

УДК 574.2

С.О. Яровий<sup>1</sup>, О.Г. Брен<sup>1</sup>, Т.А. Ярова<sup>1</sup>, Н.М. Барабоха<sup>2</sup>, О.П. Барабоха<sup>2</sup>, О.А. Вовк<sup>2</sup>  
**ФІТОРІЗНОМАНІТТЯ ЖОВТОКАМ'ЯНСЬКОГО КАР'ЄРУ**  
*Мелітопольський державний педагогічний університет імені  
Б.Хмельницького<sup>1</sup>,  
Приазовський національний природний парк<sup>2</sup>*

Наведено відомості про флористичний склад ґрунтових водоростей, лишайників, мохів і судинних рослин. Виявлено раритетні види рослин, які охороняються на державному, європейському й міжнародному рівнях. Приводиться список видів дерев і чагарників. Проведено аналіз ґрунту за показниками: рН- середовища, вміст гігроскопічної води, вміст мінеральних речовин. Визначено біомасу рослинності на пробних ділянках кар'єру. За видовим складом виявлених видів ґрунтових водоростей проведений екологічний аналіз місцеіснування. Також проведений екологічний аналіз біотопу за виявленими видами судинних рослин.

У результаті виконаних робіт дана оцінка подальшого розвитку рослинного покриву при природному відновленні кар'єру. З урахуванням еколого-морфологічних характеристик підібрані види рослин для фіторекультивациі й озеленення кар'єру.

*Ключові слова: кар'єр, рослинність, пробні ділянки, озеленення.*

С.А. Яровой<sup>1</sup>, А.Г. Брен<sup>1</sup>, Т.А. Яровая<sup>1</sup>, Н.Н. Барабоха<sup>2</sup>, А.П. Барабоха<sup>2</sup>, О.А. Вовк<sup>2</sup>  
**ФИТОРАЗНООБРАЗИЕ ЖЕЛТОКАМЕНСКОГО КАРЬЕРА**  
*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Б. Хмельницького<sup>1</sup>  
Приазовський національний природний парк<sup>2</sup>*

Приведены сведения о флористическом составе почвенных водорослей, лишайников, мхов и сосудистых растений. Выявлены раритетные виды растений, которые охраняются на государственном, европейском и международном уровнях. Приводится список видов деревьев и кустарников. Проведен анализ почвы по показателям: рН-среды, содержание гигроскопической воды, содержание минеральных веществ. Определена биомасса растительности на пробных площадках карьера. По видовому составу выявленных видов почвенных водорослей проведен экологический анализ местообитания. Также проведен экологический анализ биотопа по выявленным видам сосудистых растений.

В результате выполненных работ дана оценка дальнейшего развития растительного покрова при естественном восстановлении карьера. С учетом эколого-морфологических характеристик подобраны виды растений для фиторекультивации и озеленения карьера.

*Ключевые слова: карьер, растительность, пробные площадки, озеленение.*

S.A. Yarovyi<sup>1</sup>, A.G. Bren<sup>1</sup>, T.A. Yarova<sup>1</sup>, N.N. Baraboha<sup>2</sup>, A.P. Baraboha<sup>2</sup>, O.A. Vovk<sup>2</sup>  
**PLANT DIVERSITY OF THE ZHELTOKAMENSKIY OPEN CAST MINES**  
*Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University<sup>1</sup>  
Pryazovskiyy National Natural Park<sup>2</sup>*

Floristic structure data of soil algae, lichens, mosses, and vascular plants are given. Rare plant species which are protected at the Ukrainian, European, and International levels were revealed. The species list of trees and bushes was conducted. The soil analysis was carried out by such parameters: pH-value, the maintenance of hygroscopic water, the maintenance of mineral substances. Vegetation biomass on the open cast mines sample areas is defined. Ecological analysis of the biotopes of



registered algae species was performed. The ecological analysis of the vascular plants species biotopes was carried out.

The estimation of the perspective vegetation pattern was suggested for natural restoration of the open cast mines. The plant species are selected according to the ecological and morphological characteristics for plant rehabilitation and planting of open cast mines.

*Keywords: open cast mines, vegetation, sample plots, rehabilitation.*

Горнодобывающая промышленность является одним из основных поставщиком сырья для изготовления готовой продукции. Как правило, эта продукция идет для улучшения и развития благ человечества, которое с каждым поколением развивает свой научно-технический потенциал и рациональней относится к природным ресурсам и окружающей среде.

К одним из таких объектов горнодобывающей промышленности относится Желтокаменский карьер, расположенный в центральной части Днепропетровской области, в Апостоловском районе между селами Желтое и Красная колонна. Центр карьера находится в точке с координатами СШ 47° 47' 50" ВД 33° 49' 43". С юго-восточной стороны карьера протекает река Желтенькая. В 3-х километрах на юг от карьера находится железнодорожная станция Желтокаменка, находящаяся на магистрали Кривой Рог-Апостолово-Днепропетровск. Добыча известняка и глины началась еще в 50-х годах прошлого столетия. На сегодняшний день вскрытая часть карьера составляет 82 га. Отработано примерно 40% месторождения. Полезное ископаемое перекрывается пластом суглинков, который является вскрышной породой и применяется при горнотехнической рекультивации. Карьер окружен со всех сторон пахотными фермерскими полями. Земли, отводимые под разработку карьера, изымаются у фермеров. Направление рекультивации – восстановление земли под пахотные угодья.

