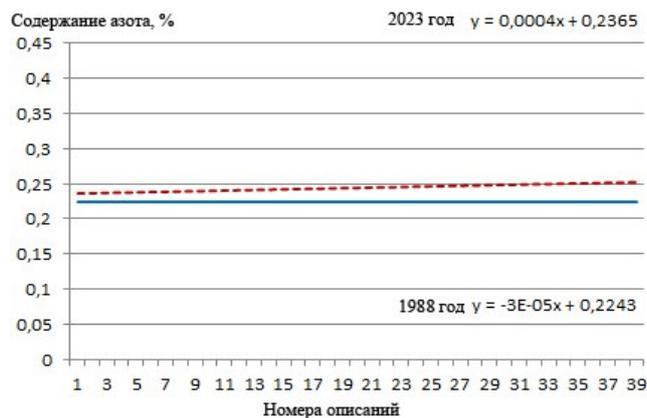


Рис. 13 Линия тренда фитоиндикационного показателя «содержание азота» на модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 13 The trend line of the phyto-indicator "nitrogen content" on the model profile in 1988 and 2023

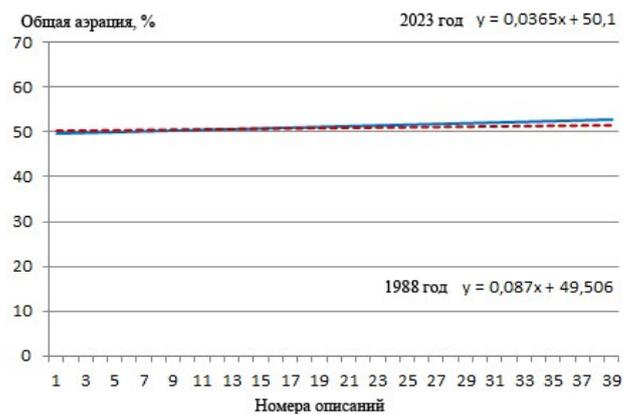


Рис. 14 Линия тренда фитоиндикационного показателя «порозность субстрата» модельном профиле в 1988 и 2023 гг.

Fig. 14 The trend line of the phyto-indicator "porosity of the substrate" in the model profile in 1988 and 2023

Аэрация (рис. 14). Аэрация необходима для микроорганизмов, насекомых и червей, которые перерабатывают растительные остатки, минерализуют грунт, питают корни, разрыхляют землю и улучшают её структуру. Воздух попадает в почву через поры в грунте, а углекислый газ отводится в атмосферу тем же путём.

ФИТОЦЕНОЗЫ.

Существенной трансформации в рельефе модельного профиля не отмечено, за исключением участков с экстремальным проявлением современных геоморфологических процессов. Ранг семейств во флоре ОПЗ и изменение количества видов на модельном профиле по годам наблюдения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Число видов в ведущих семействах по годам наблюдений

Table 1

Number of species in leading families by year of observation

Ранг семейства во флоре ОПЗ	Семейство	Число видов в семействе (1988 год)	Число видов в семействе (2023 год)
1	Poaceae (R.Br.) Barnh.	39	39
2	Asteraceae Martynov	37	37
3	Fabaceae Lindl.	33	34
4	Brassicaceae Burnett	36	37
5	Lamiaceae Martynov	35	37
6	Caryophyllaceae Juss.	35	33
7	Apiaceae Lindl.	30	31
8	Boraginaceae Juss.	14	11
9	Rubiaceae Juss.	30	37
10	Rosaceae Juss.	21	21

