

**В. А. Горбань¹, канд. биол. наук,
З. А. Малакей², канд. техн. наук**

¹*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
г. Днепропетровск, Украина*

²*Государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский
и проектный институт основной химии», г. Харьков, Украина,
e-mail: soda@niochim.kharkov.ua*

РОЛЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

**V. A. Gorban¹, Cand. Sci. (Biol.),
Z. A. Malakei², Cand. Sci. (Tech.)**

¹*O. Gonchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk, Ukraine*

²*State Institution "State Scientific-Research Institute of Basic Chemistry", Kharkiv,
Ukraine, e-mail: soda@niochim.kharkov.ua*

THE ROLE OF PHYSICO-CHEMICAL AND PHYSICAL RESEARCH BY FOREST RE-CULTIVATION IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

The most relevant area of rehabilitation of the steppe zone is forestry, by which environmentally dangerous areas are planted with sylvula. Artificial forest through its environment transformation has a positive impact on the steppe conditions: increases humidity, decreases wind speed, protects the soil from erosion, etc.

However, it should be noted that the establishment of forest in steppe zone is an activity associated with certain difficulties, even on the fertile black soils. Other great difficulties are encountered in the forest breeding in disturbed or heavily modified by industry areas, including the production of soda. This is due to the transformation properties of the substrate, particularly its physicochemical and physical characteristics, in the process of industrial land use. That must be taken into account in forest recultivation.

The main physicochemical and physical parameters of the substrates, which may limit or completely exclude the success of forest restoration:

- actual acidity, the definition of which is necessary for a variety of purposes, primarily for the selection of plants, because some of them stand a high value of pH, others – low. Tree species are characterized by a high resistance to acidity compared with crops. At a pH value of H₂O soils divided into strong-acid (3–4), acid (4–5), weakly acid (5–6), neutral (7) alkaline (7–8) and strong-alkaline.

- the content of water-soluble salts, the excess of which in the soil inhibits the growth of plants. Toxicity of salts depends on the concentration and composition of salts and plant species. The most harmful are aluminum sulphate, soda and potash. Consequently, it is necessary to determine not only the total amount of soluble salts, but also their composition. However, the composition should be determined only if the salt is more than 0.15 %. This value is taken for the fact that many plants stand the concentration of salt sulphates 0.2–0.3 %, and chlorides – 0.1 %.

- the content of humus, the most valuable part of the soil, which causes the water-stable structure, affecting its many physical, physicochemical and biological properties. Also humus contains more than 3 % of N, 2–2.5 % of P₂O₅; 1.5–2 % of K₂O, microelements. In the decomposition of humus all the elements are liberated and become available to plants.

- texture of soil, which often plays a decisive role in the formation of artificial plantations. Substrates with a high content of physical clay give large amounts of bound moisture which is inaccessible to the plants. In the substrates with a high content of physical sand the moisture migrates rapidly into the lower layers, and often becomes inaccessible to the plants. On this basis, the most favorable for plant growth substrates are sandy-loam and loamy granulometric composition.

Thus, in the steppe zone of Ukraine forest recultivation of disturbed land is one of the most relevant methods for conservation and restoration of soil cover.

The most important physicochemical parameters that need to be investigated in forest rehabilitation of territories with waste soda production contamination are the actual acidity, the presence of water-soluble salts, humus content, the degree of gleization, fractional composition of the silty fraction.

The most important physical parameters that define the ability of forest recultivation are mechanical (grain-size) composition, hardness and water-physical properties.

Key words: forest recultivation, soda production, steppe zone.

**В. А. Горбань¹, канд. биол. наук,
З. А. Малакей², канд. техн. наук**

¹*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
г. Днепропетровск, Украина*

²*Государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский
и проектный институт основной химии», г. Харьков, Украина,
e-mail: soda@niochim.kharkov.ua*

РОЛЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

Наиболее актуальным направлением рекультивации для степной зоны является лесохозяйственное, в результате которого опасные для окружающей среды территории засаживаются лесными культурами. Искусственный лес вследствие своего средообразующего значения оказывает положительное влияние на окружающую степную обстановку: увеличивает влажность воздуха, снижает скорость ветра, защищает почву от эрозии и т.д.

Наиболее важными физико-химическими показателями, которые необходимо исследовать при лесной рекультивации территорий, загрязненных отходами содового производства, являются актуальная кислотность, наличие воднорастворимых солей, содержание гумуса, степень оглеения, фракционный состав илистой фракции. Наиболее важными физическими показателями, которые определяют возможность проведения лесной рекультивации, являются механический (гранулометрический) состав, твердость и водно-физические свойства.

Ключевые слова: лесная рекультивация, содовое производство, степная зона.

