ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

УДК 504.54.001.26:63(477.75)
DOI: 10.36305/2712-7788-2021-1-158-7-25

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ КРЫМА. СООБЩЕНИЕ 1. КАРЬЕРЫ И КОТЛОВАНЫ.

Юрий Владимирович Плугатарь[1], Владислав Вячеславович Корженевский[1], Игорь Иванович Головнев[1], Ольга Александровна Славгородская[2]

[1]Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита
E-mail: herbarium.47@mail.ru
[2]Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым,
295022, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Кечкеметская, 198
E-mail: mp@meco.rk.gov.ru

Рассмотрены основные формы антропогенного рельефообразования (оборонительные рвы, курганы, каналы, карьеры, свалки и др.) с неолита до настоящего времени, которое ознаменовалось наличием 152 брошенных и 137 действующих карьеров на территории полуострова. Изложены основные принципы и подходы к рекультивации антропогенных форм рельефа. Варианты оптимизации должны определяться конкретными условиями техногенного ландшафта, а также пригодностью карьера для намеченного использования и возможность его трансформации и, конечно же, потребностью экосистемы и социума в оптимизированном объекте предполагаемого типа. Рассмотрены версии оптимизации карьерных выработок при сухой и мокрой выемке породы. Отмечено, что в условиях дефицита воды следует отдавать предпочтение созданию водоёмов на месте выработок. Изложены основные требования к рекультивации под сельскохозяйственные и лесные угодья, формирование созологических резерватов путём формирования искусственных водоёмов различного назначения: водоём для поддержание экологического равновесия и сохранения биологического разнообразия (ландшафтно-экосистемная функция), водоём как зона отдыха (рекреационная функция), водоём как накопитель качественной питьевой воды (гидрологическая функция), водоём для рыборазведения, включая профессиональный лов рыбы (хозяйственная функция). Обсуждаются возможные подходы к оптимизации карьеров-каменоломен. Приведён ассортимент видов растений, пригодных для создания прибрежных сообществ с функцией берегозащиты.

Ключевые слова: *антропогенное рельефообразование; карьеры; оптимизация; рекультивация; растительные сообщества*

С момента появления человека на Земле, его деятельность становится рельефообразующим фактором. В каменном веке – самом продолжительном этапе эволюции – она была ещё незначительной, незаметной. В неолите – бронзовом веке свершилась «неолитическая революция». Люди перешли от кочевого к оседлому образу жизни, от охоты и собирательства к занятию скотоводством и земледелием, от присваивающего к производящему хозяйству. С этого времени по сути дела и начинается этап антропогенного рельефообразования. Посредством различных видов деятельности – антропогенных процессов – человек создаёт антропогенные формы рельефа, а посредством воздействия на растительность и другие компоненты ландшафта изменяет ход природных процессов, они трансформируются в природно-антропогенные рельефообразующие процессы (Клюкин, 2005).

От эпохи к эпохе прямое и косвенное влияние человека на рельефообразование становится разнообразнее, шире и интенсивнее в связи с ростом населения и техническим прогрессом. Антропогенный морфогенез достиг кульминации в XX веке.

За столетие численность населения Земли возросла в 3,5 раза и достигла 6 млрд. человек, а в жизни человечества свершилась «научно-техническая революция». В 1927 г. В.И. Вернадский (1983, с. 258) констатировал, что «с человеком, несомненно, появилась новая огромная геологическая сила на поверхности нашей планеты». К концу XX века рельефообразующая деятельность человека стала эффективнее суммарной деятельности всех экзогенных рельефообразующих сил» (Бондарев, 1974, с. 12).

В процессе жизнедеятельности человек осуществляет денудацию, транспортировку вещества и его аккумуляцию, создаёт денудационные и аккумулятивные формы рельефа, которые соизмеримы с природными экзогенными, но образуются в отличие от них очень быстро.

С.П. Горшков (1982) разделил антропогенные процессы по видам хозяйственной деятельности на генетические классы, а внутри них на процессы – мероприятия и процессы – следствия. Классификация включает процессы, связанные с земледелием и выпасом скота, рекреационными, лесохозяйственными, водохозяйственными, урбано-промышленными, коммуникационно-транспортными мероприятиями, добычей полезных ископаемых, рекультивацией земель и военными действиями. Каждому классу процессов соответствует определённый комплекс денудационных и аккумулятивных форм рельефа.

Крым обладает благоприятными природными условиями и имеет выгодное географическое положение, в связи, с чем антропогенное рельефообразование здесь началось давно, происходило разнообразно и интенсивно. «Неолитическая революция» завершилась в энеолите, около 5 тыс. лет назад. В эпоху ранних металлов (энеолит и бронзовый век) основным видом хозяйственной деятельности становится скотоводство. В рельефе полуострова появляются мегалитические сооружения оборонительного и культового назначения – рвы, курганы и менгиры. В эпоху раннего железа, около 2,5 тыс. лет назад, возникают Пантикапей (современная Керчь), Феодосия, Херсонес (современный Севастополь) и другие города. Человек продолжает возводить оборонительные рвы и насыпать курганы, но его деятельность становится более разнообразной. Он террасирует склоны, создаёт подземные хранилища, колодцы, каменоломни, катакомбы. На значительных пространствах основным видом хозяйственной деятельности становится земледелие.

В эпохи ранних металлов и раннего железа мощному антропогенному воздействию подверглись ландшафты равнинной части полуострова, а в последующее средневековое время – и ландшафты Крымских гор, в связи, с чем повсеместно активизировались природно-антропогенные процессы, особенно ветровая и водная эрозия почв. Склоны, лишённые растительного покрова в результате распашки, выпаса скота и вырубки леса, расчленяются промоинами и оврагами, превращаются в бедленды.

В средневековье возрастает количество населённых пунктов, возникают «пещерные» города, крепости, проявляются антропогенные процессы практически всех генетических классов.

Интенсивность антропогенных и природно-антропогенных процессов достигла максимума в XX веке. Разрастаются населённые пункты, прокладываются автомобильные и железные дороги, в связи, с чем создаются котлованы, выемки, насыпи, тоннели. В сотнях карьеров и штолен добываются стройматериалы, железные руды, флюсы и другие полезные ископаемые. Долины многих рек и временных водотоков перегораживаются плотинами, в них создаются десятки водохранилищ и сотни прудов. Спрямляются и канализируются русла рек. В связи с зарегулированием стока, распашкой земель и другими воздействиями на природные ландшафты,

отмирают и превращаются во временные водотоки отдельные звенья речной сети, уменьшается питание пляжей наносами и активизируется абразия на морских берегах. Для борьбы с ускоренной эрозией на склонах нарезаются тысячи километров искусственных террас, на которых высаживаются лесокультуры. Равнину полуострова разрезает Северо-Крымский канал и его ответвления общей протяжённостью более тысячи километров. Во время Гражданской и Великой Отечественной войн земную поверхность изрезали тысячи погонных километров окопов и ходов сообщения, остались десятки тысяч воронок от бомб и снарядов. В недрах полуострова сооружены подвалы и хранилища. Сотни погонных километров берегов морей и рек укреплены искусственными пляжами, бунами, подпорными стенами и другими сооружениями.

Мощные антропогенные воздействия на рельеф и ландшафт отразились в небывалой активизации природно-антропогенных процессов, увеличении случаев их катастрофических проявлений с большим материальным ущербом и человеческими жертвами. Чтобы снизить пагубное влияние своей деятельности, человек вынужден рекультивировать карьеры и другие нарушенные земли, облесить склоны, создавать лесополосы и искусственные пляжи, засыпать овраги, осуществлять дорогостоящие мероприятия по борьбе с неблагоприятными экзогенными процессами, защищать от их воздействия хозяйственные объекты, дороги и целые населённые пункты (Корженевский, Клюкин, 2000; Корженевский, Квитницкая, 2010). На территории Крымского полуострова, в настоящее время 139 недропользователей твёрдых полезных ископаемых, 137 действующих лицензий и кроме того 152 брошенных карьера. Особенно шокирует последняя цифра. В настоящей статье преследуется цель продемонстрировать возможные варианты оптимизации техногенных ландшафтов, для восстановления цветущего полуострова, который будет соответствовать замечательному изречению Мишеля Монтень: «Умение вести себя в своём природном существе – есть признак совершенства».

Обсуждение и предложения

Основные принципы и подходы к рекультивации антропогенного ландшафта. Ранее мы уже предпринимали попытки обсуждения вопросов оптимизации антропогенных ландшафтов, публикуя статьи, посвящённые различным подходам к формированию агроландшафтов (Плугатарь, Корженевский, 2014а), защитных насаждений (Плугатарь, Корженевский, 2014б), транспортных ландшафтов (Плугатарь и др., 2017). Здесь речь пойдёт о карьерах, штольнях, выемках и котлованах, оскальпировавших наш полуостров. Эти "раны" в природном ландшафте, уничтожают ценнейшие крымские почвы (включая и уникальные коричневые), трансформируют биотопы (снижая альфа-разнообразие и уровень первичной продуктивности) служат одной из причин понижения уровня грунтовых вод (за счёт перехвата верховодки), создают условия для дефляции и корразии (выдувание минеральных частиц с берм), а при недостаточном контроле в этих местах возникают стихийные свалки (что ведёт к загрязнению грунтовых вод) и наконец, обезображенный пейзаж местности ни как не украшает уникальные ландшафты Крыма.

