

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 11 (77). 2025. № 3. С. 129–143.

УДК 631.618 (292.471)

DOI 10.29039/2413-1725-2025-11-3-129-143

**БИОИНДИКАЦИЯ СИНГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ЭНТОМОКОМПЛЕКСА НА КАРЬЕРЕ
В СТЕПНОМ КРЫМУ**

Кобечинская В. Г., Пышкин В. Б.

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: valekohome@mail.ru*

В работе дана сравнительная оценка интенсивности демутационных процессов растительности и энтомокомплекса, этапов формирования почвенного покрова на отработанных карьерно-отвальных комплексах в степном Крыму с учетом почвенно-климатических характеристик данной территории. Качественный и количественный состав, определенный набор доминантов, соотношение биоморф растений и фауны герпетобия обусловлены зональными особенностями этих компонентов, что позволяет выявлять общие закономерности при раскрытии их сукцессионных перестроек с позиций временного фактора. Поэтому ориентироваться на оптимизацию данных территорий только через биологическую рекультивацию проблематично, необходимо планировать вопросы горнотехнической рекультивации для возвращения этих территорий в хозяйственное использование.

Ключевые слова: карьер, отвалы, растительность, энтомокомплекс, биоиндикаторы, сингенез, степной Крым.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Крыма в советский период разрабатывалось 196 месторождений полезных ископаемых общей площадью 3775,4 га, причем главенствовала добыча строительных материалов. Это камень: строительный, облицовочный и пильный, сырье: цементное, керамзитовое и пигментное, мергель, гипс, ангидрит, глина, песок, гравий и др. В последующем, из-за снижения объемов потребностей промышленного производства и строительства, многие из них были выведены из эксплуатации. В результате площадь отработанной территории составила 1461,6 га, но горнотехническая рекультивация была суммарно проведена всего на площади 121,6 га, а после 2000 г эти работы вообще не финансировались. Сейчас из 31 месторождения строительного камня эксплуатируются только 16 единиц. Из 111 месторождений известняка находятся в эксплуатации только 44 и еще 8 планируются подготовить к промышленному освоению [1].

После вхождения Крыма в состав Российской Федерации (в 2014 г.), работы по геологическому изучению территории и контролю окружающей среды проводит Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым. При переводе

имеющейся геологической информации и документации в нормативно-правовое поле Российской Федерации было выявлено, что часть эксплуатируемых месторождений по добыче полезных ископаемых были заброшены или эксплуатировались без соответствующих разрешений и лицензий.

В рамках государственной программы Республики Крым «Охрана окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Республики Крым на 2018–2020 годы», утвержденной постановлением Совета министров Республики Крым от 22 ноября 2017 года № 619, Министерством экологии и природных ресурсов РК была выполнена инвентаризация «брошенных» карьеров, проведено геологическое изучение с целью оценки земель, нарушенных при проведении работ, связанных с эксплуатацией месторождений твердых полезных ископаемых (МТПИ) на полуострове [2]. В результате, было установлено дополнительно к учтенным карьерам ещё 152 участка нарушенных земель, общей площадью – 2896,4 га в 13 административных районах РК. Самые значительные площади в виде «брошенных» карьеров были выявлены: в Первомайском районе (41 шт. и общая площадь – 1145 га), в Сакском (20 шт. – 520,9 га) и Черноморском (30 шт. – 408,8 га) соответственно. Их часто используют под складирование бытовых отходов вблизи населенных пунктов. Сейчас нарушенные земли в сумме составляют – 5,1 тыс. га (0,2 % от общей площади полуострова) [3].

Поэтому крайне важно, как их картографирование, так и при изучении демутационных процессов самовосстановления техногенных биогеоценозов выявление биоиндикаторов - растений и насекомых, заселяющих эти территории, а также процессов формирования нарушенного почвенного покрова. Особенно в динамике на разновозрастных отвалах с учётом физико-географических характеристик (температуры, осадков, ветровых потоков, разнообразия ландшафтов и пр.)

Применение комплексного биогеоценотического подхода при решении теоретических и прикладных задач рекультивации характерно для исследований во многих районах страны и мира [4–12]. Восстановление растительного покрова и энтомокомплекса на нарушенных землях – длительный и сложный процесс. Поэтому актуальным являются вопросы оценки направленности и интенсивности биологической рекультивации разновозрастных эксплуатируемых отвалов и «брошенных» карьеров, на которых горнотехническая рекультивация не проводилась, с учетом зональных особенностей степного Крыма, что и было целью нашей работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования был Ново-Кипчакский карьер, который расположен в 12 км к юго-востоку от пос. Октябрьское Первомайского района в степной зоне полуострова. Пробные площади были заложены на промышленных разновозрастных отвалах пильных мелотических известняков (2–3 г, 5–8 л, 10–15 лет, 30–35 лет) в сравнении целинными участками настоящих степей, сформированных на черноземных темно-каштановых почвах. Здесь не выполнена горнотехническая рекультивация, плодородный слой почвы на отвальной

поверхность не наносился, отвалы оставлены на естественное самозаrstание растительностью.

Карьер не глубокий и не фототоксичный, отвалы высотой 4–6 м. Доминирующие горные породы – желтые известняки-ракушечники понтийских отложений, залегающие платообразно. Мощность пластов от 0,8 до 2 м и вскрышных пород от 0,15 до 1,5 м и выше. Вскрышные породы представлены почво-растительным слоем и желто-бурым суглинком. Это осадочная, неоднородная горная порода, обладающая невысокой плотностью ($0,80\text{--}1,1 \text{ г}/\text{см}^3$), высокой пористостью (40–66,9 %), из всех месторождений известняков в Крыму она имеет наиболее высокие показатели водопоглощения (7,4–33,3 %), достаточно значительный коэффициент морозостойкости – 0,56–0,96, т.е. он выдерживает 15 циклов попеременного замораживания и оттаивания, которые не разрушают его структуру. Этот камень хорошо пилится и обрабатывается, поэтому широко применяется в строительстве как стеновой материал, особенно в частном секторе [1].