Анализ геоботанических описаний, выполненных повторно, показал следующее: не выявлено видов из семейств Aspleniaceae Newman (18 оп.), Campanulaceae Juss. (33 оп.), Gentianaceae Juss. (36 оп.), Primulaceae Batsch ex. Borkh. (24 оп.), Saxifragaceae Juss. (34 оп.), Thesiaceae Vest. (син. Santalaceae R. Br.) (36, 9 оп.), Violaceae Batsch (37 оп.), Zygophyllaceae R.Br. (36 оп.). Установлены новые виды из ранее отсутствовавших на модельном профиле семейств: Cyperaceae Juss. (33 оп.), Orchidaceae Juss. (33, 36 оп.), Orobanchaceae Vent. (33 оп.), Rhamnaceae Juss. (18, 34, 37 оп.). Как можно видеть, изменения в спектре семейств больше всего коснулись 33, 34, 36 и 37 описаний, которые выполнены на следующих элементах рельефа: 33 – приморский склон, верхняя часть, голова древнего оползня, верхняя оползневая терраса, высота над уровнем моря –135 м, экспозиция (эксп.) 340 град., уклон 3–4°; 34 – приморский склон, верхняя часть, голова древнего оползня, ров отседания под стенкой срыва, м н.у.м – 125 м, эксп. 50 град., уклон 5–20°, на площадке глыбы коллювия поперечником до 3 м; 36 – структурное бронированное плато у вершины г. Опук с карровыми полями и трещинами бортового отпора, 175–180 м н. у. м., эксп. 155 град., уклон 1°; 37 – западный склон г. Опук, стенка срыва древнего оползня (Q₂₋₃) высотой 10–15 м, 170–180 м н. у. м., эксп. 280 град., уклон 45–90°. Перечисленные формы рельефа, как и ряд других на мониторинговом профиле (клиф, коллювиальный шлейф, уступ оползневой террасы) это геоморфологические элементы с активным проявлением современных экзогенных геологических процессов – участки с выраженным проявлением эндоэкогенеза, протекающего под влиянием внутренних процессов с кумулятивным изменением среды, что соответствует модели благоприятствования (Абраменков и др., 2024б).

Рассмотрим последовательно, как изменялась структура фитоценозов на хроноклине и в первую очередь состав основных биоморф (габитуальные категории), в том числе особенности пространственного размещения побегов. Соотношение жизненных форм (Голубев, 1996) на модельном профиле в целом следующее (рис. 15-18): деревья 1 (3) (первая цифра данные 1988 года, вторая (в скобках) – 2023), кустарники 12(9), кустарнички 12(18), полукустарники 19(10), полукустарнички 37(38), поликарпические травы 39 (39), многолетние или двулетние монокарпики 36(38), озимые однолетники 37(39), яровые однолетники 12 (7).

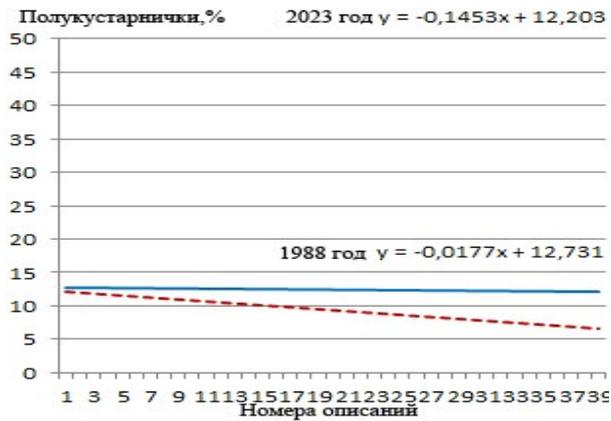


Рис. 15 Линия тренда участие полукустарничков в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 15 Trend line the participation of semi-shrubs in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

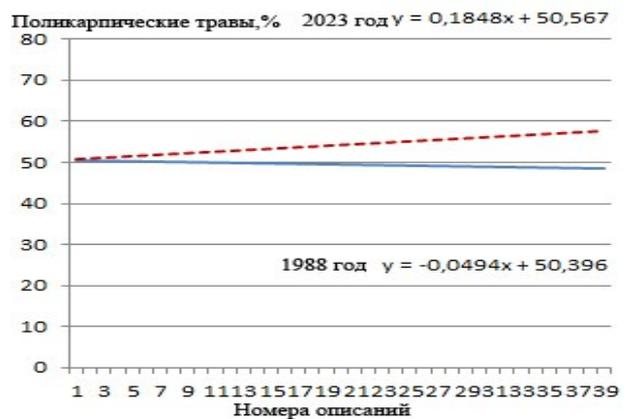


Рис. 16 Линия тренда участие поликарпических трав в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 16. Trend line participation of polycarpic herbs in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