Исследования проводились в отработанной части карьера, которая в дальнейшем будет рекультивирована под пахотные земли и включает целинный участок (окраина карьера), склон к первому отвалу, равнинный отвал, плавно переходящий в более старый отвал, склон ко дну отработанного карьера, дно отработанного карьера и свежий двухнедельный отвал (рис. 1, 2).

*Цель исследования:* выполнить анализ экологического состояния биотопа при естественном восстановлении растительного покрова Желтокаменского карьера с целью его фиторекультивации и озеленения.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить такие задания:

- определить пробные площадки на территории карьера;
- провести отбор почвенных проб;
- выявить общее количество видов растений;
- выявить редкие виды растений для флоры Украины;
- выявить видовой состав почвенных водорослей на пробных площадках;
- провести анализ рН-среды почвы;
- провести анализ содержания гигроскопической воды в почве;
- провести анализ содержания минеральных веществ в почве;
- определить биомассу растительности на пробных площадках;
- провести оценку экологического пространства местообитаний карьера;
- сделать экологический анализ карьера по выявленным видам водорослей;
- сделать подбор ассортимента травянистых растений для фиторекультивации;

- сделать подбор ассортимента древесных растений для озеленения;

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были использованы методы пробных мониторинговых площадок размером 10x10 м, которые располагались на целинном участке, склоне к первому отвалу, на первом 2-х годичном отвале, втором 4-х годичном отвале, склоне ко дну отработанного карьера, на дне отработанного карьера и на 2-х недельном отвале. Таким образом, исследования проводились на семи пробных стационарных площадках, которые полностью охватывали все процессы изменения и развития растительности отработанной части карьера.



Рис. 1. Панорама Желтокаменского карьера (вид сверху с целинного участка в сторону отработанного дна карьера). Здесь и далее цифрами отмечены пробные площадки: 1 – целинный участок, 2 – склон к первому отвалу, 3 – первый отвал, 4 – второй отвал, 5 – склон ко дну отработанного карьера, 6 – дно отработанного карьера, 7 – двухнедельный отвал.



Рис. 2. Смоделированный профиль исследований Желтокаменского карьера с нанесенными пробными площадками.

Видовой состав высших растений, лишайников и мхов определяли по определителям (Добрачаева, Котов, Прокудин и др., 1987; Пчелкин, Боголюбов, 1997; Бязров, 2002; Голубкова, 1988). Подсчет биомассы, продукции и проективное покрытие проводили по математическим и статистическим методам в ботанике и геоботанике (Шмидт 1984; Василевич 1969). Отбор почвенных альгологических проб проводили по общепринятой в альгологии методике (Голлербах, Штина, 1969). Для выявления видов почвенных водорослей использовали культуральные методы: метод почвенных культур, почвенно-водных культур, агаровых культур и чистых культур, а



также методы световой микроскопии - микроскоп MICROmed XS-5520 с фотонасадкой Canon Power Shot SX110 IS (Костіков та ін., 2001).

Оценку экологического пространства местообитаний проводили по экологической шкале Д.Н. Цыганова (1983), так как она по сравнению с другими известными экологическими шкалами Л.Г.Раменского (Раменский и др., 1956), Г. Эллленберга (Ellenberg, 1974, 1996) и Э. Ландольта (Landolt, 1977) имеет наибольшее число шкал и градаций. Согласно этой шкале, выявленные растения отображали экологическое состояние местности по таким признакам: увлажнение почв, богатство почв азотом, трофность почв (богатство засоления почв), кислотность почв, степень гранулированности почв, переменность увлажнения почв, пастбищная дигрессия почв, аллювиальность почв, освещенность/затенение, континентальность и аридность/гумидность климата, криоклиматический и термоклиматический признак.

Экологический анализ выявленных видов почвенных водорослей проводили по видам-индикаторам окружающей среды (Барина и др., 2006). Показатели pH почвы определяли в полевых условиях портативным почвенным pH-метром ZD-05-06 с точностью до 0,1 единицы величины pH. Содержание гигроскопической воды и минеральных веществ в почве проводили по методике Е.В. Аринушкиной (Аринушкина, 1970), биомассу растительности определяли весовым методом на лабораторных электронных весах «AXIS BTU 210». Координаты каждой пробной площадки определяли GPS-навигатором (Garmin GPS 12 MAP). На территории наших исследований проводили трансекту от целинного участка к 2-х недельному отвалу. По этой трансекте были расположены пробные стационарные площадки с отмеченными GPS-координатами. На пробных площадках проводились все необходимые исследования. Нами было описано семь пробных площадок, на которых проводился отбор почвенных проб.

1-я пробная площадка N 47°47'206", E 33°49'583" - представляет собою целинный степной участок, находящийся рядом с карьером. Горизонт плодородного слоя почвы (чернозем) составляет 16 - 18 см.

2-я пробная площадка N 47°47'196", E 33°49'548" – склон карьера к первому 2-х годовичному отвалу

3-я пробная площадка N 47°47'208", E 33°49'537" – 2-х годовичный отвал

4-я пробная площадка N 47°47'211", E 33°49'495" – 4-х годовичный отвал

5-я пробная площадка N 47°47'210", E 33°49'480" – склон ко дну карьера

6-я пробная площадка N 47°47'198", E 33°49'463" – дно отработанного карьера

7-я пробная площадка – 2-х недельный отвал, высшая растительность отсутствует (эта проба необходима для сравнения данных с целью динамики развития различных групп растений на разных этапах сукцессионного развития).