По физико-географическому районированию полуострова климат района исследований – умеренно-континентальный со среднегодовым количеством осадков 400–430 мм, в зимний период, чередующийся с морозами и частыми оттепелями, выпадает 70–90 мм осадков, весна наступает в конце февраля – начале марта и до апреля возможны морозные 20–25 дней, преимущественно ночью. Сумма осадков в этот период – 100–120 мм. Лето начинается с первой-второй декады мая и продолжается 130–140 дней с засушливой погодой и среднемесячными температурами выше 22–24 °C со среднемаксимальной до 37–40 °C. Летом эта зона отличается засухами и суховеями (18–20 дней) Кол-во осадков в виде кратковременных ливней – 80–110 мм. Осадки осенью выпадают в конце октября-ноябре меньше, чем летом – до 100 мм, усиливаются ветра и количество пасмурных дней. Континентальность и засушливость климата степного Крыма также растёт за счет повышенного ветрового режима. Величина испаряемости влаги почти в два раза превышает количество выпавших осадков [14].

Исследования растительного покрова на пробных площадях проводились стандартными геоботаническими методиками [15–16]. Изучались полный флористический состав, выявлялись постоянные и временные доминанты, эдификаторы и субдоминанты, общее проективное покрытие, вертикальная и горизонтальная структура растительности. Видовая насыщенность изучалась соответственно на пробных площадках по $0,25 \text{ м}^2$ в 20-кратной повторности, оценивались также высота травостоя и продуктивность формирующихся сообществ [16]. Номенклатура таксонов растений приведена согласно С. К. Черепанову [17].

На этих же пробных участках были выполнены почвенные разрезы с отбором образцов почвы и последующим их физико-химическим анализом. Определяли количество гумуса, pH водной вытяжки, оксидов кальция, калия, железа, кремния, магния, алюминия [18]. При исследовании энтомокомплекса был выявлен видовой состав хортобионтов и их экологическая структура, сделан количественный учет почвенных беспозвоночных и изучен их видовой состав по сезонам с учетом биомассы особей каждой группы мезофауны. Сбор материала вели, используя стандартные энтомологические методики: кошение сачком, ловушки Барбера-

Гейлера и др. [19–21]. Все полученные результаты обрабатывались стандартными методами математической статистики. Все показатели структурных элементов рассчитаны с оценкой достоверности на $p \leq 0,05$ уровне значимости [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По маркшейдерским данным было установлено время разработок отдельных участков и выбраны 4 разновозрастных отвала площадью по 100 м^2 : 2–3-летних, 5–8-летних, 10–15-летних и 30–35-летних и 2 контрольных участка с выпасом и без него на прилегающей целинной степи. Исследования велись в течение 3 лет, климатические характеристики сезонов этих лет были близки к среднемноголетним.

По механическому составу отвальные грунты являются щебенчато-глинистыми. Рыхлое сложение, большое количество хряща и щебня известняков, высокая порозность обуславливают целый ряд их физико-химических свойств: большая воздухоемкость, быстрота впитывания влаги, высокая теплопроводность и фильтрационная способность, что ведет к резкому уменьшению влагоемкости верхнего горизонта и создают крайне жесткие условия для жизнедеятельности, как растительного покрова, так и зоокомплекса в сезонной динамике.

От гетерогенного сложения промышленных отвалов (почвогрунт + пористый рухляк), зависят физические и химические свойства отвальных субстратов (таблица 1).

Таблица 1
Некоторые физико-химические свойства почвообразующих пород Ново-Кипчакского карьера и участков зональной степи в равнинном Крыму

Показатели, %\ Место отбора проб	Гумус, %	pH	Полев. влаж-ность	P_2O_5	K_2O	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	MgO	Al_2O_3	Хлори-ды
2–3 года	0,38	7,6	7,31	0,11	0,18	22,4	0,1	0,1	0,08	0,1	0,4
5–8 лет	0,71	7,5	9,63	0,12	0,48	35,8	3,2	1,0	0,16	3,9	0,5
10–15 лет	0,37	7,6	8,23	0,14	0,56	34,2	38,0	2,9	0,45	6,4	0,45
30–35 лет	1,24	7,7	13,28	0,19	1,70	55,8	40,1	3,1	1,67	9,7	0,3
Зональная степь с выпасом	0,98	7,4	12,79	0,21	2,68	56,0	65,0	3,3	2,5	11,6	0,3
Зональная степь без выпаса	2,19	7,4	15,96	0,26	2,76	58,0	70,4	3,4	2,65	12,1	0,34

Между накоплением гумуса и возрастом отвалов прослеживается нелинейная зависимость (от 0,38 % на молодых отвалах до 1,24 % на 30–35-ти летних). Резкое снижение органического вещества на 10–15-летних отвалах свидетельствует об ускорении процессов минерализации и увеличении емкости поглощения грунтов. Известняковый пористый рухляк отвалов слабощелочной (7,5–7,7) на

