

А.З. Глухов, А.И. Хархота, И.В. Агурова, С.И. Прохорова

О ПРИМЕНЕНИИ ПОПУЛЯЦИОННЫХ БИОМАРКЕРОВ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В МОНИТОРИНГЕ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

популяция, отвал угольной шахты, фиторекультивация, структура, *Gypsophila scorzonerifolia* Ser.

Введение

Ускоренные темпы развития современного техногенеза оказывают глубокое воздействие на природные ландшафты. С каждым годом антропогенная нагрузка на окружающую среду увеличивается. Так, только в Донецкой области сосредоточено 1/5 часть промышленного потенциала Украины, основу которого составляет горно-металлургический комплекс [5]. Территория Донбасса находится под значительным антропогенным прессом, вследствие чего первичные ландшафты или сильно изменены, либо заменены антропогенными, карбонатными или сернисто-кислыми ландшафтами, которые интенсивно накапливают загрязняющие вещества [8]. Природные ландшафты сохранились лишь на 12 – 13 % территории Донбасса [12].

Среди техногенных экосистем в Донбассе лидерами являются предприятия угольной промышленности. При шахтной добыче угля создаются конусообразные отвалы (териконники) из породы, частиц угля и шлака, при этом происходит отторжение больших площадей плодородных земель [3]. В населённых пунктах, кроме ухудшения санитарно-гигиенических условий местности, они представляют угрозу для здоровья человека. Большинство отвалов горят, выделяя в окружающую среду в высокой концентрации сероводород, углекислый и сернистый газы. Под породные отвалы и промышленные площади шахт занято около 25 тыс. га земли, с 1 м² териконников сдувается до 50 мг в сутки пыли [9]. На сегодняшний день в Донбассе озеленены около 100 отвалов, что составляет менее 10 % от их общего количества. Поэтому необходимость и важность рекультивации породных отвалов является очевидной. Фиторекультивация – один из наиболее дешевых и эффективных способов восстановления нарушенных промышленностью земель. Причем в условиях индустриального Донбасса, где имеющийся растительный покров явно недостаточен для регенерации образующейся здесь углекислоты, обогащения воздуха кислородом, поглощения вредных выбросов и т. п., фиторекультивация, кроме функции увеличения продуктивных земель, играет еще санирующую и фитокомпенсаторную роли.

Донбасс и Урал являются передовыми регионами по изучению процессов самозарастания техногенных земель, а также поиску способов их биологической рекультивации. В Донбассе этой проблемой занимался ряд ученых, в том числе и сотрудники Донецкого ботанического сада НАН Украины [6, 2, 12, 10, 14, 15]. Составлены инструкции и рекомендации по озеленению отвалов угольных шахт Донбасса, в которых приводятся списки перспективных для фиторекультивации видов [12, 13]. Однако комплексных мониторинговых исследований по формированию популяций видов-фитомелиорантов на рекультивируемых землях, оценке их состояния и прогнозированию их дальнейшего развития на сегодня нет.

Цели и задачи исследований

Цель работы – определить при помощи популяционных параметров видов-фитомелиорантов возможность оценивания успешности процесса фиторекультивации техногенных земель на примере отвалов угольных шахт в Донбассе.

Определение связей между факторами состояния среды и популяциями фитомелиорантов имеет три аспекта: 1) исследование параметров эдафотопов, на котором формируются популяции фитомелиорантов; 2) исследование стратегии (поведения) и реакции особей в популяциях, которые формируются; 3) функционально-структурные особенности популяций фитомелиорантов.

Главная задача – на модельных отвалах провести эксперимент по фиторекультивации эдафотопов отвалов угольных шахт. Для этого проведены следующие работы: а) подбор травянистых растений для фиторекультивации; б) закладка эксперимента; в) наземные визуальные наблюдения на постоянных и временных пробных площадях за популяциями фитомелиорантов; г) отбор ботанических проб (тесты); д) отбор проб субстратов.