Если оценивать произошедшие трансформации на площадках описаний, то наиболее яркие и заметные изменения, судя по линиям тренда, фиксируются в категории полукустарнички и поликарпические травы (рис. 15, 16), которые, сравнивая линии тренда, в 2023 году сменили позиции, первые участие сократили на 10%, вторые - увеличили. В категории многолетние или двулетние монокарпики отмечен незначительный рост участия по мере перемещения вверх по склону (рис. 17). У озимых однолетников картина участия резко сменилась, если в 1988 году их численность росла, то в 2024 году наблюдается снижение участия (рис. 18), что, скорее всего, связано с изменениями условий криорежима (рис. 4).

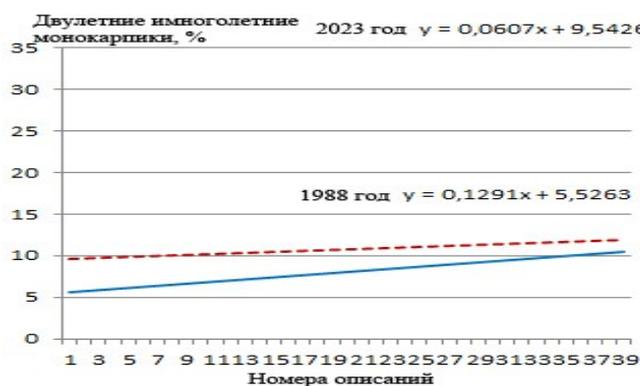


Рис. 17 Линия тренда участие многолетних и двулетних монокарпиков в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 17 Trend line the participation of perennial and biennial monocarpics in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

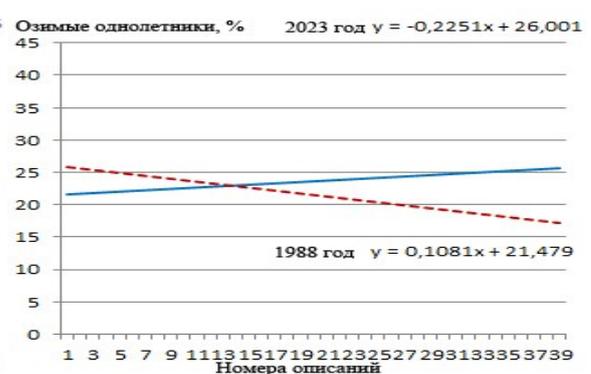


Рис. 18 Линия тренда участие озимых однолетников в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 годах

Fig. 18 Trend line participation of winter annuals in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

По особенностям вегетации растений на модельном профиле следует отметить незначительное увеличение группы собственно вечнозеленых и эфемероидов,

отрастающих зимой. В других группах (летне-зимне-зеленые, летнезеленые и эфемеры и эфемероиды, отрастающие в позднелетне-осенний период) при относительно стабильной общей численности наблюдается смещение преобладания вдоль профиля в одну или другую сторону (рис. 19-21).

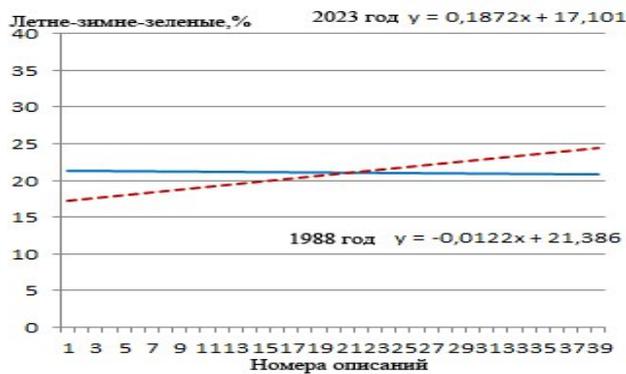


Рис. 19 Линия тренда участие летне-зимне-зелёных видов растений в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 19 Trend line participation of summer-winter green plant species in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