разновозрастных отвалах с постепенным снижением рН до 7,4 на контрольных целинных участках степи. Незначительно содержание хлоридов (0,3–0,45 %), в том числе и на контроле. Полевая влажность и водоудерживающие свойства отвалов повышаются по мере увеличения возраста пробных площадей (7,31–13,28 %). Содержание физической глины (фракция до 0,01 мм) колеблется от 20 до 70 %. Все пробные площади бедны фосфором (0,11–0,26 %) и низким содержанием элементов питания со значительными величинами кремнезема на контроле (65,0–70,4 %) и выраженной карбонатностью почвы. Железо на основе анализа минералогического состава присутствует на всех участках отсыпных отвалах вскрышных пород в форме гидроксидов. Учитывая гетерогенность промтвалов по составу (таблица 1) их можно отнести к группе бедных, требующих землевания для включения этой территории в сельскохозяйственную деятельность. Хорошо выраженная мелкокомковато-зернистая и порошково-зернистая структура поверхностного слоя создают очень жесткий режим в течение вегетационного периода, особенно в летний период для обитания растений и насекомых, как биоиндикаторов условий среды.

Естественная растительность степей – это петрофитные варианты пустынных крымско-полынно-разнотравных и разнотравно-типчаково-житняковых сообществ, преобладают житняковые формации [15].

Изучение естественного самозарастания отвалов нарушенных территорий с формированием регенерационных биогеоценозов способствует познанию механизма их формирования в специфических техногенных условиях с учетом региональных территориальных особенностей.

Были изучены основные элементы структуры растительности и экобиоморфы слагающих их видов. Одновременно велось изучение фауны насекомых герпетобия, обитающих на поверхности почвы и растений, как наиболее динамического компонента этих территорий.

Таблица 2

Количество видов растений и герпетобионтов на разновозрастных пробных площадях отвалов Ново-Кипчакского карьера и участков зональной степи в равнинном Крыму

Объект исследования	Растения	Герпетобионты
Отвалы:		
2-3-летние	69	22
5-8-летние	103	34
10-15-летние	117	51
30-35 и более летние	94	35
Зональная степь:		
с выпасом	98	29
без выпаса	79	32

Особенностью пионерной стадии формирования фитоценозов на молодых отвалах вскрышных пород является высокое видовое разнообразие (69 видов), что отличает их от карьеров других районов страны [5–7]. Общее проективное покрытие невысокое (20 %), видовая насыщенность на учетных площадках $0,25 \text{ м}^2$ также мала $4,9 \pm 0,34$ (6–14 видов), продуктивность очень низкая (3,4 ц/га). Эти показатели обусловлены рыхлым пористым субстратом, жестким режимом увлажнения и высокой инсолиацией. Главенствуют сорные виды наряду с зональными растениями с широкой экологической амплитудой, относящимся к разным жизненным формам. Среди доминирующих видов растений можно назвать: *Euphorbia virgate*, *Centaurea diffusa*, *Carduus acanthoides*, *Elytrigia repens*, *Diplotaxis tenuifolia*. Сообщество одноярусное с низкой конкурентной способностью.

Среди пионерных группировок герпетобионтов главенствуют 4 семейства: Carabidae, Formicidae, Anthicidae, Tenebrionidae. Наиболее массово встречались: *Tentyria nomas taurica* Tauscher, 1812, *Calathus melanocephalus* Linnaeus, 1758, *C. (Neocalathus) ambiguus* (Paykull, 1790), *Blaps lethifera* Marsham, 1802, *Tetramorium caespitum* (Linnaeus, 1758), *Brachinus (Brachynidius) brevicollis* Motschulsky, 1844, *Dermestes ater* De Geer, 1774, *Proformica epinotalis* Kuznetsov-Ugamsky, 1927 [23].

На участках отвалов 5–8-летнего возраста наблюдали усложнение пионерных группировок, они смешанные, многовидовые. Эти сообщества не замкнуты и новые виды могут легко внедряться. Преобладают длиннокорневищные и корнеотприсковые растения, среди них выделяются заросли: *Tanacetum millifolium* в сочетании с *Thymus eupatoriensis*, *Artemisia taurica* с *Agropyron ponticum*, *Diplotaxis tenuifolia* с *Artemisia lerchiana*. Общее проективное покрытие существенно выше – 50–65 %, как и видовая насыщенность на учетных площадках $0,25 \text{ м}^2$ – $7,2 \pm 0,74$ (6–16 видов). В биомассе ведущая группа – разнотравье (48,9 %), подчиненное положение занимают злаки (19,4 %), роль группы бобовых крайне низка, осоки в укосах отсутствовали, активно накапливается ветошь и начинает формироваться подстилка.

Для герпетобиоя отвалов этого же возраста также характерно возрастание фаунистического разнообразия (34 вида), представленного 9 семействами, но с незначительным количеством особей в каждом. Наиболее распространены: *Cymindis (Cymindis) lineata* (Quensel in Schonherr, 1806), *Chrysolina (Stichoptera) variolosa* (Петагна, 1819), *Calathus (Neocalathus) ambiguus* (Paykull, 1790), *Acinopus (Acinopus) picipes* (Olivier, 1795), *Ditomus obscurus* Дежан, 1825, *Pedinus tauricus* Mulsant & Rey, 1853, *Cataglyphis aenescens* (Nylander, 1849) и др., что обусловлено большей сомкнутостью травостоя и видов со смешанным типом питания. Комплекс герпетобиоя формируется здесь за счет инвазионных популяций (преобладающих) и нормальных, в основном – это жужелицы, муравьи и чернотелки.