Объекты и методы исследований

Нами проведен длительный (35 лет) популяционный мониторинг фиторекультивации, как система наблюдений и контроля за состоянием популяций модельных видов-фитомелиорантов в постоянных учетных пунктах на отвалах угольных шахт Донбасса.

Мониторинг осуществлялся в постоянных учетных пунктах: экотопы породных отвалов городской агломерации Донецк-Макеевка (шахта «6-14», «Кучерова», «Чулковка»). Учитывали такие основные параметры популяций: численность, возрастной состав, плотность, жизнённость, самоподдержание. Под жизнённостью (виталитетом) популяций подразумевается изначальная, неизменная и необратимая разнокачественность особей, отражающая их биологические свойства и перспективы развития; жизнеспособность же трактуется как интегральное свойство популяций, определяющее эффективность реализации функций их возобновления, расширения территории и сохранения эволюционных перспектив. Исходя из этого, основными признаками жизнённости популяций считаются: репродуктивная активность и семенная продуктивность, а также анатомо-морфологические признаки; к характерным признакам жизнеспособности популяций относят характер возрастного спектра, темпы развития особей; численность, пространственное размещение, семенное и вегетативное возобновление [4, 16].

Как перспективные фитомелиоранты нами были отобраны для опыта на отвалах угольных шахт Донбасса следующие травянистые растения: злаки – *Festuca valesiaca* Gaudin, *Agropyron pectinatum* (M.Bieb.) P.Beauv., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *B. riparia* (Rehman) Holub, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Leymus sabulosus* (M.Bieb.) Tzvelev; бобовые – *Onobrychis tanaitica* Spreng., *Medicago romanica* Prodan, *Trifolium ambiguum* M.Bieb., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *M. albus* Medik; другие таксономические группы – *Gypsophila scorzonifolia* Ser., *G. paulii* Klokov, *Alcea rugosa* Alef., *Securigera varia* (L.) Lassen, *Poterium polygamum* Waldst. et Kit, семена которых были высеяны весной 1975 г. на экспериментальных участках отвалов угольных шахт. При подборе видов растений для эксперимента учитывали установленные и апробированные ранее фитоэкологические принципы отбора фиторекультивантов из природной флоры и результаты их интродукционного изучения [15].

Для характеристики условий произрастания были определены основные агрохимические показатели субстрата в месте посева семян, а именно: рН, содержание сухого остатка и катионно-анионный состав. Исследования субстрата проводили общепринятыми в агрохимии методами: рН – потенциометрическим методом на рН-метре; сухой остаток – выпариванием, а затем высушиванием при 105°C; хлориды – аргентометрическим методом; бикарбонаты – титрованием с серной кислотой; сульфаты – весовым методом; катионы кальция и магния – комплексометрическим методом [1]. Популяции изучали на разных экспозициях отвалов, в качестве контроля были изучены фоновые популяции видов, растущие в спонтанных растительных сообществах вблизи отвалов. На всех отвалах было заложено по 10 стационарных площадок (1 м × 1 м), кроме того, регулярно проводили рекогносцировочные обследования. Для исследования морфологических параметров растений отбирали по 30 особей из каждой популяции. Статистическую обработку осуществляли по В.М. Шмидту [17].

Результаты исследований

Наиболее важными критериями пригодности субстрата для фиторекультивации, для роста растений на отвалах угольных шахт являются показатель рН субстрата, а также степень его засоленности и токсичности. В результате «старения» отвалов медленно проходит нейтрализация кислых соединений и вымывание растворимых солей из субстрата, что является позитивным фактором для существования растений. Но главное, что сами растения в процессе фиторекультивации (или самозаращения) изменяют субстрат в сторону увеличения показателей рН, уменьшения токсичных солей.