Рекомендуемые виды растений для фиторекультивации и озеленения карьера подбирались с учетом эколого-морфологических характеристик каждого вида (Цыганова, 1983; Раменский, 1956; Колесников, 1974; Калиниченко, 2003). Был выполнен ретроспективный анализ апробированности видов на подобных деградированных территориях (Панков и др., 1991; Трещевский, 1978; Ивлев, Дербенцева, 2002; Коваленко и др., 2008; Сметанин, 2000; Башкатов, 2002; Жуков, 2008).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования Желтокаменского карьера было выявлено 107 видов растений. Из них 26 видов почвенных водорослей, 4 вида – лишайника, 1-мох, 76 видов

сосудистых растений, из которых в состав дендрофлоры входят 14 видов деревьев и кустарников. Анализ флоры Желтокаменского карьера проводили на пробных стационарных площадках по видовому составу водорослей, так как они чутко реагируют на состояние окружающей среды, и по представителям высших растений (эдификаторам).

#### *Альгологический анализ*

Альгологический анализ проб показал неравномерное распределение видов водорослей, а также их биомассы на 7-ми пробных площадках.

На целинном участке были обнаружены только синезеленые водоросли трихальной структуры тела. Они массово развивались в культуре и образовывали пленочные разрастания на поверхности агара. Видовой состав водорослей данной пробы отображает степной ненарушенный фитоценоз. Присутствие таких видов как *Microcoleus chthonoplastes* (Fl. Dan.) Thuret, *Lyngbya aestuarii* (Mertens) Liebmann, *Leptolyngbya tenuis* (Gomont) Anagnostidis et Komárek, говорит о небольшом засолении почвы. Представители других отделов водорослей отсутствовали. Особого внимания заслуживает *Nostoc edaphicum* Kondratyeva, который в отличие от других выявленных видов водорослей, способен фиксировать атмосферный азот и насыщать им почву.

Обедненный видовой состав водорослей оказался в пробах, отобранных на отвалах и склонах карьера (2-4 года). Несмотря на то, что биомасса высшей растительности на этом участке карьера представлена обильно, биомасса водорослей в культурах оказалась незначительной. Это говорит о недавней начатой рекультивации, и том, что восстановление растительного покрова проходит естественным путем. Тут также доминируют синезеленые водоросли с трихальной структурой тела, однако, в отличие от целинного участка, уже появляются представители зеленых водорослей *Chlorosarcinopsis* sp. Это объясняется наличием древесно-кустарниковой растительности и неравномерным влиянием абиотических факторов. Наличие таких азотфиксирующих водорослей как *Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault, *Nostoc commune* Vaucher sensu Elenkin, *Nostoc edaphicum* Kondratyeva, говорит о том, что процессы азотонакопления в почве проходят интенсивно и создают благоприятную среду для развития высшей растительности. Тем более что *Nostoc commune* Vaucher отмечался невооруженным глазом, массово, на поверхности почвы в виде таломных пленочных шкурок черно-коричневого цвета.

Наиболее богатой в видовом отношении оказалась альгфлора отработанного дна карьера. После 18-ти летнего естественного восстановления растительности, тут появляются виды водорослей, которые встречаются в основном в лесных фитоценозах. Это объясняется обильным развитием древесно-кустарниковой растительности. Растительность этого участка можно условно отнести к интразональной группе. Представители всех 4-х отделов: *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Xantophyta*, *Bacillariophyta* в лабораторных условиях обильно развивались на поверхности агара в виде пленочного разрастания.

На 2-х недельном отвале после 45-дневного проращивания культур водорослей не обнаружено, однако в чашках Петри удалось зарегистрировать массовое развитие микроскопических представителей.

Экологический анализ водорослей показал: температурную приуроченность - умеренные и/или индифферентные, группа индикаторов по Ватанабе - эврисапробы, зона самоочищения по Пантле-Буку в модификации Сладечека - олиго-ксено-альфа-



бета-мезосапробионты, географическая приуроченность – космополиты, ацидофильность - индифферент и/или нейтрофил, галобность - олигогалоб-индифферент.

В определении экологического состояния окружающей среды огромную роль играют симбиотические фотоавтотрофные организмы – лишайники. Многие из них являются индикаторами загрязнения биотопа и получили широкое применение в странах Западной Европы. Однако лишенофлора отработанного Желтокаменского карьера представлена всего 4-мя видами: *Caloplaca decipiens*, *Lecanora muralis*, *Physcea stellaris*, *Xanthoria parietina*, которые встречаются повсеместно и не относятся к рангу видов-индикаторов. Обедненный видовой состав лишенофлоры обусловлен недавней промышленной деятельностью отработанного карьера. Все 4 вида были отмечены на дне отработанного карьера, где уже 18 лет не ведется добыча сырья.

Основой растительного покрова (эдикаторами склонов, отвалов и дна карьера) выступают высшие растения. Флора высших растений Желтокаменского карьера насчитывает 76 видов. В состав рудеральной растительности карьера входят 68% выявленных видов растений, которые по экологии произрастания являются аллохтонными, эвритопными и на первых этапах восстановления карьера играют ведущую роль в повышении плодородия почвы. Нами были отмечены и раритетные виды растений: астрагал Геннинга *Astragalus henningii* (Steven) Boriss., ковыль волосатик *Stipa capillata* L., миндаль низкий *Amygdalus nana* L.