Следующая стадия сингенеза регенерационных биогеоценозов – формирование открытых фитоценозов полидоминантного состава. На 10–15-летних отвалах отмечено как наибольшее флористическое (117 видов), так фаунистическое разнообразие герпетобионтов (51 вид). Здесь высока сомкнутость травостоя (70–80 %), достаточно значительна видовая насыщенность $16,9 \pm 1,78$ (14–21 вид /на $0,25 \text{ м}^2$). Хорошо выражено уже господство плотнокустовых и короткоползучих

растений, обильны и короткокорневищные (до 25 %). Можно выделить ассоциации: *Bothriochloa ischaemum* + *Poa sterilis* – *Thymus callieri* и *Artemisia austriaca* + *Peganum harmala* – *Agropyron ponticum* + *Poa compressa*. Субдоминантами являются: *Tanacetum millifolium*, *Dianthus pseudoarmeria*, *Festuca rupicola* и др. В биомассе ведущей группой являются злаки (37,5 %), второй по обилию – разнотравье (28,7 %).

Разнообразие фауны герпетобия обусловлено увеличением экологической емкости биотопов за счет повышения объемов биотических и экологических сред формирующейся растительности. Здесь увеличивается наряду с инвазивными популяциями доля нормальных популяций герпетобионтов и появляются регressive, т.е. прослеживается существование всех типов этой группы фауны, поэтому данный процесс можно рассматривать как закономерный переходной этап сукцессий регенерационных биогеоценозов. Здесь встречались представители 11 семейств герпетобионтов. Доминирующими видами на данном этапе являются: *Calathus (Neocalathus) ambiguus* (Paykull, 1790), *Cymindis (Cymindis) lineata* (Quensel in Schonherr, 1806), *Messor muticus* (Nylander, 1849), *Cataglyphis aenescens* (Nylander, 1849), *Blaps halophila* F.-W., 1832.

К 30–35-ти годам на отвалах пробная площадь по составу растительности, как и формирующийся здесь почвенный покров приближается к стадии перехода к замкнутому фитоценозу. Общее проективное покрытие 80–90 %, но видовая насыщенность ($15,4 \pm 1,31$ (12–19 вид /на 0, 25 m^2) и флористические разнообразие (94 в) снижаются. В биомассе укосов выше роль разнотравья (27,34 %), чем злаков (21,15 %). Разнообразие растительности по видам приближается к петрофитной зональной степи с выпасом. Характерны ассоциации *Bothriochloa ischaemum* + *Stipa capillata* + *Zerna riparia* и *Poa sterilis* + *Festuca rupicola* – *Teucrium polium*. Мозаичность не выражена. Полностью выпадают из травостоя *Gypsophyla paniculata*, *Rumia crithmifolia*, *Valerianella coronata*.

Отмеченная тенденция для растительного покрова подтвердили и сборы герпетобия. Сукцессия комплекса герпетобионтов связана не только с прекращением притока ряда видов насекомых и снижением роли инвазионных популяций, но и с увеличением доли регressive. На фоне этих двух процессов создаются благоприятные условия для формирования популяций нормального типа, которые здесь главенствуют. В результате происходит замена группировок герпетобия 10–15-летних отвалов на сообщества, весьма сходные по составу исследуемых компонентов с участком зональной степи, нарушенной выпасом (овцы). Fauna представлена 7 семействами, ведущей из них Carabidae (13 видов). По степени доминантности на отвалах этого возраста наиболее часто встречаются: *Acinopus (Acinopus) picipes* (Olivier, 1795), *Ophonus (Metaphonus) cordatus* (Duftschmid, 1812), *Drasterius bimaculatus* (Rossi, 1790), *Melanotus (Melanotus) fusciceps* (Gyllenhal, 1817), *Formica cunicularia* Latreille, 1798, *Calathus melanocephalus* Linnaeus, 1758 и др. Не встречались характерные для предшествующих стадий сукцессий: *Onthophagus vitulus* Fabricius, 1776, *Amara (Bradytus) consularis* (Duftschmid, 1812).

При сравнении состава фауны и флоры 10–15-ти и 30–35-летних отвалов по коэффициенту Жаккара по растительности – 67,6 %, по герпетобионтам – 62,5 %.

При сравнении фауны отвалов данного возраста и целинной степи поэтому же коэффициенту сходства достигает 59 % для насекомых, для растений – 47 %. Следовательно, данные сообщества ещё очень далеки как по структуре, так и составу видов от коренных биогеоценозов.

Зональные петрофитные степи характеризуются не высоким общим проективным покрытием, которое снижается еще более на пробной площади с выпасом (45–55 %). Здесь меняются микроклимат, упрощается структура растительности и в первую очередь уменьшается биомасса [24, 25]. Общая продуктивность невысокая – 15,4 ц/га, ведущие биогруппы – разнотравье (34,6 %) и злаки (21,3 %), имеющие низкую кормовую ценность. Видовая насыщенность существенно ниже ($11,3 \pm 0,81$ (7–14 вид /на $0,25\text{м}^2$), чем на 30–35-летних отвалах. Здесь сформировалась ассоциация *Artemisia austriaca* – *Agropyron ponticum* – *Thymus eupatoriensis*.

Среди герпетобионтов выявлено только 5 семейств, самыми значимыми по видовому разнообразию: Carabidae (13 видов), Formicidae (5 видов), Tenebrionidae (3 вида). Доминирующими являются: *Carabus (Pachystus) hungaricus* Fabricius, 1792; *Blaps lethifera* Marsham, 1802; *Calathus (Neocalathus) ambiguous* (Paykull, 1790); *Pimelia (Camphonota) subglobosa* (Pallas, 1781).