На примере отвала угольной шахты «6-14» показано изменение агрохимических показателей субстрата (табл.1). В 1975 г. условия субстрата были очень неблагоприятными для произрастания растений. Так, содержание солей – значительное, значение рН – очень низкое, засоление – сульфатное по анионам, кальциевое – по катионам. Исследования в 2008 г. показали, что значение рН субстрата значительно повышается, засоление становится незначительным.

Таблица 1. Изменение содержания водорастворимых веществ в породе отвала угольной шахты «6-14»

№ пробы*	рН	Сухой остаток, г/100 г	Анионы, %/мгэкв/100г			Катионы, %/мгэкв/100 г		
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
I	3.6	0.920	-	<u>0.010</u> 0.30	<u>0.609</u> 12.68	<u>0.195</u> 9.75	<u>0.033</u> 2.75	<u>0.074</u> 3.23
II	7.1	0.198	<u>0.018</u> 0.30	<u>0.004</u> 0.10	<u>0.110</u> 2.29	<u>0.045</u> 2.25	<u>0.003</u> 0.25	<u>0.005</u> 0.19

* I – 1975 г., вершина, до посева семян фитомелиорантов;

II – 2008 г., вершина, местопроизрастание *Gypsophila scorzonerifolia* Ser.

Мониторинг формирования популяций перспективных фитомелиорантов показал, что по оценке жизненного состояния исследуемые популяции можно отнести к трем типам виталитета: процветающие, в составе которых отсутствуют угнетенные особи (*Gypsophila scorzonerifolia*, *Calamagrostis epigeios*, *Melilotus officinalis*, *M. albus*, *Bromopsis inermis*), уравновешенные – угнетенных особей мало (*Festuca valesiaca*, *Medicago romanica*, *Bromopsis riparia*), депрессивные – преобладают угнетенные особи (*Trifolium ambiguum*, *Agropyron pectinatum*). Кроме того, стрессовые ситуации, которые возникают в техногенных экотопах отвалов угольных шахт, привели к распаду и отмиранию популяций видов – *Malva rugosa*, *Leymus sabulosus*, *Onobrychis tanaitica*. Но следует отметить, что из испытуемых 16 видов-фитомелиорантов только *G. scorzonerifolia* образовал наиболее устойчивые жизнеспособные популяции на всех обследованных участках отвалов.

На данный момент популяции *G. scorzonerifolia* распространены как на вершинах, так и на склонах отвалов, в том числе и на крутых склонах, куда другие виды не проникают.

В качестве особо показательных параметров в популяционном диагностировании адаптации видов растений в техногенных экотопах выступает плотность и размещение особей в пределах популяционного поля. Пространственную структуру популяций растений можно рассматривать как в вертикальном (ярусность), так и в горизонтальном (мозаичность) направлении [16]. При анализе горизонтальной структуры обычно устанавливается характер размещения особей по площади популяционного поля. Так, на отвале шахты «6-14» особи *G. scorzonerifolia* на склонах южной и северной экспозиций произрастают равномерно с высоким коэффициентом встречаемости (до 100 %). Равномерное распределение особей *G. scorzonerifolia* обусловлено, вероятно, биологическими особенностями вида, а именно высокой семенной продуктивностью и способностью быстро расселяться.

Нами была проанализирована стратегия развития популяций *G. scorzonerifolia* по ряду морфометрических и продукционных параметров и обнаружена тактическая пластичность, которая выражается в двух вариантах хода онтогенеза. 1. Тактика, свойственная индивидам, взошедшим из семян весной. При относительно благоприятном старте вследствие ухудшения условий развития в дальнейшем фазы роста и репродукции сильно сокращаются. Репродуктивное усилие поэтому относительно ничтожно (низкое). 2. Тактика, которая наблюдается у осенних всходов в слабоконкурентных фитосистемах. После неблагоприятных вначале условий развития (зимние холода) развертываются все потенциальные возможности *G. scorzonerifolia* с его спецификой роста, и достигается максимальная биомасса, которая обеспечивает длительную репродуктивную фазу и высокое репродуктивное усилие.