*Astragalus henningii* был отмечен одиночными находками на целинном участке возле карьера. Вид занесен в Европейский красный список растений (ЕКС), в красный список МООП (Международное общество охраны природы) и Красную книгу Украины. *Stipa capillata* был массово отмечен на целинном участке, а также в виде одиночных растений на 4-х годичном отвале карьера. Вид занесен в Красную книгу Украины. Находки этого вида на отвале карьера говорят о благоприятных экологических условиях развития растительности. *Amygdalus nana* (*Prunus tenella* Batsch) образовывал заросли на целинном участке, сообщество занесено в Зеленую книгу Украины.

Показатели видовой состава растительности, а также доминирующие виды, проективное покрытие и биомасса на разных пробных стационарных площадках (№1-№7) были неодинаковы.

На целинном участке (пробная площадка №1) нами отмечены виды растений, которые входят в сообщество эталонной степной растительности. Видовой состав представлен автохтонными видами: *Festuca valesiaca* Gaudin, *Stipa capillata*, *Amygdalus nana*, *Astragalus henningii*, *Galatella villosa* (L.) Rchb., *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvel. *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh. Другие виды растений являлись заносными и встречались достаточно редко. Проективное покрытие растительности составляет 86%, биомасса - 635,25 г/м<sup>2</sup>, горизонт чернозема под растительностью – 18см., толщина гумусового слоя -1,5-2 мм.

Вторая пробная площадка (№2) находилась на склоне к первому отвалу карьера. Крутизна склона составляла 26 - 40°. Растительный покров характеризуется мозаичностью и представляет собою группу заносных адвентивных видов растений. На некоторых склоновых участках растительность отсутствовала. К числу доминантов относятся: *Euphorbia agraria* M. Bieb., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Phlomis tuberosa* L., *Phlomis pungens* Willd., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Artemisia absinthium* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Также отмечена древесно-кустарниковая растительность: *Elaeagnus*

*angustifolia* L. (высота - 3 м.), *Pyrus communis* L. (1,5 м.), *Robinia pseudoacacia* L. (6 м.). Под пологом древесно-кустарниковой растительности отмечены заросли *Galium aparine* L. Были выявлены одиночные экземпляры типично степного вида *Festuca valesiaca* Gaud. Проективное покрытие растительности составляет 58%, биомасса - 422,43 г/м<sup>2</sup>, горизонт чернозёма под растительностью отсутствует, толщина гумусового слоя 0-0,5 мм.

Первый отвал (пробная площадка №3) представлен рудеральной растительностью с незначительным проективным покрытием (60%). Доминирующими видами растений (эдификаторами) являются: *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Elytrigia repens* (L.) Nevski. *Vicia cracca* L., *Anthemis cotula* L. *Medicago lupulina* L. Между разреженной высшей растительностью отмечено массовое разрастание синезеленой водоросли *Nostoc commune*, в виде черных сморщенных пленок на поверхности почвы. Древесно-кустарниковая растительность представлена одиночными экземплярами: *Rhamnus cathartica* L. (1,5 м.), *Elaeagnus angustifolia* (1-2 м.). Биомасса растительного покрова - 659 г/м<sup>2</sup>, горизонт чернозема под растительностью отсутствует, толщина гумусового слоя 1-2 мм.

Растительность второго отвала (пробная площадка №4) представлена сплошными зарослями заносных адвентивных видов: *Elytrigia repens*, *Phragmites australis* (Cav.) *Artemisia austriaca* Jacq., *Artemisia santonica* L. *Seseli tortuosum* L., *Ballota nigra* L. *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Lactuca serriola* L., *Rumex confertus* Willd., *Grindelia squarrosa* (Pursh) Dunal, *Medicago lupulina* L., *Melilotus albus* Medik., *Vicia cracca* L. Древесно-кустарниковая растительность представлена незначительными зарослями *Elaeagnus angustifolia* (до 3 м), одиночными растениями *Rhamnus cathartica* (до 1,5 м) и *Ulmus pumila* L. (0,5-1,5 м). Также среди растительного покрова были отмечены малочисленные экземпляры семенного природного возобновления *Stipa capillata* (Красная книга Украины). Вероятно, вид занесен с территории целинного участка и неплохо прижился на 4-х годичном отвале. Проективное покрытие растительности отвала составляет 95%, биомасса - 741,68 г/м<sup>2</sup>, горизонт чернозема под растительностью отсутствует, толщина гумусового слоя 2-5 мм.

Растительный покров склона ко дну карьера (пробная площадка №5) также представлен рудеральной растительностью, но тут отмечены виды, которые ранее не встречались: *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Lathyrus tuberosus* L. Древесно-кустарниковая растительность представлена: *Populus nigra* L. (14 м), *Rhamnus cathartica* (1,5-2 м), *Armeniaca vulgaris* Lam. (3 м). В растительном покрове преобладали такие виды: *Euphorbia agraria*, *Phlomis pungens*, *Medicago lupulina*, *Anthemis cotula*, *Melilotus albus*. Из-за большой крутизны склона (45°), происходит вымывание растительности вместе с поверхностным слоем почвы, поэтому некоторые участки склона лишены высшей растительности. Проективное покрытие растительности склона составляет 75%, биомасса - 595,5 г/м<sup>2</sup>, горизонт чернозема под растительностью отсутствует, толщина гумусового слоя - до 2 мм.