На контрольном участке петрофитной зональной степи без выпаса общее проективное покрытие наиболее высокое (85–95 %), видовая насыщенность самая значимая $17,3 \pm 1,89$ (15–23 вид /на $0,25\text{м}^2$), как и биологическая продуктивность (23,7 ц/га). Роль биогрупп разнотравья и злаков близки (34,6 % и 33,8 %), группа бобовых минимальна по вкладу её в производственный процесс (5,3 %). Накопление ветоши и подстилки замедляют развитие дерновинных злаков. На пробной площади сформировалась ассоциация: *Agropyron ponticum* + *Festuca rupicola* – *Teucrium chamaedrys*. Уменьшение численности видов флоры на этом участке обусловлено устойчивым сформировавшимся травостоем, который можно рассматривать как закрытый фитоценоз [26], что препятствует проникновению сорных видов.

Из герпетобионтов присутствуют представители также пяти семейств, ведущие группы те же, но фаунистическое разнообразие ниже: Carabidae (5 видов), Tenebrionidae (5 видов), Formicidae (4 вида). Перечислим наиболее часто встречающиеся: *Cymindis (Cymindis) lineata* (Quensel in Schonherr, 1806), *Calathus (Neocalathus) ambiguous* (Paykull, 1790), *Tentiria nomas taurica* (Tauscher, 1812), *Gonocephalum pusillum* (Fabricius, 1791), *Blaps halophila* F.-W., 1832, *Pimelia (Camphonota) subglobosa* (Pallas, 1781), *Formicomus pedestris* (Rossi, 1790), *Onthophagus vitulus* Fabricius, 1776, *Messor muticus* (Nylander, 1849), *Tetramorium caespitum* (Linnaeus, 1758), *Camponotus aethiops* (Latreille, 1798). Главенствуют нормальные популяции.

Анализ распределения биоморф растений по пробным площадям (таблица 3) выявил, что четко прослеживается увеличение роли поликарпических растений с учетом возраста отвалов (43,5–57,45 %), но наибольшие величины этой биогруппы на целинных участках степи, особенно без пасхальной нагрузки (62,0 %).

Если на 2–3-летних отвалах однолетники значимы (31,9 %) по численности, то по мере увеличения возраста учетных площадей значимость этой биогруппы

снижается до 19,2 %. На контрольном участке степи с выпасом однолетников выявлено значительно больше (22,4 %), чем без воздействие этого фактора (20,3 %).

Таблица 3

Состав биоморф растений на разновозрастных отвалах Ново-Кипчакского карьера и участков зональной степи в равнинном Крыму (в числителе количество видов, в знаменателе – % от общего числа)

Объекты Биоморфы	Отвалы				Зональная целинная степь	
	2–3-летн.	5–8-летн.	10–15-летн.	30-летн.	с выпасом	без выпаса
Кустарники	0	1/1,0	4/3,4	2/2,1	0	0
Полукустарники	0	2/1,9	2/1,7	2/2,1	2/2,1	1/1,3
Поликарики	30/43,5	57/55,4	65/55,6	54/57,4	58/59,2	49/62,0
Монокарпики	17/24,6	20/19,4	22/18,8	18/19,2	16/16,3	13/16,4
Однолетники	22/31,9	23/22,3	24/20,5	18/19,2	22/22,4	16/20,3
Всего	69/100	103/100	117/100	94/100	98/100	79/100

Монокарпики сохраняют устойчивые позиции на всех участках (18,8–19,4 %), но наибольшее их число было выявлено на молодых отвалах (24,6 %). На целинных участках степи с выпасом и без выпаса эти показатели сходны (16,3–16,4 %).

Жизненные формы – кустарники и полукустарники играют минимальную роль в структуре данных сообществ на отвалах и зональных участках целинной степи не зависимо от антропогенного воздействия.

Представляет значительный интерес сопряженный анализ растений и насекомых по отношению их адаптации к дефициту влаги в этом степном регионе (таблица 4).

По экологическим группам на пионерной стадии отвалов среди растений ведущая группа – ксеромезофиты (40,6 %) и мезоксерофиты (36,2 %), роль эуксерофитов не высокая (21,7 %). Среди насекомых самая значимая группа – ксерофилы (77,3 %), в убывающем порядке – мезофилы (22,7 %), гигрофилы не выявлены.

На отвалах 5–8-летнего возраста среди растений главенствует группа мезоксерофитов (41,7 %) и ксеромезофитов (38,8 %), снижается роль эуксерофитов (18,5 %). Низкое проективное покрытие растительности и формирование ксерофитных условий среди определяют развитие ксеро- и мезофильного комплекса герпетобионтов (58,8 % и 38,3 %), гигрофилы представленными единичным видом.

На учетных площадях 10–15-летнего возраста усиливается роль ксеромезофитов (43,6 %) и снижается группа мезоксерофитов (38,4 %), т.к. возрастает общее проективное покрытие за счет сомкнутости травостоя и максимальному увеличению видов растений, увеличению ветоши и подстилки, которые задерживают влагу в почвенном покрове.