Особенностью данных популяций является то, что массово образующиеся проростки *G. scorzonerifolia* вследствие засушливых условий в наиболее жаркие месяцы (июль, август) на эдафотопе отвалов угольных шахт не все выживают, значительная часть проростков погибает, и лишь некоторая их часть переходит в следующие возрастные состояния. Так, наибольшая численность особей кочима скорзонеролистного наблюдается в июне во время массового образования проростков (26,20 ± 4,11 шт./м² на вершине, 40,10 ± 4,99 шт./м² на северной экспозиции, 34,30 ± 2,75 шт./м² – в контрольной ценопопуляции). В августе из-за засухи количество особей уменьшается до 17,40 ± 0,31 шт./м², 12,50 ± 0,32 шт./м² и 19,00 ± 0,45 шт./м², соответственно.

Как показывают исследования, наиболее изменчивыми параметрами популяций растений в техногенных экотопах являются плотность, жизненность, характер возрастных спектров и тип самоподдержания. Установлено, что особенности формирования возрастной структуры, размещения особей, плотности и численности популяций обусловлены как биоэкологическим потенциалом и типом стратегии видов, так и в значительной степени специфическими условиями техногенных экотопов.

Возрастная структура, являясь важной характеристикой популяций, в то же время не дает полной информации о реальном состоянии и устойчивости популяций в техногенных экотопах. Возрастные спектры популяций, прежде всего, отражают уже прошедший этап адаптированности состава популяций к среде обитания, и перестройка возрастной структуры является следствием изменения жизненности особей и в целом виталитета топопуляций. В связи с несходством отдельных микроместообитаний в границах популяционных полей в тех или иных техногенных экотопах, особыми механизмами распространения и прорастания семян, экстремальными для роста и развития растений условиями промышленной среды создаются предпосылки разнообразия жизненных состояний особей в локальных популяциях видов. Оно возникает как результат взаимодействия организма со специфической средой обитания и выражается в отклонениях от средней нормы роста и продукционных возможностей особей, в нарушении жизненного цикла, формообразования. От жизнеспособности особей зависит жизненное состояние, стойкость к стрессовым ситуациям и антропоустойчивость формирующихся популяций видов растений в техногенных экотопах.

По возрастной структуре ценопопуляции *G. scorzonerifolia* в экотопах на отвале шахты «6-14», как и фоновая ценопопуляция, относятся к нормальным полночленным. По виталитетной структуре данные ценопопуляции – процветающие. Изученные популяционные параметры свидетельствуют о том, что популяции *G. scorzonerifolia* являются нормальными, идет увеличение их численности, массово образуются проростки.

Результаты исследования плотности и морфоструктуры ценопопуляций *G. scorzonerifolia* на эдафотопках отвала и на контрольных участках представлены в таблицах 2 – 4.

Таблица 2. Морфоструктура растений *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. в популяциях экотопов на разных экспозициях отвала угольной шахты «6-14»*

Параметры морфологических признаков	Местопроизрастание популяции					
	южная экспозиция			северная экспозиция		
	M ± m	Lim-X	CV, %	M ± m	Lim-X	CV, %
Количество надземных побегов	28,9±2,89	14 – 43	32,00	22,70±0,80	20 – 28	12,00
Количество генеративных побегов	15,00±2,18	2 – 27	46,00	10,50±1,73	4 – 19	52,00
Количество вегетативных побегов	13,9±2,01	4 – 24	45,00	12,20±1,40	6 – 19	36,00
Общее количество побегов на растении	7,92±0,50	5 – 16	31,00	8,13±0,71	4 – 13	41,00
Количество генеративных побегов на растении	5,20±0,32	2 – 9	31,00	5,31±0,83	1 – 14	62,00
Количество вегетативных побегов на растении	2,72±0,34	1 – 7	62,00	2,81±0,39	1 – 7	56,00

* Здесь и в таблицах 3, 4: M ± m – среднее значение и его ошибка, Lim-X – пределы значений, CV – коэффициент вариации.