Опыт экологов ближнего и дальнего зарубежья говорит об относительной простоте оптимизации техногенных форм, в частности карьеров, именно в таких местах появляется уникальная возможность формирования зон отдыха, а затопленные карьеры использовать в качестве мест для купания и при соответствующем обустройстве – организации любительского рыболовства. Некоторые из отработанных карьеров, углублённые ниже уровня моря и находящиеся в приморской части, могут быть превращены в стоянки малотоннажных судов и яхт. Оптимизация территорий бывших карьеров, осуществима, если будет инициатива органов власти и квалифицированная

помощь экологов.

В интересах сохранения природного ландшафта существует определённый порядок выдачи лицензий на разработку карьеров. До начала эксплуатации карьера в обязательном порядке разрабатывается принципиальная схема рекультивации территории с последующим формированием ландшафта. Только такой подход может предотвратить нанесение вреда экосистеме и оптимизацию антропогенного ландшафта без значительной потери ресурсосодержащих функций.

Правилами предусмотрено, что для получения разрешения на разработку карьера необходимо:

во-первых, – производственный план, содержащий информацию о границах территории и ее гипсометрическом положении, данные о рентабельности, уровне залегания грунтовых вод, размещении и типах складских и производственных сооружений, транспортных подъездах и развязках, данные о глубине предполагаемой выработки, количестве берм и объёмах добычи, размещении отвалов вскрышной и пустой породы, последовательность работ на хроноклине и хронотренде;

во-вторых, схемы планирования обустройства производства и последующей рекультивации техногенного ландшафта, включающие такие сведения: описания способа сохранения или повторного использования плодородного слоя почвы, планы профилей склонов разработки, обоснованный план озеленения. Кроме того, сопроводительная записка к плану должна осветить порядок оптимизации ландшафта и пути интеграции его в существующую экосистему.

Наряду с проблемами сохранения биологического разнообразия, при планировании размещения карьеров следует учесть возможные противоречия, например, проблема водоснабжения. Как правило, с месторождения песка и гравия, связаны линзы грунтовых вод, а потому сохранение их количественно и качественно имеет первостепенное значение и абсолютно приоритетно в Республике Крым по сравнению с карьерной разработкой. Аналогично отношение и к защите почв, особенно уникальных, редких и ценных для производства сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, по результатам перспективного планирования должны быть получены недвусмысленные ответы на следующее:

– участки, где разработка карьера недопустима ни при каких обстоятельствах, а предпочтение отдаётся интересам сохранения биоразнообразия;

– площади, где допустима разработка карьера и это с точки зрения созологии не губительно для ландшафта;

– места, где отмечены спорные "критические зоны" и вопрос о возможности строительства карьера решаться в каждом конкретном случае после тщательного проведения экологической экспертизы.

Варианты оптимизации карьерных выработок. Решение о возможности и характере дальнейшего использования техногенного ландшафта принимается до начала разработок, поскольку текущая эксплуатация карьера сориентирована на конечную цель. Как показывает опыт, вариантов использования отработанных карьеров может быть несколько. Выбор варианта оптимизации определяется конкретными условиями техногенного ландшафта. Однако, на наш взгляд, наиболее важными выступают следующие:

– пригодность карьера для намеченного использования и возможность его трансформации;

– потребность экосистемы и социума в оптимизированном объекте предполагаемого типа.

Набор мероприятий по дальнейшей оптимизации зависит от вида карьера. При сухой выработке породы дальнейшее использование карьера возможно для любых целей. В противовес этому, при мокрой выемке грунтов в предшествующем экотопе создаются совершенно другие условия, диктующие конкретный выбор, чаще всего связанный с использованием отработанного карьера в виде водоёма. Конечно, можно рассматривать вариант засыпки его материалом, не опасным для грунтовых вод, и тогда рекультивацию можно вести как в случае с сухим карьером. Но в большинстве случаев, учитывая дефицит пресной воды в Крыму, рекомендовано оставлять водоём.

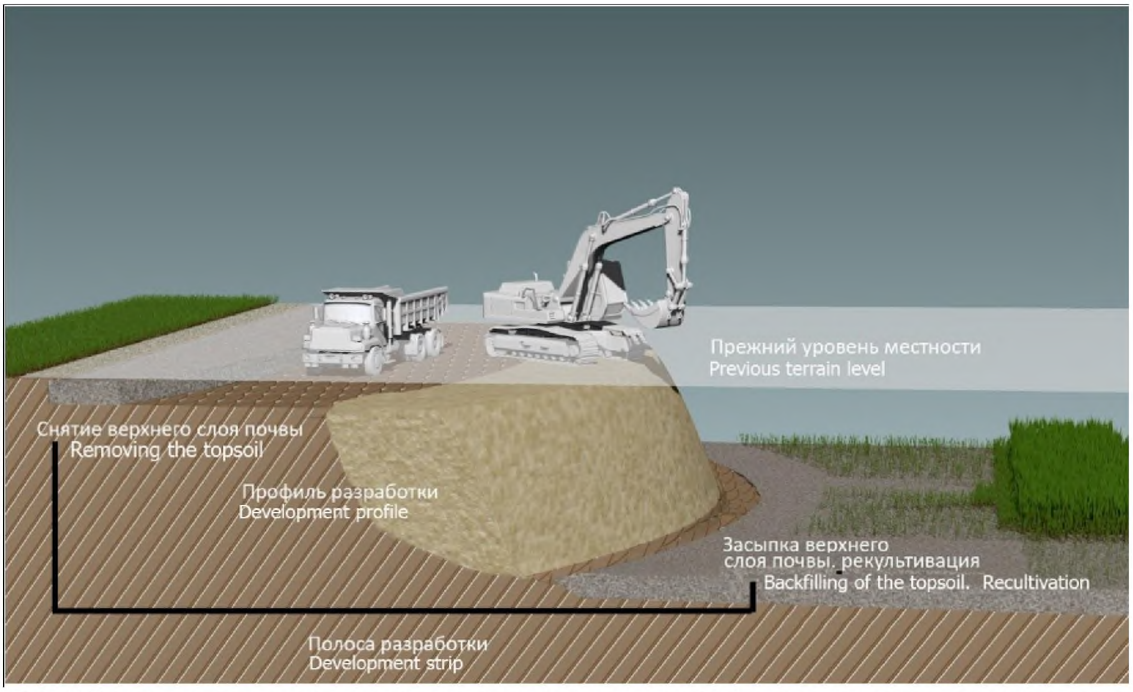


Рис. 1 Рекомендуемая последовательность выемки грунта в сухих карьерах с сохранением верхнего почвенного слоя
Fig. 1 Recommended excavation sequence in dry quarries while maintaining topsoil

Оптимизация техногенного ландшафта сухого карьера. Сухая выработка породы обеспечивает условия, при которых нижняя берма не достигает уровня залегания грунтовых вод, а карьер не заполняется водой. Принято считать, что достаточной высотой между средним уровнем залегания грунтовых вод и подошвой нижней бермы является 1 м. Глубина размещения нижней бермы должна быть определена разведочным бурением, а не современными техническими возможностями карьерной техники (рис. 1). Важно учесть и возможное сезонное колебание уровня грунтовых вод. В любом случае необходимо оставить пригодный для использования и не пропитанный влагой слой грунта. Перечисленные вводные, определяют перспективы оптимизации территории карьера, что крайне необходимо учитывать с первого дня функционирования предприятия.

Рекультивация под сельскохозяйственные угодья. С завершением технологической части карьерных разработок, рассматриваются возможные варианты использования техногенного ландшафта. В ряде случаев приходится иметь дело с территорией, где возникли специфические условия после понижения топографического уровня местности, и если в планах намечена рекультивация с целью использования территории в качестве сельскохозяйственных угодий, то крайне важно смоделировать ситуацию с возможным изменением микроклимата. Нельзя допустить скопления морозного воздуха, а потому следует обеспечить быстрый отток холодного воздуха,

придав подошве карьера лёгкий уклон в сторону базиса эрозии. Известно, что в ряде случаев, после проведённых рекультивационных мер, наблюдается некоторое увеличение урожайности и связывают это с тем, что после выемки почво-грунтов изымаются прослои песка и гравия, хорошо дренировавшие воду, а отсыпанный плодородный слой плотно соприкасается с грунтовыми водами и, следовательно, улучшается обеспеченность водой сельскохозяйственных культур.