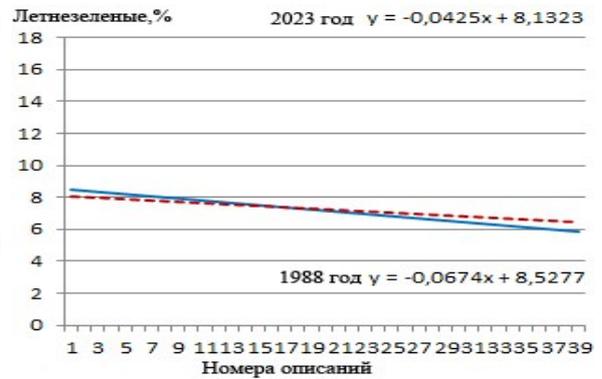


Рис. 20 Линия тренда участие летне-зелёных видов растений в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 20 Trend line participation of summer-green plant species in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

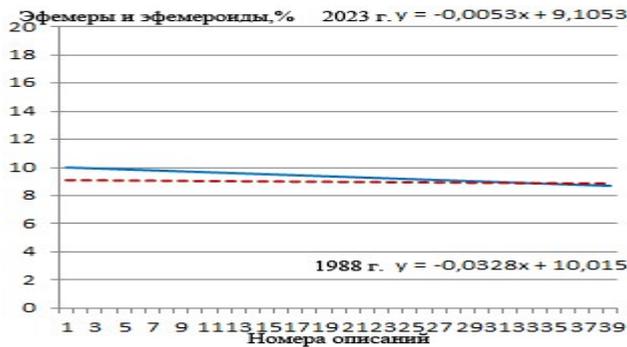


Рис. 21 Линия тренда участия эфемеров и эфемероидов, отрастающих в позднелетне-осенний период в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 21 The trend line of the participation of ephemera and ephemeroids growing in the late summer-autumn period in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

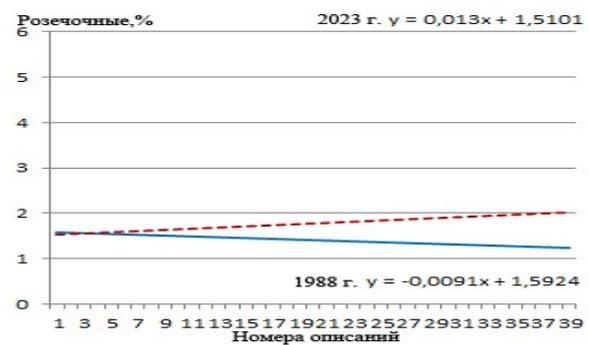


Рис. 22 Линия тренда участия розеточных видов растений в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 годах.

Fig. 22 The trend line of the participation of rosette plant species in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

Распределение биоморф модельного профиля по типам структуры надземных побегов более-менее сходно с таковым флоры ОПЗ и Крыма по признаку доминирования растений с полурозеточным типом побегов. Однако между годом закладки профиля и годом повторного обследования есть ряд отличий (рис.22). Их суть состоит в следующем: увеличилось участие розеточных растений, поменялись местами полурозеточные виды и практически неизменны в распределении безрозеточные.

Структура корневой системы растений и глубина их проникновения в субстрат на модельном профиле незначительно изменилась. По сравнению с фоновыми значениями наблюдается следующая картина: увеличилось участие видов на площадках описаний с кистекорневой системой (все типы по глубине залегания с короткой, средней и глубокой). В группе со стержнекорневой системой уменьшилось участие видов с короткой и средней глубиной залегания, но увеличилось глубокого залегания (рис. 23-28).