**В. А. Горбань¹, канд. біол. наук,
З. А. Малакей², канд. техн. наук**

¹*Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара,
м. Дніпропетровськ, Україна*

²*Державна установа «Державний науково-дослідний і проектний інститут
основної хімії», м. Харків, Україна, e-mail: soda@niochim.kharkov.ua*

РОЛЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ЛІСОВІЙ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ В УМОВАХ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Найбільш актуальним напрямком рекультивації для степової зони є лісогосподарський, в результаті якого небезпечні для навколишнього середовища території засаджуються лісовими культурами. Штучний ліс внаслідок свого середовищеперетворюючого значення позитивно впливає на навколишнє степове середовище: збільшує вологість повітря, знижує швидкість вітру, захищає ґрунт від ерозії і т.д.

Найбільш важливими фізико-хімічними показниками, які необхідно досліджувати при лісовій рекультивації територій, забруднених відходами содового виробництва, є актуальна кислотність, наявність водорозчинних солей, вміст гумусу, ступінь оглеєння, фракційний

склад мулистій фракції. Найбільш важливими фізичними показниками, які визначають можливість проведення лісової рекультивації, є механічний (гранулометричний) склад, твердість і водно-фізичні властивості.

Ключові слова: лісова рекультивація, содове виробництво, степова зона.

Как известно, термин рекультивация употребляется в разном значении. Некоторые исследователи под рекультивацией понимают: 1) восстановление земель, нарушенных промышленностью, при помощи различных мероприятий с целью возврата их в сельское, лесное хозяйство в пригодном для эффективного использования виде; 2) процесс восстановления ландшафта, территории, региона; 3) мероприятия по восстановлению земель и оптимизации ландшафта (Методические рекомендации..., 1977).

Различают следующие направления рекультивации нарушенных земель в зависимости от последующего использования: 1) сельскохозяйственное – под пашню, луга, пастбища, многолетние насаждения; 2) лесохозяйственное – лесопосадки эксплуатационного и специального назначения; 3) водохозяйственное – водоемы различного назначения; 4) рекреационное – парки, спортивные бассейны, пляжи и др.; 5) архитектурно-планировочное – лесонасаждения, посеvy луговых трав (газоны) и др. (Федосеева, 1977).

По пригодности к рекультивации обычно выделяют три большие группы грунтов (по Етеревской, 1989):

- субстраты пригодные и потенциально плодородные (по наличию элементов питания) – лёссовые породы, незаселенные породы суглинистого гранулометрического состава;

- субстраты малоприспособные – песчаные и глинистые породы, породы, содержащие легкорастворимые соли, гипс, карбонаты кальция;

- субстраты непригодные по химическим свойствам, с вредными агрессивными свойствами – хемогенные породы (группы сульфидсодержащих и сильнозасоленных пород) и непригодные по физическим свойствам – скальные породы и конгломераты.

В Украине, как и в России, в настоящее время предложено несколько технологий рекультивации, направленных не только на восстановление сельскохозяйственных угодий и элементов природы, но и на поддержание почвенных экологических функций. Применяются в основном два способа рекультивации. Первый способ – проведение многолетних фитомелиораций со внесением органических добавок и минеральных удобрений. Второй способ – нанесение на потенциально плодородные грунты плодородного слоя почвы с последующими фитомелиорациями, внесением органических и минеральных удобрений (Герасимова, 2003).

Биологическая рекультивация почв посредством возделывания многолетних трав широко используется не только в Украине и России, но и за рубежом (Ивлев, 2002; Герасимова, 2003; Рекультивация ..., 2010). Так, в Болгарии, Румынии, Венгрии, Польше, Китае основное внимание уделяется созданию сельскохозяйственных угодий путем внесения больших доз органических веществ с подсевом почвоулучшающих трав. В Венгрии распространены методы ускоренной комбинированной технической и биологической рекультивации. При воссоздании почвы применяется биоактивный органический препарат, который в комплексе с минеральными удобрениями, микро- и макроэлементами заменяет гумус. В Германии при возделывании многолетних бобовых культур используют внесение извести как химического мелиоранта. В Англии широко применяется создание на рекультивированных землях сенокосно-пастбищных угодий в сочетании с посадкой деревьев (Андроханов, 2000; Bian, 2010).

Наиболее актуальным направлением рекультивации для степной зоны является лесохозяйственное, в результате которого опасные для окружающей среды территории засаживаются лесными культурами. Искусственный лес вследствие своего средообразующего значения (Высоцкий, 1960; Бельгард, 1971; Грицан, 2000) оказывает положительное влияние на окружающую степную обстановку: увеличивает влажность воздуха, снижает скорость ветра, защищает почву от эрозии и т.д.

Однако необходимо отметить, что создание леса в степной зоне является мероприятием, связанным с определенными трудностями, даже на плодородных черноземных почвах. Еще с большими трудностями приходится сталкиваться при разведении леса на территориях, нарушенных или сильно измененных промышленностью, в том числе при содовом производстве. Это связано с преобразованием свойств субстрата, прежде всего его физико-химических и физических свойств, в процессе промышленного использования территорий, что необходимо учитывать при лесной рекультивации (Травлеев, 1988).