Повысить хозяйственную ценность рекультивированного антропогенного ландшафта возможно, правильно подготовив и уложив плодородный слой. Недопустимо переуплотнение подпочвенных горизонтов, следует регулярно и в достаточной степени рыхлить на глубину 0,5 метра и более с максимальной тщательностью (лучше дважды, в поперечном направлении). При нанесении плодородного слоя почвы его требуется частично смешать с подпочвой. Толщина формируемого плодородного слоя зависит от объёма вскрышной породы, которую удалось сохранить (доставка верхнего слоя почвы из других мест дорогостоящее мероприятие).

Первичная продуктивность будущих сельскохозяйственных культур зависит от активации субстрата и возможностью корневых систем растений осваивать почвенные горизонты на всю глубину пахотного слоя. Важную роль в этом играет возделывание на начальных этапах освоения новой поверхности авангардных видов растений, таких как люцерна, клевер, люпин и др.

Оптимизированные территории техногенных ландшафтов, на которых размещены сельскохозяйственные культуры, должны иметь оптимальную форму. Параллельность границ участков формируется заранее ещё на стадии планирования. Пахотные наделы предположительно должны иметь минимальную площадь примерно около 2 га.

Формирование склонов рекультивируемых карьеров проводят, учитывая следующие установки:

– территория рекультивации стыкуется с окружающими ландшафтами только пологими склонами, которые также можно использовать в качестве сельскохозяйственных угодий. Крутизна склонов в таком случае не должна превышать 11°, т. е. около 20%;

– периметр рекультивируемой территории, заметно отличающийся по топографии от окружающих ландшафтов, оконтуривают крутыми склонами, не подлежащие использованию как сельскохозяйственные угодья. Допустимой является крутизна склона около 25 град, т.е. 50%, но ни в коем случае не превышать угол естественного откоса (30 град, т.е. 66,7%). При глубине карьера больше 10 м на выработанных склонах через каждые 5-7 м по высоте нарезаются лотковые уступы шириной близко 2 м обязательно с уклоном в сторону повышения высоты склона. Лотковые уступы предназначены, во-первых, для защиты склонов от эрозионного размыва и во-вторых, для обеспечения доступа к участкам рекультивации. Стоит заметить, что рекультивация даже пологих склонов всегда связана с необходимостью стабилизации и предотвращением современных процессов денудации, включая эрозию, которая перечёркивает ценность восстановленных угодий. Склоны с крутизной выше 10 град рекомендуется использовать под защитные насаждения. Их ценность заключается в формировании микроклимата, а также поддержке высокого уровня биологического разнообразия (рис. 2). Для защиты от плоскостного стока рекомендуем посадку быстрорастущих поликарпиков, предотвратить или стабилизировать эрозионный размыв возможно только с помощью насаждений из древесно-кустарниковых видов, о чем мы говорили ранее. Заметим, что условия новых

рекультивированных экотопов, целевое назначение оптимизированного ландшафта, а также размер территории определяют ассортимент видового состава растений.

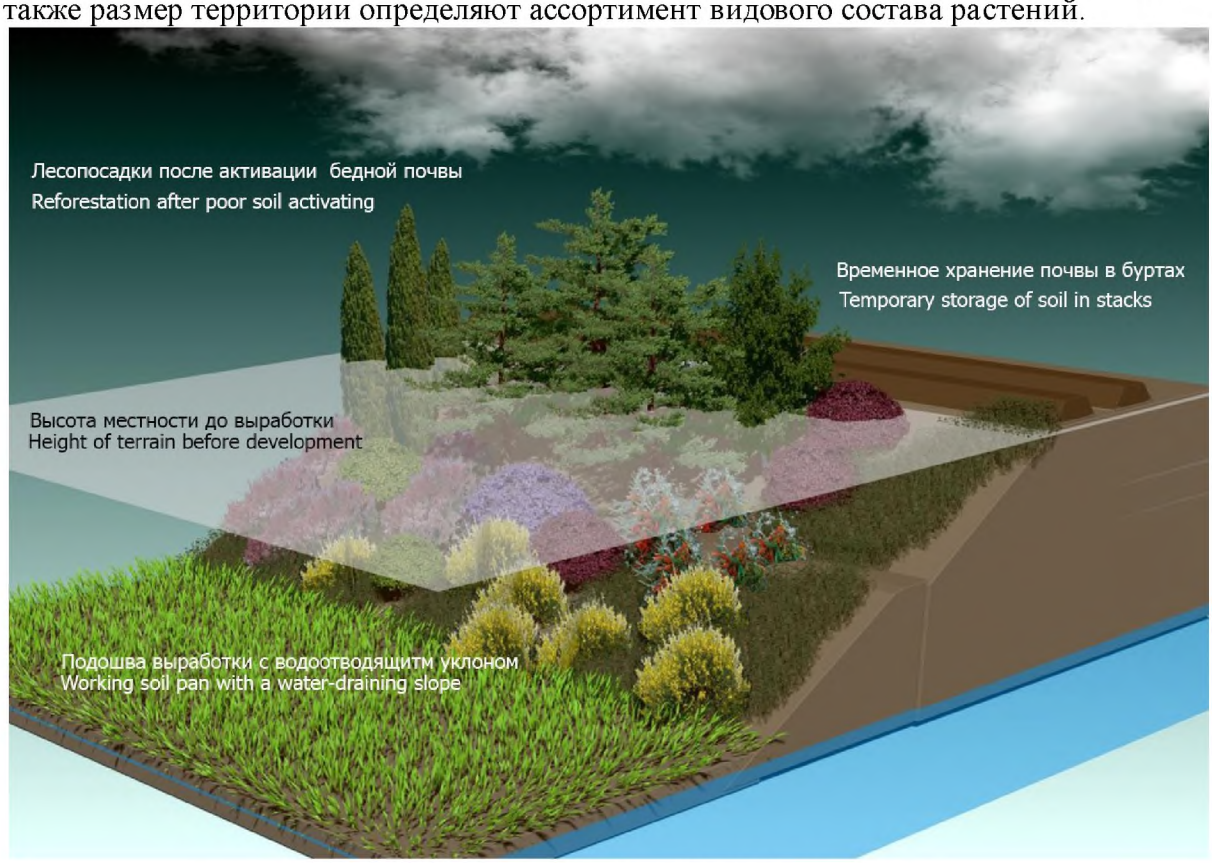


Рис. 2 Пример оптимизации "сухого" карьера
Fig. 2 Example of "dry" quarry optimization

Рекультивация под лесные насаждения. Рекультивация территории бывшего карьера под лесное насаждение, альтернативно тем случаям, когда сельскохозяйственное или иное использование территории бесперспективно, или сталкивается с непреодолимыми трудностями. Это может проистекать из-за качества рекультивированных грунтов и состоять в том, что почва не пригодна для возделывания сельскохозяйственных культур, а может быть продиктовано тем, что карьер расположен вдалеке от населённых пунктов или даже в лесу. В пользу рекультивации под лесные насаждения свидетельствуют и микроклимат территории.

Рекультивации территории карьера под лесокультуру осуществляют, как правило, на слаборазвитых и нераспаханных почвах, предварительно разрыхлив уплотненную поверхность субстрата и затем активизировав её путём посева сидератов, способствующих накоплению азота.

Формируя лесное насаждение необходимо избегать монокультуры, поскольку это односторонне нагружает градиенты факторов среды в условиях молодого почвенного покрова с ещё не сформированной структурой профиля. Насаждения сосны должны дополняться соответствующими местным условиям лиственными породами деревьев, если целью формирования ландшафта является не только озеленение, но и создание здорового биотопа. Опушки лесного насаждения рекомендуется оконтурить полосой кустарников и деревьев 2-го яруса шириной 3-5 м (рис. 2).

Кроме рекультивации под сельхозугодия и лесонасаждения, территории карьеров с сухой выемкой горной породы можно использовать для создания спортивных и игровых площадок, кемпингов, строительства и т.д. В принципе возможна и засыпка выемки. Если нет опасений с точки зрения санитарии или

сохранения чистоты грунтовых вод, в выемках можно создавать организованные свалки мусора. Тем самым исчезнет и выемка, представляющая собой травму ландшафта. Судьба территории после засыпки не в последнюю очередь зависит от характера верхнего насыпного слоя.

Оптимизация техногенного ландшафта при мокрой выемке породы. В карьерах, где производится «мокрая» выемки породы, т.е. по своей сути это карьеры, которые после прекращения функционирования затопляются. Они то и вызывают живой интерес общественности, а у экологов всегда имеют заманчивые идеи их использования. Можно рассматривать следующие варианты использования и оптимизации таких отработанных карьеров:

– водоём для поддержания экологического равновесия и сохранения биологического разнообразия (ландшафтно-экосистемная функция);

– водоём как зона отдыха (рекреационная функция);

– водоём как накопитель качественной питьевой воды (гидрологическая функция);

– водоём для рыборазведения, включая профессиональный лов рыбы (хозяйственная функция).

В зависимости от избранного варианта к объекту рекультивации будут предъявляться те или иные требования. Ниже мы их последовательно рассмотрим и прокомментируем.