Таблица 3. Изменчивость морфологических признаков вегетативных побегов в популяциях *Gypsophila scorzonifolia* Ser. в экотопах отвала угольной шахты «6-14»

Параметры морфологических признаков	Местопроизрастание популяции		
	вершина	северная экспозиция	контроль
Высота побега, см			
M ± m	47,50±0,90*	40,55±1,75*	62,83±2,78
CV, %	12,00	23,00	15,00
Количество мономеров на побеге, шт.			
M ± m	11,68±0,27	11,21±0,37	10,58±0,48
CV, %	15,00	17,00	16,00
Длина мономера, см			
M ± m	4,23±0,08*	3,56±0,09*	5,92±0,42
CV, %	41,00	47,00	80,00
Количество листьев на побеге, шт.			
M ± m	17,50±0,34	19,21±0,64	17,33±0,82
CV, %	13,00	17,00	16,00
Длина листьев, см			
M ± m	6,31±0,08*	6,81±0,08*	7,47±0,15
CV, %	27,00	28,00	28,00
Ширина листьев, см			
M ± m	0,92±0,02*	1,22±0,02*	1,46±0,03
CV, %	38,00	38,00	35,00
Длина от основания листьев до самой широкой части, см			
M ± m	0,76±0,04*	2,98±0,04*	3,25±0,08
CV, %	28,00	33,00	34,00

* значение достоверно отличается от контроля при $t < 0,05$.

Отмечается достаточно большая изменчивость количества надземных побегов особей в популяции *G. scorzonifolia* на южной экспозиции, на северной же экспозиции их количество варьировало не так широко. По таким параметрам, как количество, ширина, длина листьев и длина от основания до широкой части листьев, показатели растений популяции на северной экспозиции приближаются к показателям растений *G. scorzonifolia* контрольной популяции. По количеству мономеров значения практически одинаковые у особей всех трёх ценопопуляций. Наиболее отличались от контрольных значения высоты побега, особенно у особей, которые произрастают на вершине отвала (около 8 см). Естественно, что на отвалах угольных шахт, как приподнятых элементах рельефа, условия увлажнения не такие благоприятные для произрастания растений, как на прилегающих участках (у контрольных растений). Но разница морфоструктурной изменчивости в популяциях, произрастающих на отвале, по сравнению с контролем, не является существенной, что свидетельствует об устойчивости и высокой адаптационной способности популяций на эдафотопе отвала. Исключение составляет единственный параметр – длина мономера, вариабельность которого в контрольной популяции в два раза выше, чем в остальных. Это позволяет наметить его как перспективный морфомаркер для дальнейших мониторинговых исследований.

Таблица 4. Изменчивость морфологических признаков генеративных побегов в популяциях *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. в экотопах отвала угольной шахты «6-14»

Параметры морфологических признаков	Местопроизрастание популяции		
	вершина	северная экспозиция	контроль
Высота соцветия, см			
M ± m	54,07±1,93	46,62±2,86	64,42±3,28
CV, %	23,00	32,00	17,00
Вес соцветия, г			
M ± m	6,61±0,80	6,67±1,72	7,08±0,48
CV, %	47,00	37,00	26,00
Количество цветков в соцветии, шт.			
M ± m	485,20±21,82	382,33±12,71*	511,82±43,47
CV, %	17,00	13,00	28,00
Количество коробочек в соцветии, шт.			
M ± m	475,80±41,54	379,40±11,22*	491,93±22,41
CV, %	28,00	11,00	17,00
Высота коробочки, см			
M ± m	0,25±0,02*	0,28±0,003	0,28±0,007
CV, %	36,00	31,00	32,00
Ширина коробочки, см			
M ± m	0,21±0,02*	0,28±0,003*	0,26±0,008
CV, %	38,00	14,00	38,00
Количество семян в коробочке, шт.			
M ± m	6,70±0,55*	5,99±0,15*	7,95±0,27
CV, %	49,00	31,00	42,00

* значение достоверно отличается от контроля при $t < 0,05$.