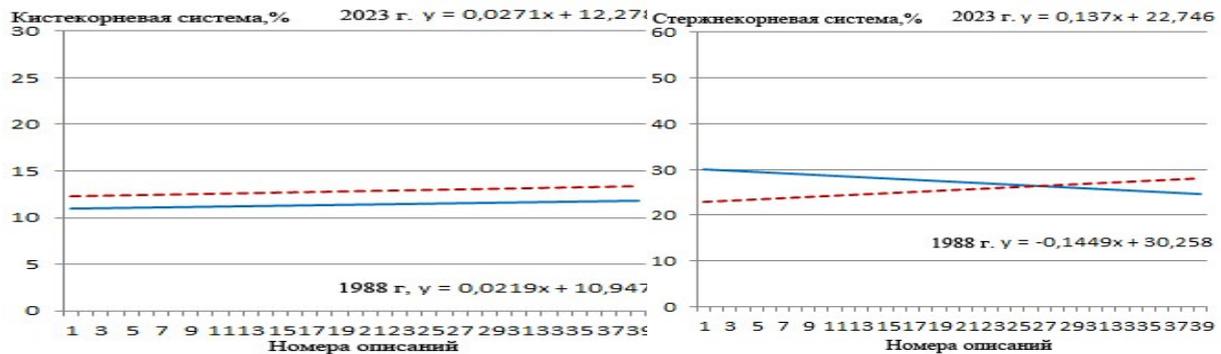


Рис. 23 Линия тренда наличие видов растений с кистекорневой системой в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 23 The trend line is the presence of plant species with a cyst-root system in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

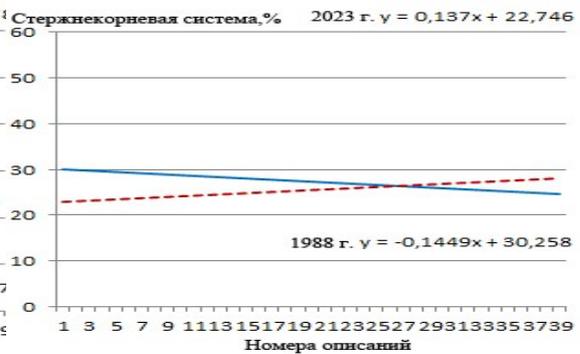


Рис. 24 Линия тренда наличие видов растений с стержнекорневой системой в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 24 The trend line is the presence of plant species with a rod-root system in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023



Рис. 25 Линия тренда наличие видов растений с кистекорневой системой короткой в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 25 The trend line is the presence of plant species with a short cyst root system in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023



Рис. 26 Линия тренда наличие видов растений с кистекорневой системой среднего залегания в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 26 The trend line is the presence of plant species with an average root system in the phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

По способам распространения диаспор (известно свыше 50 различных вариантов) и, таким образом, заселению и расселению новых и зарегистрированных ранее видов растений на площадках мониторингового профиля нами вся разновидность сведена в восемь основных групп: аэрохория, автохория, мирмекохория, эпизоохория (плоды и семена переносятся животными, прикрепившись к их телу с помощью специальных

приспособлений (щетинок, колючек, крючочков) или приклеившись), эндозоохория (разновидность зоохории, при которой животные поедают плоды целиком, а находящиеся внутри них семена проходят через пищеварительный тракт и оказываются снаружи вместе с экскрементами, предположительно, эта разновидность зоохории является наиболее древней); зоохория, гидрохория, антропохория (Абраменков и др. 2024б).

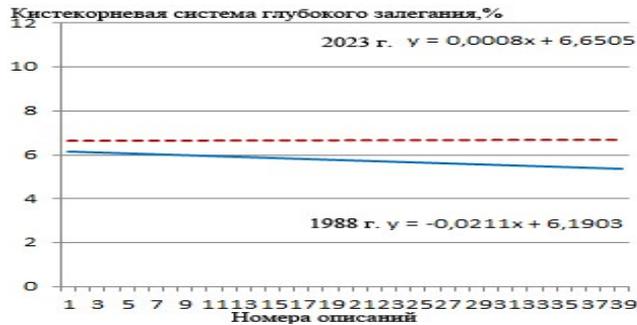


Рис. 27 Линия тренда наличие видов растений с кистекарневой системой глубокого залегания в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 27 The trend line is the presence of plant species with a deep-lying cyst-root system in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023.