Таблица 4

Состав гигроморф растений и гигротических группировок герпетобионтов на разновозрастных отвалах Ново-Кипчакского карьера и участков зональной степи в равнинном Крыму (в числитеle количество видов, в знаменателе – % от общего числа)

Гигроморфы Объект исследования	Растения				Герпетобионты		
	Эуксерофиты	Мезоксерофиты	Ксеромезофиты	Эумезофиты	Ксерофилы	Мезофилы	Гигрофилы
Отвалы:							
1–3-летние	15/21,7	25/36,2	28/40,6	1/1,4	17/77,3	5/22,7	0
5–8-летние	19/ 18,5	43/41,7	40/38,8	1/1,0	20/ 58,8	13/38,3	1/ 2,9
10–15-летние	20/17,1	45/38,4	51/43,6	1/0,9	30/58,8	20/39,2	1/2,0
30–35-летние	13/13,8	47/50,0	33/35,1	1/1,1	23/65,7	12/34,3	0
Зональная степь:							
с выпасом	16/16,3	46/46,9	35/35,7	1/1,0	19/65,5	9/31,0	1/3,4
без выпаса	17/21,5	36/45,6	25/31,6	1/1,3	27/84,4	5/15,6	0

Если на начальной серии сукцессий среди герпетобионтов преобладают растительноядные виды (45,4 %), на 5–8-летнем отвале более обильны насекомые со смешанным типом питания (32 %), то по отношению к зоофагам (30,4 %) и деструкторам (8,7 %) наблюдается обратная зависимость. Усложнение растительных сообществ в это время, стабилизация в отношении гигроморф герпетобионтов на фоне изменившегося растительного покрова (высокая сомкнутость травостоя) привело к снижению полевой влажности (8,23 %). Среди насекомых ксерофилы сохраняют свои позиции (58,8 %) на данных отвалах.

На 30–35-летних отвалах мезоксерофиты главенствуют (50,0 %) с резким снижением группы ксеромезофитов (35,1 %), группа эуксерофитов продолжает снижаться. Насекомые ксерофилы наиболее обильны (65,7 %) при снижении мезофилов и отсутствию гигрофилов. Среди трофоморф наблюдается преобладание фитофагов. При сравнении видового состава герпетобионтов этого периода и зонального степного участка обнаруживается сходство их фауны только на 56 %.

Для степных целинных участков мезоксерофиты являются также ведущей группой (45,6–46,9 %), на втором месте ксеромезофиты с значительным снижением (31,6 %) на ненарушенной контрольной степи. Здесь и ксерофилы – наибольшая группа (84,4 %) из всех изученных площадей, а мезофилов в 2 раза меньше (15,6 %), чем на выпасаемой зональной степи (31,0 %). Среди трофоморф на данной территории на долю фитофагов и зоофагов приходится 63,2 и 23,4 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты комплексных исследований промышленных отвалов с использованием биоиндикаторов растительности и энтомокомплекса позволяют отметить некоторые особенности сукцессий регенерационных биогеоценозов с учетом климатических особенностей равнинного Крыма.

Показатели флористического и фаунистического состава видов, обитающих на данной территории, можно использовать с целью выявления эдафической принадлежности этих сообществ, что подтверждает правомерность использования этих подходов.

Скорость почвообразования определяется в первую очередь стадией сукцессии растительности и абиотическими факторами среды, причем его интенсивность быстро замедляется после первого десятилетия. На отвалах процесс выщелачивания только начался, поэтому геохимическая миграция в техногенной коре выветривания характеризуется лишь начальными этапами. Неоднородность мезо- и микрорельефа, бедность субстрата элементами питания, резкие колебания температур на поверхности отвалов, неустойчивость водного режима пород являются дополнительными препятствиями для активной биологической рекультивации этих территорий.

Качественный и количественный состав, определенный набор доминантов, соотношение биоморф растений и фауны герпетобия обусловлены зональными особенностями этих компонентов, что позволяет выявлять общие закономерности при раскрытии их сукцессионных перестроек, четко выявляются стадии сингенетических процессов с позиций временного фактора. Они также подтверждают, что даже старовозрастные отвалы еще очень далеки по структуре и расположению к коренной степи климаксового типа и эти процессы растягиваются при естественном самозарастании без горнотехнической рекультивации и землевания на многие десятилетия. Поэтому ориентироваться на оптимизацию данных территорий только через биологическую рекультивацию проблематично, необходимо планировать вопросы горнотехнической рекультивации для возвращения этих территорий в хозяйственное использование.

Список литературы

1. Федоркин С. И. Сыревая база строительных материалов Крыма и пути её расширения / Федоркин С. И., Любомирский Н. В., Когай Э. А., Дудинская А. В. // Экономика строительства и природопользования. – 2020. – № 4(77). – С. 66–71.
2. Государственная программа Республики Крым «Охрана окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Республики Крым на 2018–2020 годы», утвержденной постановлением Совета министров Республики Крым от 22 ноября 2017 года №619. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpmhxADT>
3. Постановление Совета министров Республики Крым от 28.01.2020 № 22 «О проведении рекультивации и консервации земель и земельных участков на территории Республики Крым» [Официальный сайт Правительства Республики Крым] // Официальный интернет-портал правовой информации. Режим доступа: <https://rk.gov.ru/ru/document/show/19884>.
4. Зеньков И. Исследование формирования растительной экосистемы на участках нарушенных земель Айхальского горно-обогатительного комбината / Зеньков И., Вокин В., Кирюшина Е. и др.