Самой старой частью отработанного карьера является его дно (пробная площадка № 6). Здесь преобладает древесная растительность, которая формирует молодой лесной фитоценоз высотой до 16 м, при диаметре ствола до 20 см. В состав древостоя входят такие виды деревьев: *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Salix triandra* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Rhamnus cathartica* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Acer negundo* L., *Armeniaca vulgaris* Lam., *Pyrus communis* L., *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus pumila* L. Отмечено два вида кустарников: *Cotinus coggygria* Scop., *Rosa canina* L.



На открытых участках отмечено массовое порослевое залеснение дна карьера. Среди травянистой растительности выявлены виды, которые ранее не встречались: *Linaria vulgaris* Mill., *Teucrium polium* L. *Tragopogon dubius* Scop., *Taraxacum officinale* Wigg. aggr., *Tussilago farfara* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.

Проективное покрытие растительности составляет 100%. Основным эдификатором растительного покрова является *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Также на некоторых участках отмечены заросли *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. и одиночные дернины *Festuca valesiaca*. Биомасса – 768 г/м<sup>2</sup>, горизонт чернозема под растительностью отсутствует, толщина гумусового слоя 3-7мм.

На 2-х недельном отвале (пробная площадка №7) растений не обнаружено.

Сравнение разных типов местообитаний возможно на основе сопоставления их экологического пространства. Под экологическим пространством мы понимаем диапазоны экологических факторов, определяющих специфику экологических режимов местообитаний Желтокаменского карьера.

Наиболее простым и удобным способом оценки экологического пространства местообитаний является обработка геоботанических описаний по индикационным экологическим шкалам, содержащим балловые оценки экологических свойств видов по различным факторам среды. Экологические шкалы позволяют осуществлять прямую ординацию геоботанических описаний по факторам среды. Согласно флористическому разнообразию выявленных видов сосудистых растений, территория Желтокаменского карьера характеризуется по следующим показателям:

**ТМ** – термоклиматические параметры среды произрастания

Экологическая группа: *эунеморальная - термонеморальная*

**КН** - континентальность климата

Экологическая группа: *материковая 2-я - полуконтинентальная*

**ОМ** – аридность и гумидность климата

Экологическая группа: *субаридная 2-я*

**СР** – криоклиматические параметры среды

Экологическая группа: *субкриотермная 2-я/гемикриотермная 1-я*

**НД** - увлажнения почв

Экологическая группа: *сублесолуговая*

**ТР** - трофности почв

Экологическая группа: *гликосубэвтрофная*

**НТ** - богатства почв азотом

Экологическая группа: *субнитрофильная 1-я*

**РС** - кислотности почв

Экологическая группа: *субацидофильная 2-я*

**ЛС** – освещенность и затенение

Экологическая группа: *кустарниковая*

**ФН** - переменность увлажнения почв

Экологическая группа: *субконтрастофильная 1-я*

Анализ почвы проводили по 3 основным показателям: рН-среды, содержание минеральных веществ, содержание гигроскопической воды.

Анализ рН-среды почв Желтокаменского карьера показал, что естественное восстановление растительного покрова проходит в нейтральной среде (рН 6,5–7,0). Максимальное значение рН-среды (7,0) было на 2-х годичном отвале, а минимальное (6,6) - на дне отработанного карьера. Целинный участок и 2-х недельный отработанный



отвал имели равнозначные показатели рН-среды (6,9), что свидетельствует о возможности беспрепятственного обрастания свежих отвалов карьера низшими, а в дальнейшем и высшими растениями (рис. 3).

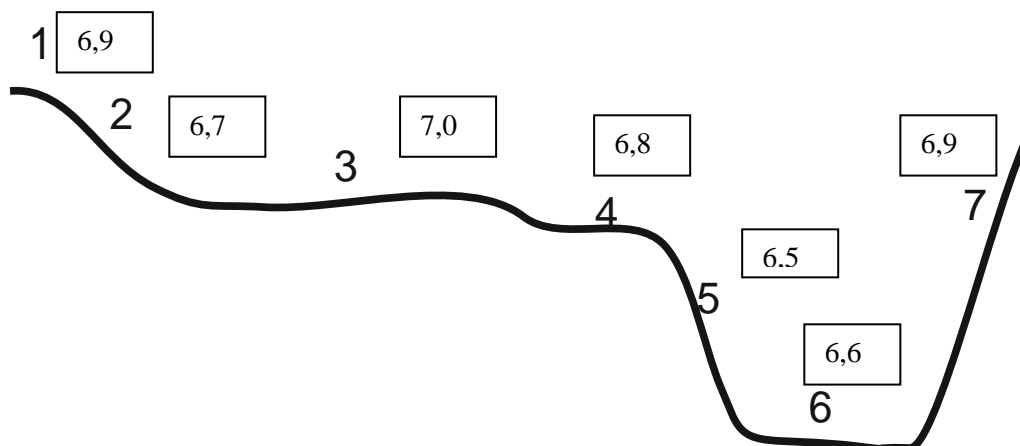


Рис. 3. рН почвы на пробных площадках.

Содержание минеральных веществ в почве колебалось в диапазоне от 37,95% (склон ко дну отработанного карьера) до 69,11% (2-х недельный отвал). Наименьшее количество минеральных веществ на склоне ко дну отработанного карьера можно объяснить наибольшей крутизной склона, при которой идет интенсивное их вымывание. На целинном участке содержание минеральных веществ в почве составляет 51,04%. Так как целинный участок в наших исследованиях является эталонным, такой показатель содержания минеральных веществ можно считать нормой (рис. 4).