Рис. 28 Линия тренда наличие видов растений со стержнекарневой системой короткого залегания в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 28 The trend line is the presence of plant species with a short-range root system in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023



Рис. 29 Линия тренда наличие видов растений со стержнекарневой системой среднего залегания в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 29 The trend line is the presence of plant species with a medium-sized root system in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

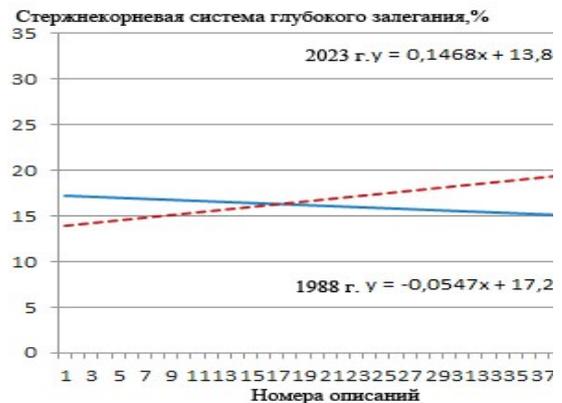


Рис. 30 Линия тренда наличие видов растений со стержнекарневой системой глубокого залегания в фитоценозах модельного профиля в 1988 и 2023 гг.

Fig. 30 The trend line is the presence of plant species with a deep root system in phytocenoses of the model profile in 1988 and 2023

Было установлено следующее, снизилась роль муравьёв (из 29 площадок в 1988 году, только на 10 в 2023 отмечена мирмекохория), увеличилось число описаний, где отмечена эндозоохория (из 16 до 21) и зоохория (в частности орнитохория – из 9 до 17).

По-видимому, снизился уровень беспокойства в опукских ландшафтах и расширились ассамблеи птиц. Примечательно, что на плато у вершины г. Опук исчез единственный антропохор.

Взглянем на произошедшие изменения с позиции стратегии Л. Г. Раменского – Дж. Ф. Грайма, отражающей адаптации растений к условиям разной степени благоприятности и нарушениям. Соотношение виолентов, контролирующих условия среды и полностью использующих ресурсы местообитаний (Миркин, Наумова, 2014) в описаниях 1988 и 2023 годов практически не изменилось (+1), а вот пациенты, адаптированные к неблагоприятным условиям не обнаружены при повторном описании. В 1988 году они фиксировались в 15 описаниях. Эксплеренты, слабоконкурентные и предпочитают нарушенные местообитания, сохранили паритет (37/38). Растения со вторичными типами стратегий, как например виолент-пациент (CS) не изменили соотношение и отмечены во всех геоботанических описаниях мониторингового профиля. Численность виолент-рудералов (CR) увеличилась и зафиксирована на 38 площадках (ранее 33), три из них в прибрежной части. Принято считать, что это типичные доминанты нарушенных почв, богатых азотом, что в принципе соответствует действительности (процент содержания азота здесь колеблется от 0,25 до 0,28 (рис. 13). Численность рудерал-пациентов (RS), также, как и CSR стратегов, сочетающих в себе признаки виолентности, пациентности и эксплерентности увеличилось на две единицы, они отмечены на активном клифе и обвальном-осыпном шлейфе (описания 2, 3). Такова ситуация с разнообразием условий, ресурсов и видов растений на модельном профиле по истечении 35 лет.

Заключение

Временной промежуток в 35 лет для экосистемы ОПЗ не так уж много. Но как бы то ни было, флористический состав меняется, причём в ряде описаний более чем на половину, особенно в местах, где современные экзогенные геоморфологические процессы активны. Заметно увеличилась численность видов, контролирующих ресурсы (виоленты), снизилось число растений, отдающих предпочтение нарушенным экотопам. Снизилась роль мирмекохории, но прогрессивно возросла численность таксонов с доминированием эндозоохории и зоохории (в частности орнитохории). На вершине г. Опук исчез единственный антропохор. Этот факт положительно оценивает введение заповедного режима на территории ОПЗ.