- // Экология и промышленность России. – 2020. – 24(1). – С. 46–50. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-1-46-50>
5. Бортникова Г. А. Геоэкологическая рекультивация и санация территории карьеров по добыче строительных материалов / Бортникова Г. А., Межова Л. А., Луговский А. М. и др. // Проблемы региональной экологии. – 2018. – № 6. – С. 40–45.
 6. Белоусов К. С. Рекультивация земель на Тучковском комбинате строительных материалов / К. С. Белоусов // Горный журнал. – 2007. – №6. – С. 86–87.
 7. Бадмаева З. Б. Экологическая оценка почвенного и растительного покрова карьеров Республики Калмыкия : Автографат по специальности 03.02.08. Экология. / Бадмаева З. Б. – Элиста, 2012. – 23 с.
 8. Кобечинская В. Г. Рекультивация на карьерно-отвальных комплексах техногенных территорий в предгорном Крыму / Кобечинская В. Г., Ярош О. Б. // Экономика строительства и природопользования. – 2021. – №1 (78). – С. 43–52.
 9. Иванова Л. В. Зарубежный опыт решения проблем рекультивации земель нарушенных в процессе недропользования / Иванова Л. В. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S56. – С.491–498.
 10. Diéguez-Aranda U. Modelling mortality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations in the northwest of Spain / Diéguez-Aranda U., Castedo-Dorado F., Alvarez-González, J. G., RodriguezSoalleiro // European Journal of Forest Research. – 2005. – №124. – P.143–153.
 11. Zenkov I. V. Technology Development for Mining-engineering Recultivation during Open-cast Mining at Polymetallic Ore Deposits / Zenkov I. V., Le Hung T., Vokin V. N., Pavlova P. L. // Ecology and Industry of Russia. – 2022. – № 26(1). – P. 54–59. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-1-54-59>.
 12. Prishchepov A. V. Multiple trajectories of grassland fragmentation, degradation, and recovery in Russia's steppes / Prishchepov A. V., Myachina K. V., Kamp J. // Land Degradation and Development. – 2021. – №32(11). – P. 3220–3235. <https://doi.org/10.1002/ldr.3976>
 13. Kochan R. Regeneration of forest stands by mycorrhiza to promote sustainable development of post-technogenic landscapes / Kochan R., Zawislak S., Bubela T., Ruda M., Boyko T. // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. – 2019. – № 19 (6.1). – P. 881–888. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1/S25.114>
 14. Нестеренко В. П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма / Нестеренко В. П. // Научные ведомости: Естественные науки. – 2016. – Вып. 36, №18. – 239 с.
 15. Дзен-Литовская Н. Н. Почвы и растительность степного Крыма / Дзен-Литовская Н. Н. – Л.: Наука, 1970. – 156 с.
 16. Ипатов В. С. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. / Ипатов В. С., Миркин Д. М. – СПб.: СПб Гос. Ун-т. 2008. – 71 с.
 17. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). / Черепанов С. К. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
 18. Воробьева Л. А. Химический анализ почв. / Воробьева Л. А. – М.: МГУ, 1998. – 272 с.
 19. Фасулати К. К. Полевое изучение насекомых беспозвоночных / Фасулати К. К. – М.: Высшая школа, 1971. – С. 16–73.
 20. Гиляров М. В. Методы почвенно-зоологических исследований / Гиляров М. В. – М.: Наука, 1975. – С. 12–55.
 21. Фокина М. Е. Методы полевых зоологических исследований: учебное пособие. / Фокина М.Е., Герасимов Ю.Л. – Самара: Изд. Самарского гос. ун-та, 2018. – 92 с.
 22. Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: учебник. / Шмойлова Р. А. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.
 23. Пышкин В. Б. К анализу биологического разнообразия мелоидофауны (*Insecta: Meloidae*) основных экоцентров региональной экологической сети Крыма. / Пышкин В. Б., Кобечинская В. Г. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 2. – С. 195–203.
 24. Кобечинская В. Г. Биоиндикация природных экосистем степного Крыма по растительности и энтомокомплексу с учетом воздействия промышленных эмиссий / Кобечинская В. Г., Пышкин В. Б. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия. Биология. Химия – 2022. – Т. 8 (74), № 2. – С.65–78.

25. Хабирова Л. М. Особенности восстановления растительного покрова на карьерах по добыче строительных материалов в Республике Башкортостан : Автореферат канд. биол. дис.03.02.08 Экология. / Хабирова Л. М. – Уфа, 2017. – 25 с.
26. Шилов И. А. Экология. / Шилов И. А. – Москва: Высшая школа, 2001 – 312 с.

**BIOINDICATION OF SYNGENETIC PROCESSES OF VEGETATION
FORMATION AND ENTOMOCOMPLEX AT A QUARRY IN THE STEPPE
CRIMEA**

Kobechinskaya V. G., Pyshkin V. B.

*Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy (structural unit) of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Simferopol, Republic of Crimea, Russia
E-mail: valekohome@mail.ru*

The paper provides a comparative assessment of the intensity of demutational processes of vegetation and entomocomplex, as well as the stages of soil cover formation on spent quarry-dump complexes in the steppe Crimea, taking into account the soil-climatic characteristics of these territories. The qualitative and quantitative composition, a certain set of dominants, and the ratio of biomorphs of herpetobium plant and faunabimorphs are determined by the zonal features of these components, which makes it possible to identify general patterns in the disclosure of their successional rearrangements from the perspective of a time factor.

It is shown that the rate of soil formation is determined primarily by the stage of vegetation succession and abiotic environmental factors, and its intensity slows down rapidly after the first decade. The leaching process has only just begun in the landfills, so geochemical migration in the technogenic weathering crust is characterized only by initial stages. The heterogeneity of the meso-and microrelief, the poor quality of the substrate with nutrients, sharp temperature fluctuations on the surface of dumps, and the instability of the water regime of rocks are additional obstacles to active biological reclamation of these territories.

The results of complex studies of industrial dumps using bioindicators vegetation and entomocomplex allow us to note some features of successions of regenerative biogeocenoses in the lowland Crimea. The qualitative and quantitative composition, a certain set of dominants, and the ratio of biomorphs of herpetobium plant and faunabimorphs are determined by the zonal features of these components, which allows us to identify general patterns in the disclosure of their successional rearrangements, and clearly identify the stages of syngenetic processes from the standpoint of the time factor.