Если ставится задача превратить затопленный карьер в искусственный водоём, максимально вписанный в окружающий ландшафт, то необходимо обеспечить следующее: глубину водоёма не менее 10 м; большую поверхность водного зеркала; исключить поступление органических и азотсодержащих веществ.

Образовавшееся на месте карьера озеро необходимо оптимизировать, чтобы биота (растения и животные) обеспечивала чистоту и качество воды. Проблемы саморегуляции водоёма решают заблаговременно и последовательно. Так все внешние загрязнения воды следует нейтрализовать на подступах к озеру. Решающее значение имеет при этом зона тростника на прибрежном мелководье. При сильном загрязнении воды, вырабатывающегося кислорода может не хватать для предотвращения процессов эвтрофикации. Если предполагается создание и дальнейшее использования бывшего карьера как зоны рекреации, то важно соблюсти следующее:

– сформировать относительно ровное без глубоких каверн дно озера во избежание несчастных случаев при купании;

— создавать водоём, функционирующий длительное время (учитывая сезонные колебания уровня воды).

Опыт подсказывает, что мелкие водоёмы подвержены опасности быстрого загрязнения и зарастания гидро- и гигрофитами, становясь тем самым непригодными для использования. Небольшой по площади водоём, созданный на месте карьера, дисбалансированный с точки зрения экологов, а потому его оптимизация материально значительно дороже. Заметим также, что у крупных водоёмов намного больше вариантов использования. Рекомендовано будущему водоёму обеспечить плавные, сопряжённые плоскости берегов округлённые, слабоизвилистые углы (рис 3 a, 3 b). При этом, надо иметь в виду, что у водоёмов, предназначенных для купания и отдыха склоны должны быть более пологими, чем у тех, которые предполагается использовать для зарыбления или как природный резерват, вписанный в окружающий ландшафт. Рекреационную привлекательность ландшафту придаёт чередования пологих и крутых прибрежных склонов, а монотонность пейзажа исправляют путём формирования извилистых крутых берегов (рис. 3 c). В виде исключения, там, где позволяют условия

залегания горной породы, можно запланировать береговые обрывы, которые следует оконтурить изгородью, или, ещё надёжнее, колючим кустарниками с участием видов ежевики.

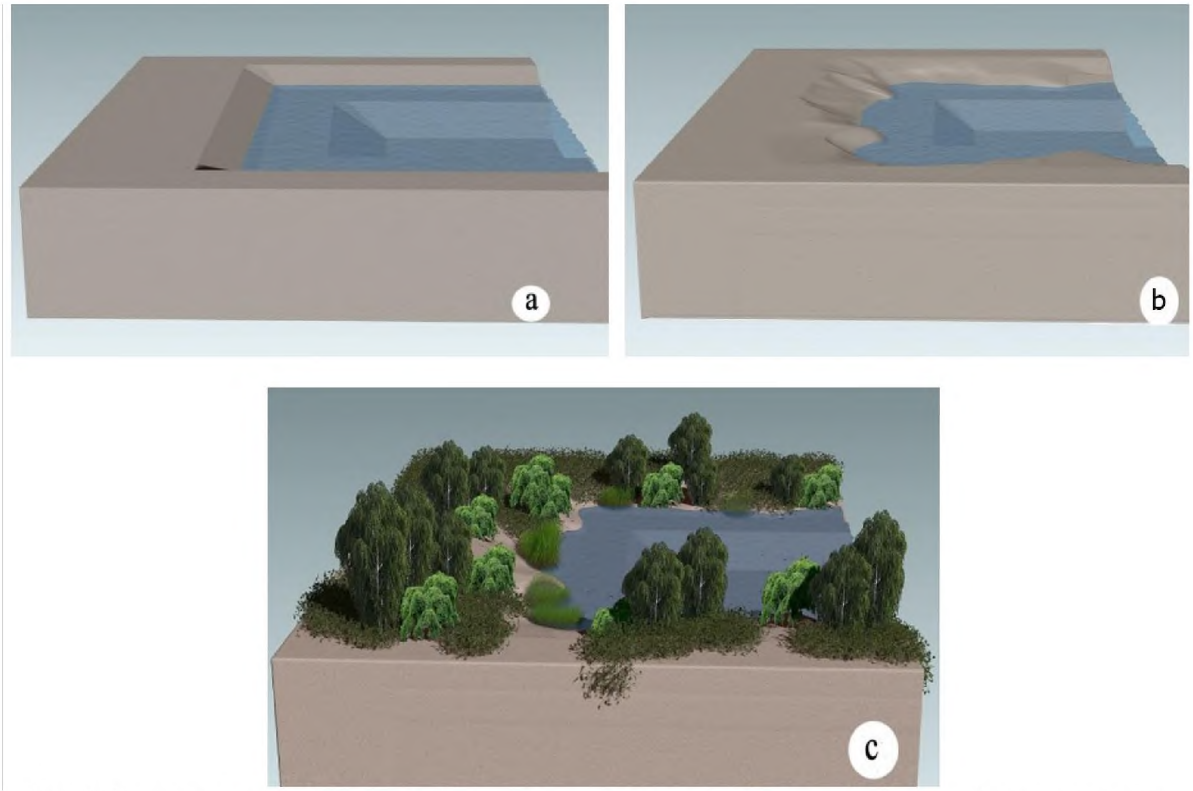


Рис. 3 Подготовка и создание водоёма на месте карьера: a – подготовительный этап закладки водоёма; b – интеграция водоёма в ландшафт (формирование извилистой береговой линии); c – создание растительных сообществ в новом ландшафте.
Fig. 3 Preparation and creation of a reservoir at the site of a quarry: a – preparatory stage of laying a reservoir; b – integration of the reservoir into the landscape (formation of a winding coastline); c – creation of plant communities in a new landscape.

Для обеспечения безопасности и создания благоприятных условий формирования сообществ растений с функцией укрепления и защиты берега, склоны у границ водного зеркала и далее до глубины 2 метров не должны быть круче 18 град (рис. 4). Поверхность склонов с окончательно приданной формой, покрывают верхним слоем почвы, законсервированным перед началом разработки карьера (рис. 5).

Оптимизация прибрежной зоны искусственных водоёмов на месте карьеров. Прибрежные растительные сообщества призваны обеспечить долговременную естественную защиту берега и откосов от разрушения, а также достичь живописного и разнообразного пространственного расчленения прибрежных территорий, что является важным условием формирования рекреационной зоны.

Как мы уже ранее отмечали, в искусственно созданных водоёмах, аналогично природным, в прибрежно-водной среде выделяют четыре экотопа, отличающиеся набором факторов-условий, необходимых для роста и развития растительных сообществ:

– подводный – находящиеся под толщей воды береговые склоны или дно водоёма;

– прибрежный – береговые откосы, степень увлажнения которых зависит от колебаний уровня воды (от паводка до межени) и высоты волны;