Однако режим заповедности вряд ли может повлиять на ход общеклиматических изменений, которые почти всегда являются пусковым механизмом процессов, протекающих в экотопах. Это демонстрируют представленные графики. Сказать, что на наших глазах протекает сукцессия по типу благопрояствования, можно, но абсолютно утвердительно дать ответ можно только по прошествию 50 лет. А вот структура способов опыления демонстрирует глобальные проблемы диких пчёл. Произошла ощутимая смена энтомогамии на анемогамию при более-менее стабильной автогамии и причина этому снижение общей численности опылителей, вызванное антропогенным воздействием.

Литература / References

Абраменков А.А., Корженевский В.В., Иванов С.П., Корженевская Ю.В. Мониторинговые исследования в Опукском заповеднике. Антэкологический аспект // Экосистемы. – 2024а. – Вып. 39. - С. 73-83.
[*Abramenkov A.A., Korzhenevsky V.V., Ivanov S.P., Korzhenevskaya Yu.V.* Monitoring studies in the Opuksky Nature Reserve. The antecological aspect // Ecosystems. – 2024a. – Issue 39. - pp. 73-83].

Абраменков А.А., Корженевский В.В., Корженевская Ю.В. Разнообразил ли заповедный режим биоразнообразие в Опуковском природном заповеднике? // Актуальные вопросы изучения и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия Юга России. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Симферополь, 8–11 октября 2024 г. - Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2024б. – С. 50 – 52.

[*Abramenkov A.A., Korzhenevsky V.V., Korzhenevskaya Yu.V.* Has the conservation regime diversified biodiversity in the Opuksky Nature Reserve? // Current issues of studying and preserving the biological and landscape diversity of the South of Russia. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference. Simferopol, October 8-11, 2024. - Simferopol: V.I. Vernadsky KFU, 2024b. – pp. 50 – 52].

Биоразнообразие природных заповедников Керченского полуострова // Сборник научных трудов / Под ред. В.В. Корженевского и С.Е. Садогурского. 2006.- Т. 126. 320 с. [Biodiversity of natural reserves of the Kerch Peninsula // Collection of scientific papers / Edited by V.V. Korzhenevsky and S.E. Sadogursky. 2006. - Vol. 126. 320 p.].

Голубев В.Н. Биологическая флора Крыма. Ялта, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, 1996. 125 с.
[*Golubev V.N.* Biological flora of Crimea. Yalta, Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center, 1996. 125 p],

Дидух Я.П., Каркуцкий Г.Н. Оценка увлажнённости экотопов // Украинский ботанический журнал. – 1994. – Т.51. - №5. – С. 64-75.

[*Didukh Ya.P., Karkutsiev G.N.* Assessment of moisture content of ecotopes // Ukrainian Botanical Journal. – 1994. – Vol.51. - No.5. – pp. 64-75].

Иванов Н.Н. Пояса континентальности земного шара // Известия Всесоюзного географического общества. – 1959. Т. 91. – Вып. 5. – С. 410-423.

[*Ivanov N.N.* Belts of continentality of the globe // Proceedings of the All-Union Geographical Society. – 1959. Vol. 91. – Issue 5. – pp. 410-423].

Клюкин А.А. Природа и разнообразие факторов среды территории Опуковского природного заповедника. Труды Никитского ботанического сада. – 2006. – Т. 126. – С. 8–22.

[*Klyukin A.A.* Nature and diversity of environmental factors in the territory of the Opuksky Nature Reserve. Proceedings of the Nikitsky Botanical Gardens. - 2006. – Vol. 126. – pp. 8-22].

Корженевский В.В. Структура флоры ландшафтов с активным рельефообразованием в Крыму // 225 лет со дня рождения А. Гумбольда: Материалы юбилейной конференции 13-17 сентября 1994 г., г. Ялта-Феодосия, 1994. – С. 44-47.

[*Korzhenevsky V.V.* The structure of the flora of landscapes with active relief formation in the Crimea // 225 years since the birth of A. Humboldt: Materials of the jubilee conference on September 13-17, 1994, Yalta-Feodosia, 1994. – pp. 44-47].