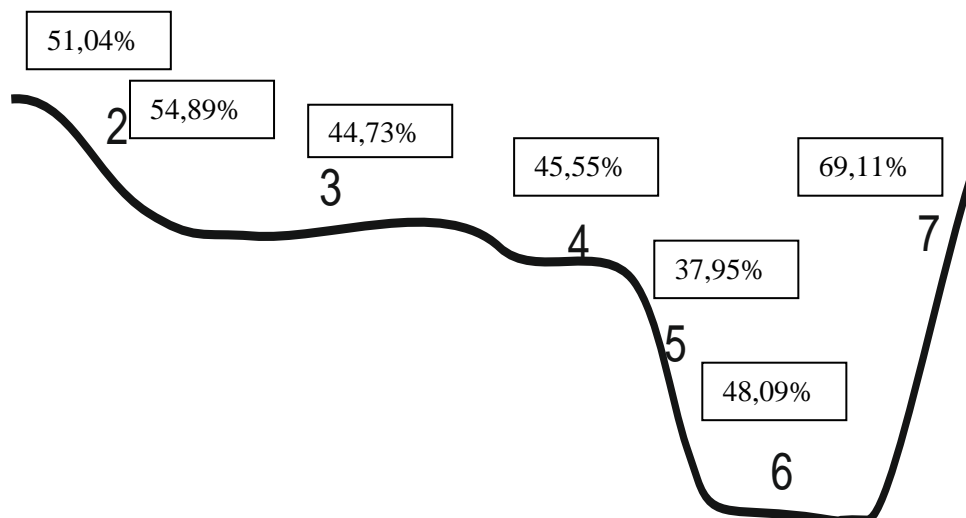


Рис. 4. Содержание минеральных веществ в почве на пробных площадках (%).

Содержание гигроскопической воды в почве колебалась в пределах от 7,54% до 17,82%. Как оказалось, наибольшее ее содержание было в почве на дне отработанного карьера, а наименьшее - на 2-х годичном отвале. Показатели влаги в почве 2-х

недельного отвала составляют 8,95%, это объясняется тем, что 2-х недельный отвал состоит из недавно отобранных суглинков и вскрышных пород с определенного горизонта, где еще сохранялась природная влага. На целинном участке содержание воды в почве находилось на 3-м месте по возрастанию после 2-х годичного и 2-х недельного отвалов, и составляло 10,13%. Это объясняется типично степным типом ландшафтов и высотным расположением - по сравнению с другими пробными площадками, целинный участок расположен выше (рис. 5).

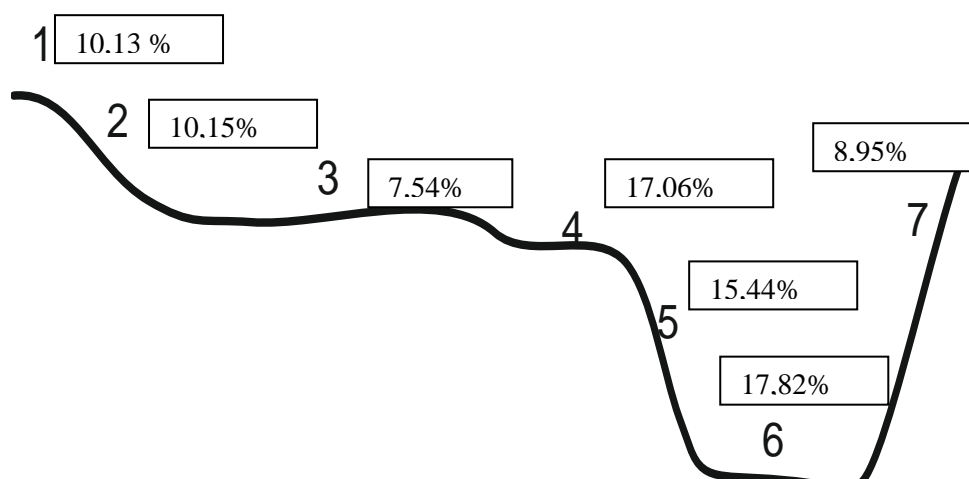


Рис. 5. Содержание гигроскопической воды в почве на пробных площадках (%).

Показатели биомассы растительности по разным пробным площадкам составляют 422,43 - 768 г/м<sup>2</sup>. Наименьшие ее показатели отмечены на склонах карьера (пробная площадка №2, №5), а наибольшие на дне отработанного карьера. Отвалы карьера также имели значительные показатели биомассы 659-741,68 г/м<sup>2</sup> и превышали биомассу целинного участка (635,25 г/м<sup>2</sup>). Это объясняется тем, что на отвалах преобладает рудеральная растительность с большими морфометрическими показателями, виды которой в совокупности дают большую биомассу и продукцию (*Grindelia squarrosa*, *Medicago lupulina*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia santonica*, *Melilotus albus*, *Phragmites australis*) (рис. 6).