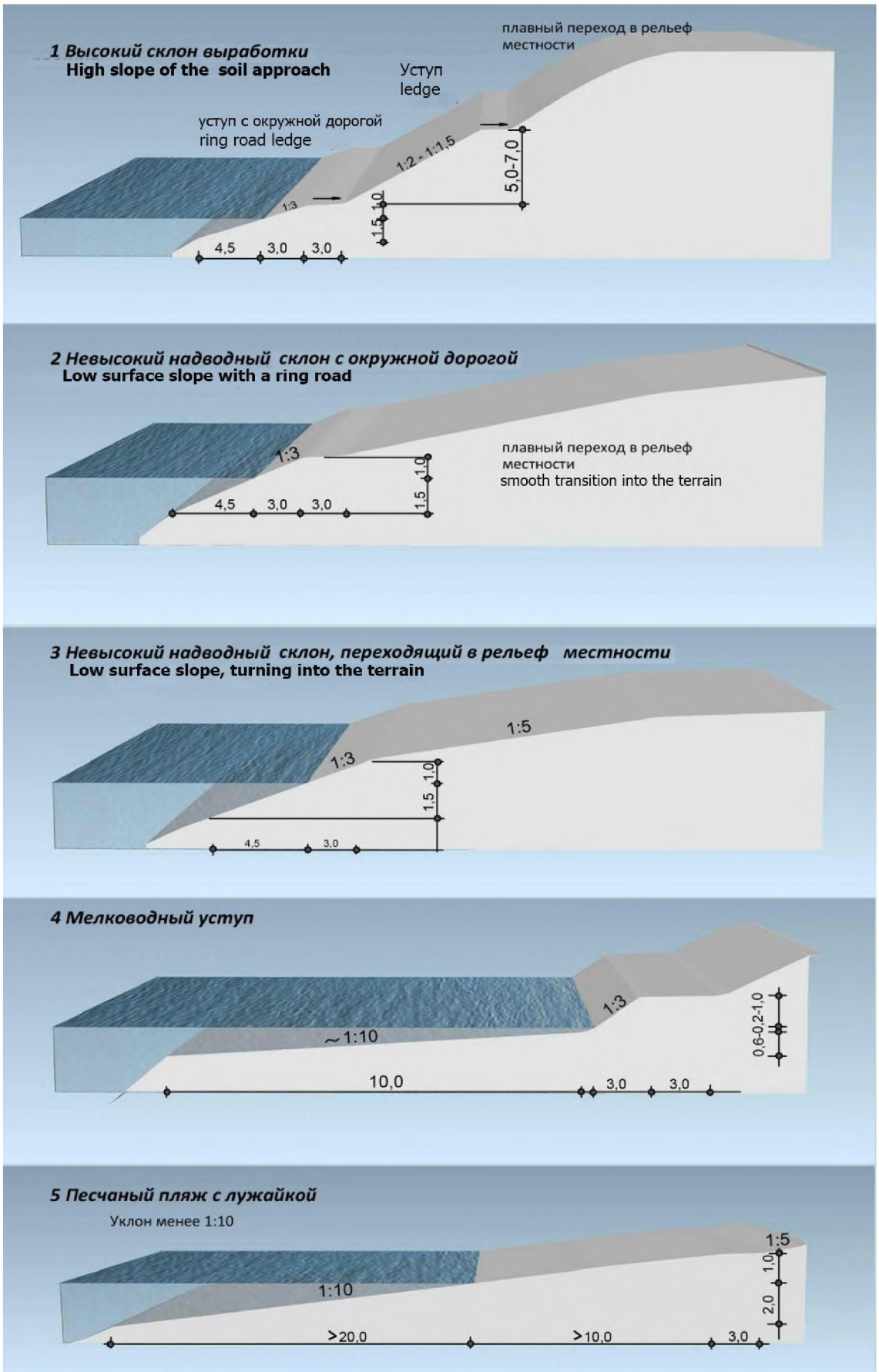
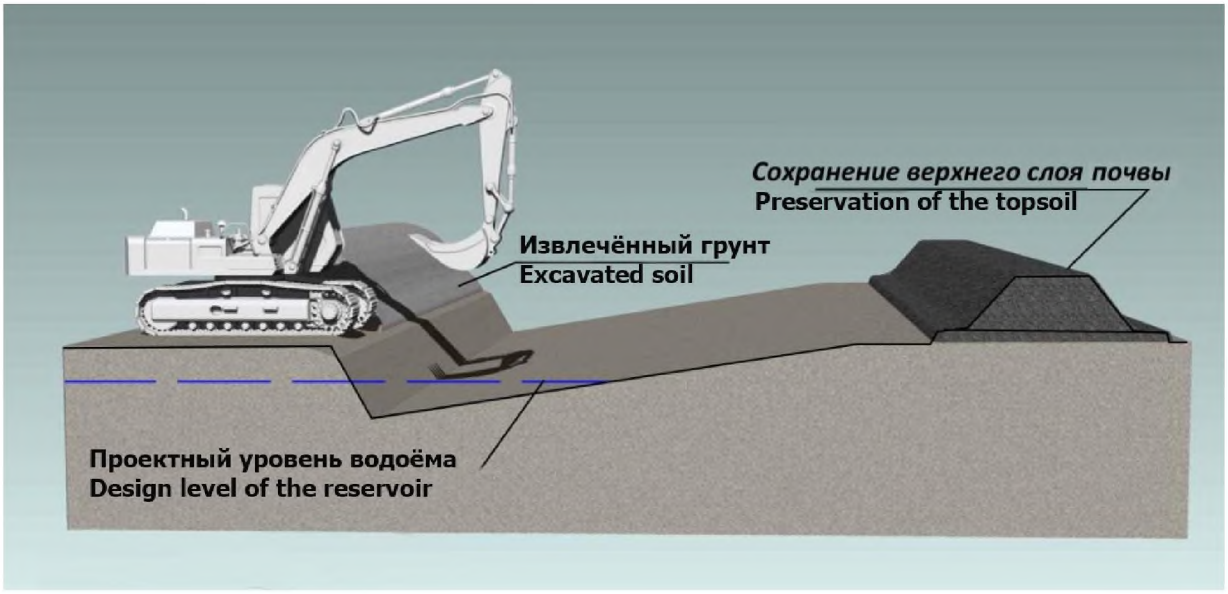


Рис. 4 Последовательность формирования водоёма для летнего отдыха
Fig. 4 The sequence of the formation of a reservoir for summer holidays

– береговой – склон, увлажнение которого определяется грунтовыми водами, а также капиллярной водой, подтянутой к поверхности;

– прибрежный – участки поверхности, увлажнение которых происходит исключительно за счёт атмосферных осадков.

Размер экотопов (ширина) определяется, также и типом почв, хотя под водой этот фактор теряет своё значение, на хронотренде можно ожидать, что водоём будет становится все более автотрофным.



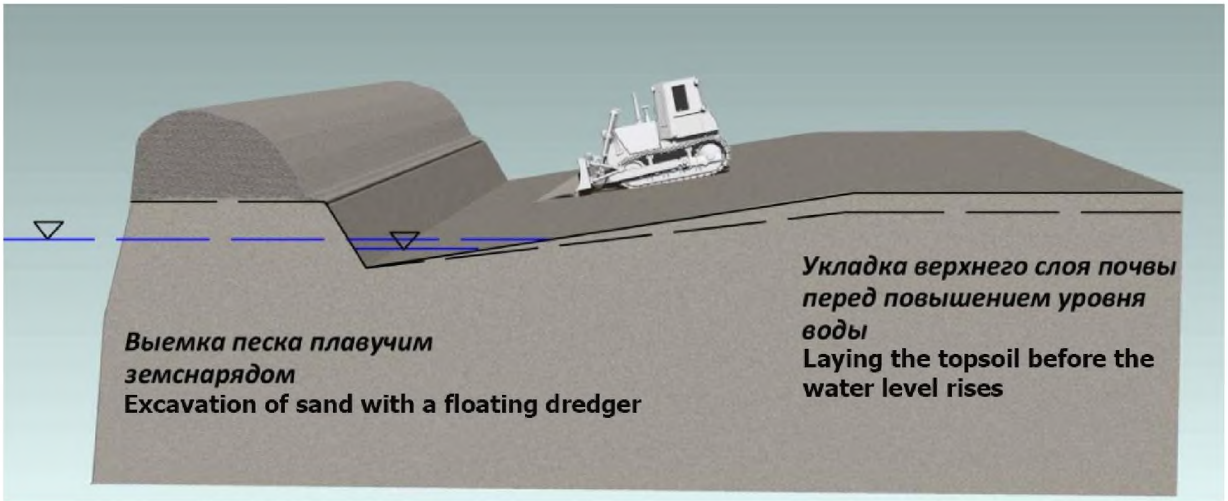
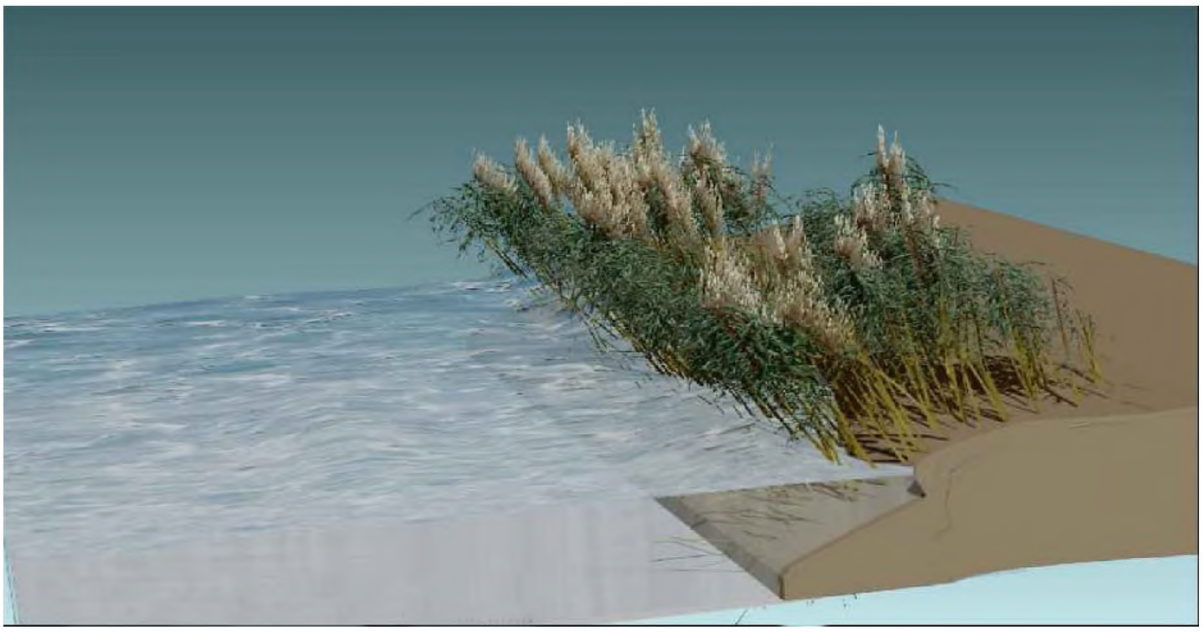