Корженевский В.В., Плуатарь Ю.В., Корженевская Ю.В. Кому в сосняке жить хорошо? Сообщества ассоциации *Salvio tomentosae-Pinetum pallasianae* Korzh 1984 на градиентах факторов среды. Синморфология, синтаксономия и синэкология растительных сообществ // Сборник научных трудов ГНБС. 2019. Т. 149. С. 96-112.

[*Korzhenevsky V.V., Plugatar Yu.V., Korzhenevskaya Yu.V.* Who lives in a pine tree well? Community Associations *Salvio tomentosae-Pinetum pallasianae* Korzh. 1984 on gradients of environmental factors // Works of the Stase Nikit. Botan. Gard. 2019. 149:96-112].

Корженевский В.В., Плуатарь Ю.В., Корженевская Ю.В., Абраменков А.А. Регенерационная ниша *Malva alcea* L. в горах Крыма // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 1, (154). С. 7-22.

[Korzhenevsky V.V., Plugatar Yu.V., Korzhenevskaya Yu.V., Abramnikov A.A. Regeneration niche *Malva alcea* L. in the mountains of the Crimea // Plant biology and horticulture: theory, innovations. 2020. 1(154):7-22].

Корженевский В.В., Рыфф Л.Э. Анализ флоры высших сосудистых растений Опуцкого природного заповедника. Труды Никитского ботанического сада. – 2006. – Т. 126. – С. 51-73.

[Korzhenevsky V.V., Ryff L.E. Analysis of the flora of higher vascular plants of the Opuksky Reserve. Proceedings of the Nikitsky Botanical Gardens. - 2006. – Volume 126. – pp. 51-73].

Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Краткий энциклопедический словарь науки о растительности. Уфа: Гилем. Башк.энцикл., 2014. 288 с.

[Mirkin B.M., Naumova L.G. A concise encyclopedic dictionary of vegetation science. Ufa: Gilem. The head. encyclopedia, 2014. 288 p].

Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938. – 620 с.

[Ramenskiy L.G. Introduction to a comprehensive soil and geobotanical study of lands. М.: Selkhozgiz, 1938. – 620 p.].

Статья поступила в редакцию: 17.11.2024

Korzhenevsky V.V., Abramnikov A.A., Korzhenevskaya Yu.V. Monitoring studies in the Opuk Nature Reserve: conditions and plant communities // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2024. № 4 (173). P. 78-94

The characteristic of the model profile laid down on Mount Opuk in 1988 from sea level to the northwestern slope, in comparison with the studies of 2023, is presented. The assessment of the ecotope conditions at the description sites was carried out using a specially developed "Pover" program. The realized fragment of the gradient and the optimum point on it were determined for the leading factors-conditions and resource factors: illumination-shading, thermal mode, aridity-humidity (ombre mode), cryoregime, continentality, humidification, variability of humidification, substrate acidity, salt regime (anionic composition), carbonate content, nitrogen content, substrate porosity. It was found that during the period from 1988 to 2023, with a total length of 35 years, the conditions on the gradients of the environmental factors of the edafotope did not change, the climate also did not change as a whole, but small deviations were noted. The changes that have occurred on the gradients forming the realized ecological niche of phytocenoses are reflected in changes in the floral composition, as well as biomorphological and ecological indicators. The floral composition is undergoing changes, and in some areas the transformation covers more than half of the species, especially in areas with high activity of modern exogenous geomorphological processes. The proportion of resident species that controls resources has increased significantly, while the number of plants that prefer disturbed ecotopes has decreased markedly, which indicates the positive impact of the conservation regime. The analysis of the floral composition, biomorphological and ecological characteristics of the phytocenosis demonstrates the need to continue monitoring the processes of transformation of the reserve's ecosystem. The results obtained contribute to a deeper understanding of the changes taking place in plant communities under the influence of various factors, including climate change and anthropogenic impact. Special attention is paid to the importance of long-term observations of the dynamics of natural communities, as well as consideration of effective methods and approaches for studying such changes.

Key words: *monitoring, Opuk Nature Reserve, factors-conditions and resource factors, plant communities*