В результате исследования и анализа всех полученных данных для Желтокаменского карьера, было установлено, что естественное восстановление растительного покрова начинается после 2-х месяцев после окончания добывающей деятельности. Первыми колонизаторами безжизненных субстратов выступают синезеленые водоросли из родов *Leptolyngbya*, *Phormidium*, *Lyngbya*, *Nostoc*, *Pseudophormidium*. Развитие водорослей может продолжаться и в холодные месяцы года. Они готовят первичный плодородный слой почвы для высшей растительности.

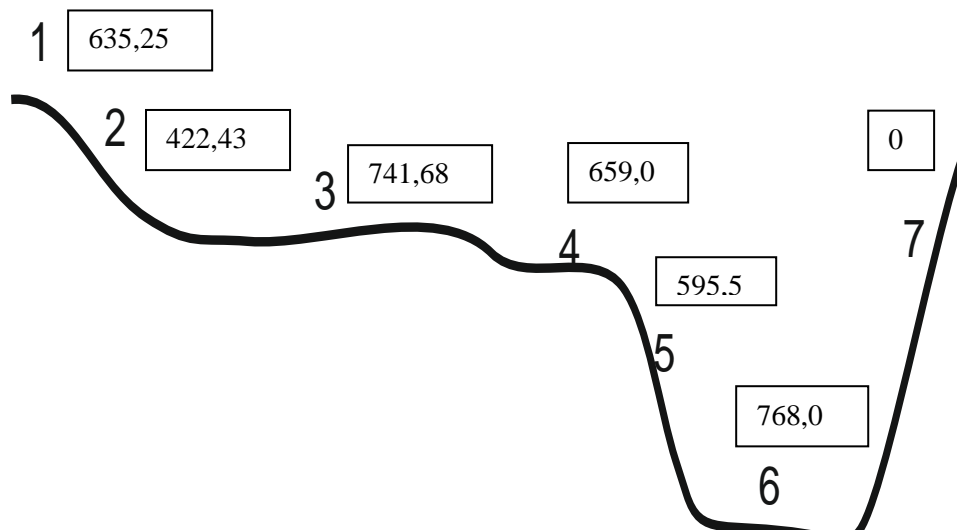


Рис. 6. Биомасса растительности по пробным площадкам (г/м<sup>2</sup>).

После 6-8 месяцев появляется первая рудеральная растительность с незначительным проективным покрытием (10-20%) и биомассой до 200 г/м<sup>2</sup>. На второй год к концу вегетационного периода (сентябрь-октябрь) эти показатели составят 30-40% и 350 г/м<sup>2</sup> соответственно. На третий год (конец вегетационного периода) появляется древесно-кустарниковая растительность. Через 10 – 12 лет идет интенсивное залеснение территории отработанного карьера, рудеральная растительность сменяется лугово-степной, а по мере залеснения - лугово-болотной и лесной.

Для данного карьера, с целью ускоренной фиторекультивации, нами был осуществлен подбор ассортимента высших растений. Предлагаемый ассортимент насчитывает 37 видов травянистых и 29 видов древесных растений. Данные виды растений неоднократно проходили фиторекультивационную апробацию на шахтных отвалах, карьерах и техногенных зонах, как на территории Украины, так и за ее пределами. Основными фиторекультивантами являются: *Melilotus albus* Medikus, *Melilotus officinalis* (L.) Lam., *Onobrychis arenaria* (Kit.) DC., *Medicago falcata* L., *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L., *Bromopsis inermis* (Leys) Holub., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Acer tataricum* L., *Betula pendula* Roth., *Caragana arborescens* Lam., *Pinus pallasiana* D. Don., *Populus nigra* L.

Для эффективной фитомелиорации и озеленения карьера нужно использовать травосмесь и высевать на склоновых участках карьера дернинные травы. Параллельно с высевом травосмесей через 14-18 м необходимо высаживать подобранный ассортимент деревьев и кустарников.

### ВЫВОДЫ

Полученные данные исследования растительности Желтокаменского карьера подтверждают благоприятные экологические условия для природного восстановления растительного покрова. Доказано, что для озеленения не требуются затраты, связанные с нанесением плодородного слоя. Для фиторекультивации и озеленения карьера нами были подобраны виды растений, имеющие широкие экологические условия произрастания.



По современному состоянию развития растительности карьера можно предположить, что, при отсутствии вмешательства в природные процессы, уже 20 лет можно увидеть молодой лесной массив, так как начало залеснения карьера наблюдается на третий год.