Рис. 5 Вариант окончательного формирования склона выработки
Fig. 5 The variant of the final formation of the slope of the working

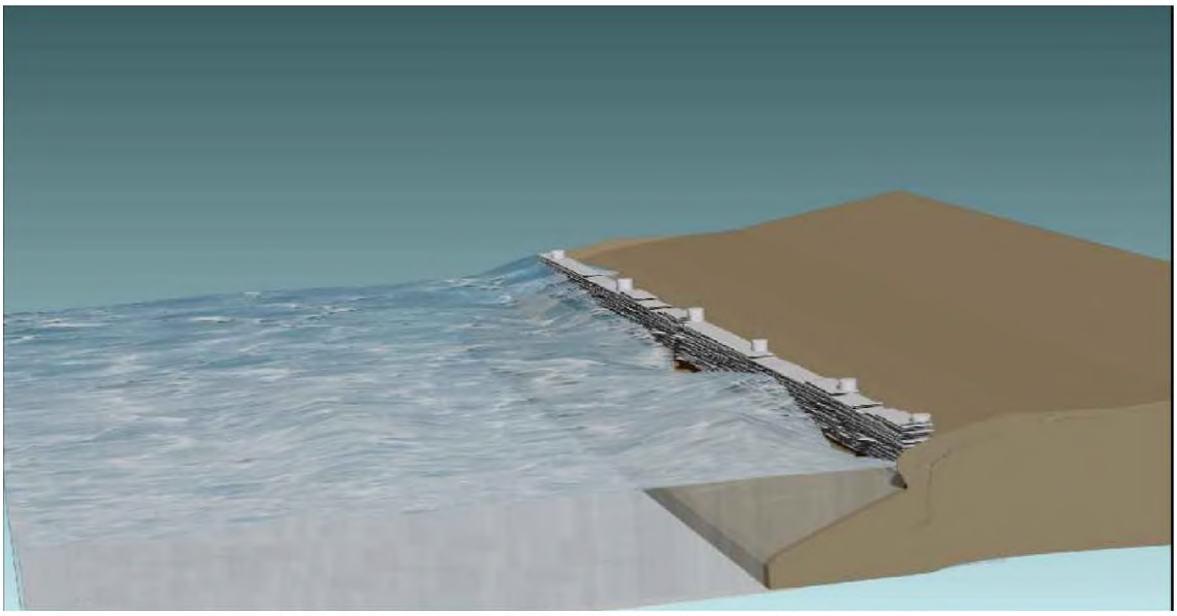
Формирование подводного берегового сообщества. В первую очередь рекомендуется создать пояс тростника в прибрежной зоне, где наблюдается значительное волновое и сезонное колебание уровня воды. Ранее мы уже отмечали, что, формирование прибрежных растительных сообществ возможно лишь с применением специальных методов и приспособлений. В зависимости от морфологических особенностей берегового склона подбирают ширину пояса тростника. Если откос крутой, то формируют узкую полосу, если пологий, то можно

создать широкий пояс тростника (рис. 6). Предпочтительно использовать неприхотливые и быстро разрастающиеся виды. Следует заранее подготовить посадочный материал растений в необходимом количестве.

При сильном колебании воды и береговой эрозии в результате сильного волнения, высаживается ивняк
In case of strong water fluctuations and coastal erosion as a result of strong waves, willow trees (*Salix*) are planted



При сильном колебании воды и небольшой береговой эрозии, высаживается тростник обыкновенный (*Phragmites australis*)
With strong water fluctuations and slight coastal erosion, reeds (*Phragmites australis*) are planted



При отсутствии колебания воды и небольшой береговой эрозии устанавливаются фашины или плетни
In case of no water fluctuations and slight coastal erosion, fascines or wattle fences are installed

Рис. 6 Варианты защиты берега искусственного водоёма в карьере
Fig. 6 Options for protecting the shore of an artificial reservoir in a quarry

Для укрепления берегов искусственного водоёма могут быть рекомендованы следующие виды растений:

а) при глубинах свыше 0,5 м: тростник обыкновенный подвид высочайший (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. subsp. *altissimus* (Benth.) W. Clayt.), тростник обыкновенный подвид южный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. subsp. *australis*), камыш озерный (*Scirpus lacustris* L.), рогоз узколистный (*Typhaangus tifolia* L.), рогоз широколистный (*Typhala tifolia* L.);

б) для заболоченных зон с небольшой глубиной: аир обыкновенный (тростниковый) – *Acorus calamus* L., осока островатая – *Carex acutiformis* Ehrh., осока береговая – *Carex riparia* Curtis, осока ложно-сыть – (*Carex pseudo cyperus* L.), манник водный – *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., касатик болотный – *Iris pseudacorus* L., канареечник тростниковидный – *Phalaris arundinacea* L., ежеголовник прямой – *Sparganium erectum* L.;

в) можно также предложить и такие виды: частуха подорожниковая – *(Alisma plantago-aquatica* L.), сусак зонтичный – *Butomus umbellatus* L., ситник скученный – *Juncus conglomeratus* L., ситник расходящийся – *Juncus effusus* L., дербенник иволистный – *Lythrum salicaria* L., стрелолист обыкновенный – *Sagittarias agittifolia* L.

Если площадь водного зеркала большая, то на глубинах 1-2 метра можно высадить гидрофиты. Для этого достаточно опустить в нескольких местах в воду пучки растений с комьями почвы, утяжелёнными камнями.

Можно рекомендовать следующие виды гидрофитов: кувшинка белая – *Nymphaea alba* L., кубышка жёлтая – *Nuphar luteum* (L.) Sm., виды рдеста –*Potamogeton natans* L., *P. lucens* L., *P. crispus* L. и др., водокрас обыкновенный – *Hydrocharis morsus-ranae* L.; болотник обыкновенный – *Callitriche palustris* L., различные виды роголистника –*Ceratophyllum demersum* L., *C. submersum* L., элодея канадская – *Elodea canadensis* Michx.; различные виды урути – *Myriophyllum*, горец земноводный – *Persicaria amphibia* (L.) Delarbre; лютик водный – *Ranunculus aquatilis* L. и др.

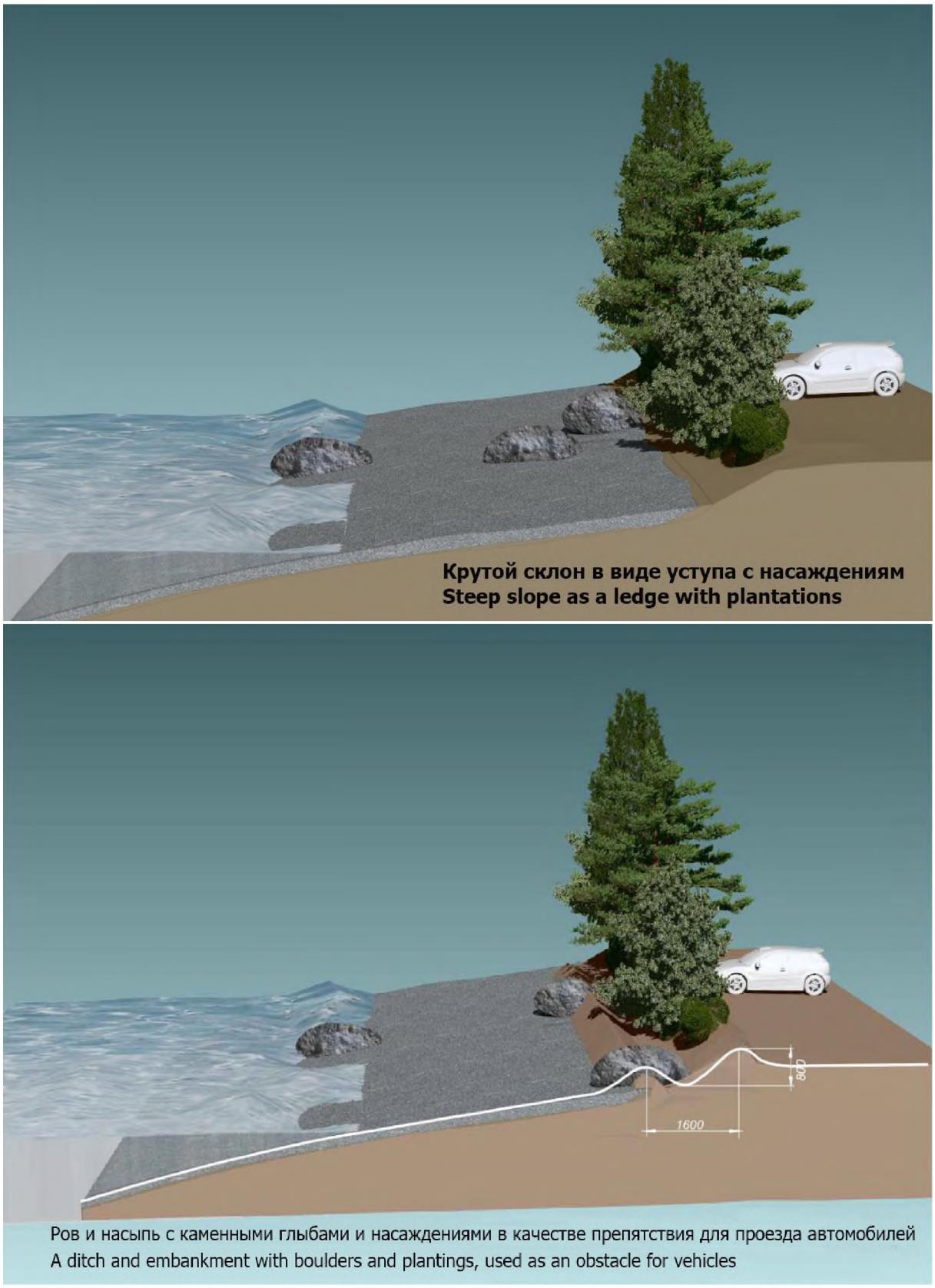


Рис. 7 Вариант оптимизации искусственного водоёма для мест отдыха и купания
Fig. 7 An option for optimizing an artificial reservoir for recreation and swimming places