Изменчивость параметров генеративных органов по сравнению с контролем является более существенной по таким признакам, как количество цветков в соцветии, высота соцветия, количество семян на коробочку и количество коробочек на соцветие. Но даже в худшем случае, то количество цветков и семян, которое формируется у растений, является достаточным для семенного возобновления *G. scorzonerifolia* в условиях экотопов на отвале.

Об адаптации данного вида к условиям техногенных экотопов отвалов угольных шахт свидетельствует также хорошо развитая корневая система: длина главного корня *G. scorzonerifolia* в среднем достигает 57 см, диаметр – 8 см, глубина проникновения в породу – 15 – 20 см.

Следовательно, всесторонний анализ формирования и распространения популяций *G. scorzonerifolia* на отвалах угольных шахт Донбасса подтверждает не только эффективность использования этого вида в качестве фитомелиоранта, а также целесообразность и перспективность применения популяционных биомаркеров в мониторинге фиторекультивации.

Заклучение

В целом, на основе анализа оригинальных данных 35-летнего эксперимента с натурными моделями фиторекультивантов показана целесообразность и перспективность продемонстрированного методологического подхода – применения популяционных биомаркеров травянистых растений в мониторинге фиторекультивации техногенных земель на примере отвалов угольных шахт Донбасса. В результате всестороннего изучения популяций *Gypsophila scorzonifolia* на отвалах угольных шахт показано эффективность применения популяционных биомаркеров в мониторинге их фиторекультивации, поскольку изученные популяционные признаки подтверждают перспективность использования данного вида как одного из лучших фитомелиорантов на отвалах угольных шахт. Такой подход дает возможность установить фитомелиоративный эффект используемых видов растений, определить основные тенденции и провести интегрированное оценивание успешности фиторекультивации, наметить при необходимости профилактическое корректирование данного процесса. Популяционный мониторинг фиторекультивации техногенных земель следует рассматривать как составляющую общей системы мониторинга состояния антропогенно трансформированной среды конкретного региона.

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В.Аринушкина. – М.: Изд-во Московск. гос. ун-та, 1970. – 487 с.
2. *Бакланов В.И.* Терриконы как объект озеленения / В.И.Бакланов // Растения и промышленная среда: матер. первой укр. конф. – Киев: Наук. думка, 1968. – С. 157 – 161.
3. *Глазырина М.А.* К вопросу восстановления фиторазнообразия на терриконниках угольных шахт Урала / М.А.Глазырина, Н.В.Лукина, Т.С.Чибрик // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: матер. междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4 – 8 июня 2007. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – С. 149 – 168.
4. *Жиляев Г.Г.* Жизнеспособность популяций растений / Геннадий Георгиевич Жиляев. – Львов, 2005. – 304 с.
5. *Земля тревоги нашей.* По материалам доклада о состоянии окружающей природной среды в Донецкой области в 2006 году / под ред. С. Третьякова, Г. Аверина. – Донецк, 2007. – 116 с.
6. *Зражевский А.И.* Инструкция по озеленению терриконов / А.И. Зражевский, М.А. Попов. – Киев: Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва УССР, 1953. – 21 с.
7. *Зубова Л. Г.* Теоретичні і прикладні основи відновлення техногенних ландшафтів до рівня природних (на прикладі терриконових ландшафтів Донбасу): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Л.Г. Зубова. – Дніпропетровськ, 2004. – 32 с.
8. *Иванчиков В.П.* Эколого-геохимическая оценка загрязнения геологической среды / В.П. Иванчиков, В.И. Почтаренко, Е.А. Яковлев. – Киев: Знание, 1996. – 56 с.
9. *Краснянский М.Е.* Основы экологической безопасности территорий и акваторий / М.Е. Краснянский. – Донецк: Лебедь, 2004. – 156 с.
10. *Мазур А.Е.* Создание травянистых фитоценозов на эдафотобах отвалов угольных шахт Донбасса: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / А.Е. Мазур. – Днепропетровск, 1981. – 26 с.
11. *Правила* проведения биологической рекультивации породных отвалов угольных шахт Украины / [В.Г. Башкатов, В.Т. Вовк, О.З. Глухов и др.]. – Киев: Минуглепром Украины, 2007. – 30 с.
12. *Промышленная ботаника* / [Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, В.И. Бакланов, Р.И. Бурда, А.И. Хархота]; под ред. Е.Н. Кондратюка. – Киев: Наук. думка, 1980. – 257 с.
13. *Рекомендации* по формированию мелиоративного растительного покрова на отвалах угольных шахт Донбасса / [В.Г. Башкатов, О.Н. Торохова, С.П. Жуков]. – Донецк: Б.и., 2002. – 36 с.
14. *Хархота А.И.* Подбор фитомелиорантов для рекультивации техногенных земель / А.И. Хархота // Интродукция и акклиматизация растений. – 1989. – Вып. 12. – С. 45 – 47.
15. *Хархота А.И.* Состояние и перспективы интродукционного изучения фитомелиорантов в Донецком ботаническом саду АН УССР / А.И.Хархота // Ботанические исследования на Украине (Докл. УБО). – Киев: Наук. думка, 1990. – С. 106 – 107.
16. *Ценопопуляции* растений (очерки популяционной биологии) / [Л.Б. Заугольнова, А.А. Жукова, А.С. Комарова, О.В. Смирнова]. – М.: Наука, 1988. – 184 с.
17. *Шмидт В.М.* Математические методы в ботанике / В.М. Шмидт. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