На данном этапе природного восстановления карьера отмечено интенсивное порослевое залеснение *Populus nigra*. Прогнозируя развитие растительного покрова, можно предположить дальнейшее увеличение биологического разнообразия и восстановление равновесного состояния экосистемы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: изд-во МУ, 1970. – 488 с.
- Барина С.С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С.С. Барина, Л.А. Медведева, О.В. Анисимова. – Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
- Башкатов В.Г. Рекомендации по формированию мелиоративного растительного покрова на отвалах угольных шахт Донбасса / В.Г. Башкатов, О.Н. Торохова, С.П. Жуков. – Донецк: 2002. – 35 с.
- Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге / Л.Г. Бязров. – М.: Науч. мир, 2002. – 336 с.
- Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике / В.И. Василевич. – Л.: Наука, 1969. – 232 с.
- Голлербах М.М. Почвенные водоросли / М.М. Голлербах, Э.А. Штина. – Л.: Наука, 1969. – 228 с.
- Добрачаева Д.Н. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Добрачаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 548 с.
- Жуков С.П. Изменение структуры фитоценозов шахтного отвала за 10 лет // Відновлення порушених природних екосистем: матер. III міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 7–9 жовтня 2008 р.) / С.П. Жуков. – Донецьк: 2008. – С. 202–205.
- Ивлев А.М. Основы учения о биосфере / А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева. – Владивосток: Издательство ДВГУ, 2002. – 109 с.
- Калиниченко О.А. Декоративна дендрологія / О.А. Калиниченко. – К.: Вища школа, 2003. – 199 с.
- Коваленко В.С. Рекультивация нарушенных земель на карьерах / В.С. Коваленко, Т.В. Голик. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 66 с.
- Колесников А.И. Декоративная дендрология, – М: Лесная промышленность 1974, 704 с.
- Костіков І.Ю., Романенко П.О., Демченко Є.М. та ін. Водорості ґрунтів України (Історія й методи дослідження, система, конспект флори) / І.Ю. Костіков, П.О. Романенко, Є.М. Демченко та ін. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 300 с.
- Панков Я. В. Лесная рекультивация нарушенных земель / Я. В. Панков и др. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991. – 184 с.
- Пчелкин А. В., Боголюбов А. С. Методы лишеноиндикации загрязненной окружающей среды / А. В. Пчелкин, А. С. Боголюбов. – М.: Экосистема, 1997. – 25 с.
- Раменский Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, Л.Г. Цаценкин, О.Н. Чижиков, Н.А. Антипин. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.

- Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. – М. Колос, 2000. – 96 с.
- Трещевский И.В. Лесоразведение в долинах рек засушливых районов Волго-Донского бассейна/И. В. Трещевский / – 1966. – 37 с.
- Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: 1983. – 197 с.
- Червона книга України. Рослинний світ/ [за редакцією Я.П. Дідуха] – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
- Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1984. – 288 с.
- Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen: Goltze. 1974. 97 s.
- Ellenberg H. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. - Stuttgart: Ulmer 1996. – 1096 s.
- Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora / E. Landolt // Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. – 1977. – H. 64. – S. 1-208.

#### REFERENCES

- Arinushkina, E.V. (1970). *Manual of the Soil Chemical Analysis*. Moscow: Moscow University.
- Barinova, S. S., Mevedeva, L. A., & Anisimova, O.V. (2006). *Biodiversity of Algae Indicators*. Tel-Aviv: Pilies Studio.
- Bashkatov, V. G., Tohorova, O. N., & Zhukov, S. P. (2002). *Recommendations for Meliorative Gardening on Spoil Tips of Coal Chambers in Donbass*. Donetsk.
- Byazrov, L.G. (2002). *Lichens in Ecological Monitoring*. Moscow: Nauchnyi Mir.
- Gollerbach, M.M., & Shtina, Ye.A. (1969). *Soil Algae*. Leningrad: Nauka.
- Didukh, Ya.P. (Ed.) (2009). *Red Book of Ukraine. Plants*. Kiev: Globalconsulting.
- Dobrotchaeva, D.N., Kotov, M.I., & Prokudin, Yu.N. (1987). *Key to Higher Plants of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka.
- Ellenberg, H. (1974). *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas*. Gottingen: Goltze.
- Ellenberg, H. (1996). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Stuttgart: Ulmer.
- Ivlev, A.M., & Debrentseva, A.M. (2002). *Doctrine Bases of Biosphere*. Vladivostok: Vladivostok University Press.
- Kalinitchenko, O.A. (2003). *Decorative Dendrology*. Kiev: Vyscha Shkola.
- Kovalenko, V.S., & Golik, T.V. (2008). *Recultivation of the Spoiled Lands in Quarries*. Moscow: Moscow University Press.





- Kolesnikov, A.I. (1974). *Decorative Dendrology*. Moscow: Lesnaya Promyshlennost.
- Kostikov, I.Yu., Romanenko, P.O., & Demchenko, Ye.M. (2001). *Soil Algae of Ukraine (History and Methods of Research, Systematics, Flora Conspectus)*. Kiev: Fitosotsiotsentr.
- Landolt, E. (1977). *Okologische Zeigerwerts zur Schweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich*.
- Pankov, Ya. V. (1991). *Forest Recultivation of the Spoiled Lands*. Voronezh: Voronezh State University.
- Pchelkin, A.V., & Bogolubov, A.S. (1997). *Methods of the Licheindication of the Environmental Pollution*. Moscow: Ecosistema.
- Ramenskiyi, L.G., Tsatsenkin, L.G., Chizhikov, O.N., & Antipin, N.A. (1956). *Ecological Estimation of the Fodder Lands by the Vegetation Cover*. Moscow: Selhoozgid.
- Smetanin, V.I. (2000). *Recultivation and Arrangement of the Broken Lands*. Moscow: Kolos.
- Treschevsky, I.V. (1966). *Forestry in River Valleys of Arid Areas of Volga-Don Pool*. Moscow.
- Tsyganov, D.N. (1983). *Phytoindication of the Ecological Regimes in the Subzone of Pine and Broadleafforests*. Moscow.
- Shmidt, V.M. (1984). *Mathematical Methods in Botany*. Leningrad: Leningrad University.
- Vasilevitch, V.I. (1969). *Statistical Methods in Geobotany*. Leningrad: Nauka.
- Zhukov, S.P. (2008). *Structural Changes of the Chambers Spoil Tip Phytocenosis: 10 years of study. Waisted Nature Ecosystem Rehabilitation*. Proc. III Int. Sc. Conf. Donetsk.