Опытным путём установлено, что для создания пояса тростника достаточно высадить растения в виде узкой полосы, а уже отсюда тростник распространится и в сторону берега и вглубь водоёма.

Вполне приемлемо укрепление береговых откосов насаждениями ивы, которая также эффективна, как и тростник. К тому же на берегу водоёма ивы, будь то деревья или кустарники, выглядят очень живописно. Способы посадки ивы обсуждались выше, напомним лишь, что можно использовать хворостяные выстилки из ивовой лозы, а также фашины и плетёнки.

В случае если необходимо замаскировать территорию бывшего карьера, то тогда по периметру высаживают деревья и кустарники, экологическая ниша которых укладывается на градиентах трансформированного ландшафта. Следует учесть, что краевые насаждения будут испытывать на себе дополнительную рекреационную нагрузку в связи, с чем их следует защитить на начальной стадии развития.

Очень важно спрогнозировать возможное использование искусственного водоёма для купания. Для нашего менталитета возможно только одно ограничение – труднодоступность. Если это не так, то тогда следует создать приемлемые условия для купания. Рекомендуется пляж предусмотреть на северном берегу водоёма в наиболее солнечном месте, где предусмотреть пологий берег Крутизна берега не должна превышать 12 град, ещё лучше, если уклон составит 5-7 град в расчёте на детей, причём такой склон необходимо соорудить до глубины 2 м (рис. 7).

Водоём как созологический резерват. Создание созологических объектов на основе искусственных водоёмов, сформированных в карьерах, чрезвычайно важно в современную эпоху глобализации и тотальной трансформации ландшафтов. Восстановить нарушенное равновесие можно с помощью искусственных водоёмов, где будет воссоздана среда обитания для редких видов животных и растений.

Инициализация и направление сукцессионного развития водоёма обязательно предполагает осуществление ряда оптимизационных мероприятий. Направлены они как на защиту созологического объекта, так и для обеспечения максимального разнообразия жизненных форм. Для обеспечения защиты по периметру водоёма необходимо создать буферную зону шириной около 15-25 м. Когда условия позволяют, то сооружают вал с полосой защитных насаждений, предотвращающий приток воды с окружающих участков (рис. 7). Чтобы воспрепятствовать проникновению людей и животных в охраняемую зону по периметру создают ров шириной не менее 3 м и заполняют водой, а при необходимости территорию ограждают.

Максимально возможное разнообразие форм рельефа местности должно обеспечить высокий уровень биоразнообразия. Достигается это путём создания возможно большей длины береговой линии с множеством бухт, формирование береговых откосов, прежде всего пологими, как выше, так и ниже среднего уровня воды; крутые берега создают на отдельных солнечных и затенённых участках, их высота составляет около 1,5 м над уровнем воды, а также создание разновысотных островов. На крупных водоёмах рекомендуется создавать насаждения тростника и древесно-кустарниковых растений.

Варианты оптимизации отработанных карьеров-каменоломен. Уродливыми "шрамами" в естественных ландшафтах выглядят каменоломни, существенно изменяющие внешний вид пейзажа, не только в смысле эстетики, но и на экосистемном уровне. На территориях отработанных карьеров и тем более каменоломен, с точки зрения геоморфологии, возможно формирование нескольких антропогенных форм рельефа, это в первую очередь склон выработки с бермами, отвалы породы, подошва выработки, терриконы, а также насыпи подъездных дорог и территория складирования. Каждая из названных форм имеет свои особенности и требует различных подходов в

оптимизации.

После завершения эксплуатации месторождения остаются откосы большей или меньшей протяжённости. С точки зрения оптимального обустройства ландшафта нет необходимости требовать придания этим отвесным стенам более пологой формы. Примером их обустройства могут служить естественные отвесные скалы. Крутизна и дальнейшее формирование откоса определяются при этом в первую очередь геологическими условиями.

В принципе должна быть сформирована абсолютно устойчивая скала крутизной около 60 град, по возможности шероховатая и расчленённая. При высоте не менее 30 м отвесная скала прерывается уступами шириной по несколько метров. Эти уступы, как правило, образуются из отдельных горизонтов выработки карьера. С точки зрения ландшафта желательны как можно меньшие интервалы между уступами скалы (10-15 м). Они служат целям безопасности, одновременно являясь исходными пунктами для озеленения, лишь в исключительных случаях они освоены. Для обеспечения естественного вида скалы желательны разновысотность и неодинаковая ширина уступов.

Озеленение скального склона начинают с осыпания сверху мелкозернистой почвы. Она задерживается на уступах и неровностях скалы, создавая возможность для естественного распространения травянистых и древесно-кустарниковых растений. Ускоренное и планомерное достижение этой цели создаёт гидросев семян, удобрений и других вспомогательных веществ. Так можно достичь за короткий срок "патины", в естественных условиях возникающей в течение многих лет.

Высадка древесно-кустарниковых растений на уступах уместна лишь при их большой ширине (не менее 10 м), что даёт возможность подвоза почвы и безопасной работы. На верхнем крае откоса создают защитную полосу насаждений, отдавая предпочтение колючим кустарникам (роза, ежевика). Несмотря на это, обязательно сооружают защитную ограду (рис. 8).

Отвалы, насыпи, терриконы. Насыпи включают, во-первых, непригодный для производственных целей грунт, бывший поверхностным слоем месторождения. Этот грунт можно подразделить на ценные плодородные слои почвы, с одной стороны, и расположенную под ними материнскую породу или выветренные скальные породы – с другой. Верхний слой должен быть сохранен, несмотря на достаточную сложность этой задачи, например, в лесу, на маломощных почвах.

Кроме того, на некоторых добывающих предприятиях в отвал отправляется отсев, а также другие производственные отходы – добытый в месторождении, но непригодный для использования материал. Его объем или доля в объёме добычи непостоянны и изменяются по мере разработки месторождения, однако поддаются достаточно точному предварительному расчёту, так же как и масса поверхностного слоя над каменистой породой. Это обстоятельство имеет очень большое значение для планирования эксплуатации месторождения и обустройства ландшафта. Расчёты объёмов служат основой разграничения отвалов, а тем самым и окончательного формирования рельефа местности.

При оптимизации нарушенного ландшафта следует стремиться к размещению всех отвалов на территории самого карьера, удерживая внешние отвалы на минимально возможном уровне. Всем отвалам придают как можно более пологую форму; здесь не обойтись без подравнивания грейдером.