УДК 631.619:635.93:581.52 (477.60)

О ПРИМЕНЕНИИ ПОПУЛЯЦИОННЫХ БИОМАРКЕРОВ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ
В МОНИТОРИНГЕ ФИТОРЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

А.З. Глухов, А.И. Хархота, И.В. Агурова, С.И. Прохорова

Донецкий ботанический сад НАН Украины

На основе анализа оригинальных данных 35-летнего эксперимента с натурными моделями фиторекультивантов показана целесообразность и перспективность продемонстрированного методологического подхода – применения популяционных биомаркеров травянистых растений в мониторинге фиторекультивации техногенных земель на примере отвалов угольных шахт Донбасса. В результате всестороннего изучения (как примера) популяций *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. на отвале шахты «6-14» показано эффективность применения популяционных биомаркеров в мониторинге фиторекультивации. Такой подход дает возможность подтвердить фитомелиоративный эффект используемых видов растений, определить основные тенденции и провести интегрированное оценивание успешности фиторекультивации, наметить при необходимости профилактическое корректирование данного процесса.

UDC 631.619:635.93:581.52 (477.60)

THE USE OF POPULATION BIOMARKERS OF HERBACEOUS PLANTS IN MONITORING
OF PHYTORECLTIVATION OF ANTHROPOGENIC LAND

A.Z. Glukhov, A.I. Kharkhota, I.V. Agurova, S.I. Prohorova

Donetsk Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

The analysis of the initial data, obtained in the course of 35-year long experiment with full-sized models of phytorecultivates, it has been shown that the demonstrated methodological approach of the use of population biomarkers of herbaceous plants in the phytorecultivation monitoring of anthropogenic land on the example coal mine dumps in Donbass has been proved reasonable and available. As a result of a detailed study (as an example) of *Gypsophila scorzonerifolia* Ser. populations on the coal mine «6-14» dumps the efficiency of the population biomarkers use in the monitoring of phytorecultivation has been elucidated. Such an approach gives the opportunity to confirm phyto land reclamation effect of the used plants' species, define the main tendencies and integrated assessment of the efficiency of phytorecultivation, and lay down, in case of need, preventive correction of the process.