They also confirm that even old-age dumps are still very far in structure and composition from the indigenous steppe of the climax type, and these processes are stretched during natural self-growth without mining reclamation and land use for many decades. Therefore, it is problematic to focus on optimizing these territories only through

biological reclamation, and it is necessary to plan issues of mining and technical reclamation in order to return these territories to economic use.

Keywords: quarry, dumps, vegetation, entomocomplex, bioindicators, syngensis, steppe Crimea.

References

1. Fedorkin S. I., Lyubomirsky N. V., Kogai E. A., Dudinskaya A. V. Raw material base of building materials in Crimea and ways of its expansion, *Economics of construction and environmental management*, **4(77)**, 66 (2020).
2. State program of the Republic of Crimea «Environmental protection and rational use of natural resources of the Republic of Crimea for 2018-2020», approved by the resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea dated November 22, 2017 №619. [Electronic resource]. – Access mode: <https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpmhxADT>
3. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea dated January 28, 2020 № 22 «On the reclamation and conservation of lands and land plots on the territory of the Republic of Crimea» [Official website of the Government of the Republic of Crimea] //Official Internet portal of legal information. Access mode: <https://rk.gov.ru/ru/document/show/19884>.
4. Zenkov I., Vokin V., Kiryushina E. et al. Study of the formation of a plant ecosystem in areas of disturbed lands of the Aikhal mining and processing plant, *Ecology and industry of Russia*, **24(1)**, 46 (2020) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-1-46-50>
5. Bortnikova G. A., Mezhova L. A., Lugovsky A. M., et al. Geoecological reclamation and rehabilitation of the quarry area for the extraction of building materials, *Problems of regional ecology*, **6**, 40 (2018).
6. Belousov K. S. Land reclamation at the Tuchkovsky building materials plant, *Mining magazine*, **6**, 86 (2007).
7. Badmaeva Z. B. *Environmental assessment of soil and vegetation cover of quarries in the Republic of Kalmykia*, Author's abstract in the specialty 02/03/08. Ecology. (Elista, 2012), 23.
8. Kobeczynska V. G., Yarosh O. B. Reclamation of man-made territories in mining and dump complexes in the foothills of Crimea, *Economics of construction and environmental management*, **1** (78), 43 (2021).
9. Ivanova L. V. Foreign experience in solving problems of land reclamation disturbed during subsoil use, *Mountain Information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, **56**, 491 (2015).
10. Diéguez-Aranda U., Castedo-Dorado F., Álvarez-Gonzàles, J.G., RodriguezSoalleiro. Modelling mortality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations in the northwest of Spain, *European Journal of Forest Research.*, **124**, 143 (2005).
11. Zenkov I. V., Le Hung T., Vokin V. N., Pavlova P. L. Technology Development for Mining-engineering Recultivation during Open-cast Mining at Polymetallic Ore Deposits, *Ecology and Industry of Russia*, **26(1)**, 54 (2022) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-1-54-59>.
12. Prishchepov A. V., Myachina K. V., Kamp J. Multiple trajectories of grassland fragmentation, degradation, and recovery in Russia's steppes, *Land Degradation and Development*, **32(11)**, 3220 (2021). <https://doi.org/10.1002/ldr.3976>
13. Kochan R., Zawislak S., Bubela T., Ruda M., Boyko T. Regeneration of forest stands by mycorrhiza to promote sustainable development of post-technogenic landscapes, *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, **19(6.1)**, 881 (2019) <https://doi.org/10.5593/sgem2019/6.1/S25.114>
14. Nesterenko V. P. Patterns of climate change formation and their forecast in Crimea, *Scientific Gazette: Natural Sciences*, **36**, **18**, 239 (2016).
15. Zen-Litovskaya N. N. *Soils and vegetation of the steppe Crimea*, 156 (L.: Nauka, 1970).
16. Ipatov V. S., Mirkin D. M. *Description of phytocenosis: Methodological recommendations*, 71 (St. Petersburg: St. Petersburg State. Univ, 2008).
17. Cherepanov S. K. *Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR)*, 992 (St. Petersburg: Peace and Family, 1995).
18. Vorobyova L. A. *Chemical analysis of soils*, 272 (M.: Moscow State University. 1998).
19. Fasulati K. K. *Field study of invertebrate insects*, 16 (M.: Higher School, 1971).

20. Gilyarov M. V. *Methods of soil and zoological research*, 12 (M.: Nauka, 1975).
21. Fokina M. E., Gerasimov Yu. L. *Methods of field zoological research: textbook*, 92 (Samara: Ed. Samara State University, 2018).
22. Shmoilova R. A. *General theory of statistics: textbook*, 480 (M.: Finance and statistics, 2002).
23. Pyshkin V. B., Kobechinskaya V. G. To the analysis of the biological diversity of meloidofauna (Insecta: Meloidae) of the main eco-centers of the regional ecological network of Crimea, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Series. Biology. Chemistry*, **6 (72)**, 2, 195 (2020).
24. Kobechinskaya V. G., Pyshkin V. B. Bioindication of natural ecosystems of the steppe Crimea by vegetation and entomocomplex, taking into account the impact of industrial emissions, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Series. Biology. Chemistry*, **8 (74)**, 2, 65 (2022).
25. Khabirova L. M. *Features of restoration of vegetation cover in quarries for the extraction of building materials in the Republic of Bashkortostan*, Abstract by candidates biol dis.02/03/08, Ecology (Ufa, 2017), 25 p.
26. Shilov I. A. *Ecology*, 312 (Moscow: Higher School, 2001).