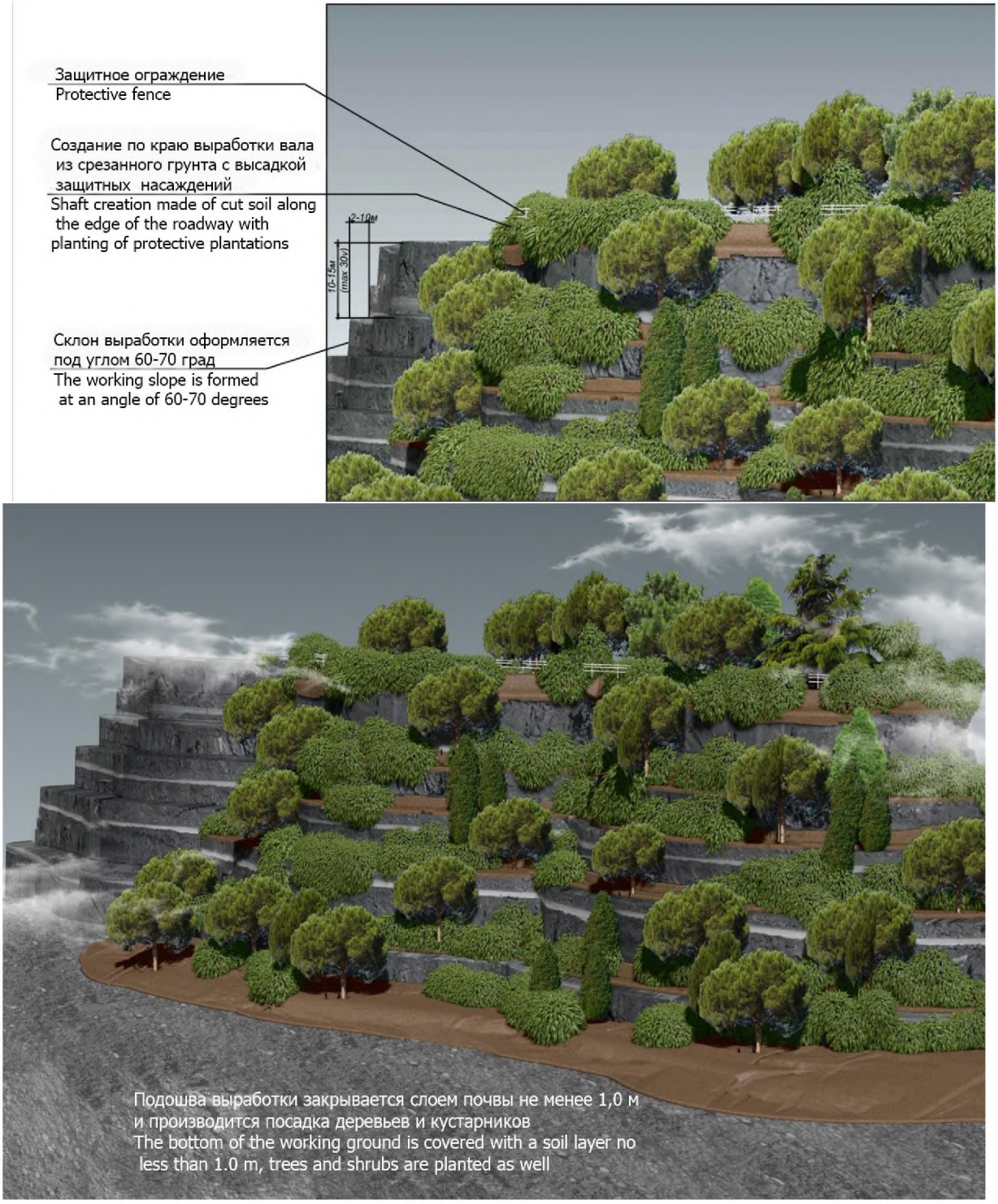


Рис. 8 Принципы оптимизации карьеров-каменоломен
Fig. 8 Optimization principles of quarries-stone mines

Подошва выработки, складские площадки. Подошва выработанной каменоломни, а также уплотнённые в результате движения транспорта производственные и складские площадки непригодны для непосредственного обустройства ландшафта. Планомерная высадка растений возможна лишь при нанесении слоя разрыхлённого грунта. Его минимальная толщина, обеспечивающая создание долговечной древесно-кустарниковой растительности как возможной основы для лесопосадок, составляет 1 м.

Растительный покров подошвы выработки страдает не только от неблагоприятных свойств почвы, но и от тяжёлого микроклимата. Не исключено скопление холодного воздуха, что существенно затрудняет развитие древесно-кустарниковой растительности, а в экстремальных условиях – допускает развитие лишь некоторых стойких к климатическим воздействиям видов растительности. Поэтому карьеру и отвалам придают форму, обеспечивающую возможность оттока холодного воздуха.

В некоторых случаях территория каменоломни после завершения эксплуатации заполняется водой. Опыт показывает, что уровень воды можно рассчитать лишь приблизительно, поскольку он периодически колеблется. Сколь бы ни были привлекательны и интересны с точки зрения организации отдыха любые водоёмы, такие озера в каменных карьерах очень проблематичны из-за опасных отвесных берегов. Создание пригодных для отдыха водоёмов ограничено многими факторами; их экологическое развитие также происходит в весьма узких пределах.

Заброшенные каменоломни, как и другие карьеры, часто используют под свалки бытового и строительного мусора и т.д. Если это не причиняет вреда ландшафту и не создаёт опасности загрязнения грунтовых вод, то здесь возражений быть не может. Через некоторое время выемка заполняется и исчезает. Дальнейшее использование или озеленение территории зависит от толщины и состава покровного слоя.

Заключение

Никитский ботанический сад обладает исчерпывающими возможностями в осуществлении как подготовки новых или корректировки старых проектов рекультивации, так и выполнения оценки новых условий эдафотопа рекультивированного объекта для последующего подбора ассортимента видов растений и их выращивания в питомниках НБС-ННЦ РАН (Плугатарь, 2016).

Литература

Бондарев Л.Г. Вечное движение: Планетарное перемещение вещества и человек. М.: Мысль, 1974. 158 с.
[*Bondarev L.G.* Perpetual motion: planetary movement of matter and man. Moscow: Thought. 1974. 158 p.]

Горшков С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий. М.: Недра, 1982. 286 с.
[*Gorshkov S.P.* Exodynamic processes of developed territories. Moscow: Nedra. 1982. 286 p.]

Клюкин А.А. Экстремальные проявления неблагоприятных и опасных экзогенных процессов в XX веке в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2005. Т.1. Вып. 1. С. 27–38.
[*Klyukin A.A.* Extreme manifestations of unfavorable and dangerous exogenous processes in the 20th century in the Crimea. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*. 2005. 1: 27–38]

Корженевский В.В., Клюкин А.А. Биоиндикация современных процессов рельефообразования. Ялта: ЯИМ, 2000. 128 с.
[*Korzhenevsky V.V., Klyukin A.A.* Bioindication of modern relief formation processes. Yalta: YIM. 2000. 128 p.]

Корженевский В.В., Квитницкая А.А. Фитоиндикация рельефообразования и опыт ее применения // Бюлл. Никит. ботан. сада. 2010. Вып. 100. С.5–28.
[*Korzhenevsky V.V., Kvitnitskaya A.A.* Phytoindication of relief formation and experience of its application. *Bulletin State Nikit. Botan. Gard.* 2010. 100: 5–28]

Плугатарь Ю.В. Никитский ботанический сад как научное учреждение // Вестник РАН. 2016. Т.86. №2. С. 120–126.
[*Plugatar Yu. V.* The Nikitsky Botanical Gardens as a scientific institution. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences.* 2016. 86 (2): 120–126]

Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В. Оптимизация агроландшафтов Крыма // Бюлл. Никит.ботан. сада. 2014. Вып.112. С. 7–15.
[*Plugatar Y.V, Korzhevsky V.V.* Optimization of agricultural landscapes of Crimea. *Bulletin State Nikit. Botan. Gard.* 2014. 112: 7–15]

Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В. Создание и оптимизация защитных насаджений в Крыму // Бюлл. Никит.ботан. сада. 2014. Вып.113. С.7–17.
[*Plugatar Yu.V., Korzhenevsky V.V.* Establishment and optimization of protective plantations Crimea. *Bulletin State Nikit. Botan. Gard.* 2014. 113: 7–17]

Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В., Головнёв И.И., Корженевская Ю.В. Оптимизация транспортного ландшафта в Крыму // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 145. С. 214–230.
[*Plugatar Yu.V., Korzhenevsky V.V., Golovnev I.I., Korzhenevskaya Yu.V.* Optimization of the transport landscape in Crimea. *Collection of scientific papers of the State Nikitsky Botanical Garden.* 2017. 145: 214–230]

Статья поступила в редакцию 05.02.2021 г.

Plugatar Yu.V., Korzhenevsky V.V., Golovnev I.I., Slavgorodskaya O.A Optimization of technogenic landscapes of the Crimea. Report 1. Quarries and pits. // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. № 1 (158). P. 7-25.

The main forms of anthropogenic relief formation (defensive ditches, mounds, canals, quarries, dumps, etc.) from the Neolithic to the present, which were marked by the presence of 152 abandoned and 137 active quarries on the territory of the peninsula, are considered. The basic principles and approaches to the reclamation of anthropogenic landforms are stated. Improvement options should be determined by the specific conditions of the technogenic landscape, as well as the suitability of the quarry for the intended use and the possibility of its transformation and, of course, the need of the ecosystem and society for an optimized object of the proposed type. The versions of optimization of open-pit workings during dry and wet rock excavation are considered. It is noted that in conditions of water shortage, preference should be given to the creation of reservoirs at the place of workings. The basic requirements for reclamation for agricultural and forest lands, the formation of sozological reserves by the formation of artificial reservoirs for various purposes: a reservoir to maintain ecological balance and preserve biological diversity (landscape-ecosystem function), a reservoir as a recreation area (recreational function), a reservoir as a source of drinking water (hydrological function), a reservoir for fish farming, including professional fishing (economic function). Possible approaches to optimization of quarries are discussed. An assortment of plant species suitable for creating coastal communities with a coastal protection function is presented.

Keywords: *anthropogenic reliefformation; quarries; optimization; reclamation; plant communities*