Рассмотрим основные физико-химические и физические параметры субстратов, которые могут ограничивать или полностью исключать успех лесной рекультивации.

Определение значения актуальной кислотности ($pH\ H_2O$) необходимо для разных целей, и прежде всего для подбора растений, так как одни из них переносят высокое значение pH , другие – низкое. Древесные породы характеризуются более высокой устойчивостью к кислотности, чем сельскохозяйственные культуры. По литературным данным известно, что тополь рос при pH меньше 3,0.

По величине $pH\ H_2O$ почвы разделяются на сильнокислые (3–4), кислые (4–5), слабокислые (5–6), нейтральные (7), щелочные (7–8) и сильнощелочные. Определение кислотности производится для выяснения необходимости известкования пород. Если $pH\ H_2O$ менее 5, то в породе следует ожидать появления подвижного алюминия. Количество его более 15 мг/100 г является токсичной концентрацией, а 10 мг/100 г – угнетающей, правда не для всех растений. Если $pH\ H_2O$ больше 5,5, то подвижного алюминия в растворе не будет. Определять $pH\ H_2O$ следует потенциметрически; использовать индикаторную бумагу можно только для определения прозрачного раствора, но не для суспензии. Для отдельного определения кислотности и подвижного алюминия получают вытяжку с помощью раствора 1 н KCl и делают анализ по А. В. Соколову. В карбонатных породах и лессах кислотность и Al определять не следует.

В южно-таежной зоне почвы могут иметь слабокислую, кислую и сильнокислую реакцию, в лесостепной и степной зонах – нейтральную, слабокислую и щелочную, но могут быть исключения. Черноземы на лессе имеют щелочную реакцию из-за присутствия карбонатов кальция. Углекислый натрий и калий имеют сильнощелочную реакцию ($pH\ H_2O\ 9,0$), поэтому, если объекты содержат карбонаты, необходимо обратить внимание на отсутствие солей одновалентных катионов и величину pH , так как лишь немногие растения выносят сильнощелочную реакцию.

Породы, содержащие пирит, после его окисления приобретают сильнокислую реакцию ($pH = 2-3$). Такие породы встречаются в угольных, фосфоритных и железорудных карьерах; до окисления на воздухе они могут иметь слабокислую и даже нейтральную реакцию.

Избыток солей в породах и почвах подавляет рост растений, поэтому следует определять растворимые в воде соли. Токсичность солей зависит от концентрации, состава солей и вида растений. Наиболее вредными являются сульфаты алюминия, сода и поташ. Следовательно, необходимо определять не только общее количество растворимых солей, но и их состав. Однако состав надо определять лишь в том случае, если солей больше 0,15 %. Такая величина взята потому, что многие растения выдерживают концентрацию сульфатов солей 0,2–0,3%, а хлоридов – 0,1%.

О наличии соды можно судить по щелочности, если $pH\ H_2O\ 9,0$, то это

указывает на ее присутствие. Определение поглощенного натрия необходимо только в тех почвах и породах, которые имеют признаки физической солонцеватости. Такие объекты встречаются в лесостепной и степной зонах. Не следует путать солонцы с солончаками, так как последние содержат растворимые соли, а первые их не имеют или содержат в нижних горизонтах.

Гумус определяют по И. В. Тюрину, но надо иметь в виду, что если в породе присутствуют в значительном количестве хлориды и марганец, то метод Тюрина дает несколько преувеличенные данные. Гумус – наиболее ценная часть почвы, так как он обуславливает водопропрочную структуру, которая влияет на его многие физические, физико-химические и биологические свойства. Кроме того в гумусе содержится более 3 % N, 2–2,5 % P₂O₅; 1,5–2 % K₂O, микроэлементы. При разложении гумуса все элементы освобождаются и становятся доступными растениям.

Опыт последних лет показал, что можно получить высокий урожай без нанесения гумусового слоя, что значительно снижает затраты средств.

Для объективной оценки требуется анализ не только состава, но и свойств веществ, в частности степени пептизации и твердости при высыхании. Захороненное органическое вещество может иметь иногда сходный с современным гумусом состав, но из-за давления и влажности древний гумус изменен и структура породы разрушена.

Между минералами и органическим веществом благодаря адсорбции (адгезии) образуется связь. Количество поглощенных гуматов составляет, в зависимости от минерала, 1 % и меньше. Следующие за адсорбированным слоем органические молекулы связываются когезионно (силами взаимной поляризации). Давление способствует повышению прочности этой связи. Если пленка гумуса покрывает минералы, то последние защищены от разрушения и превращений. По-особому ведет себя гипс, кальций которого образует гуматы. По мере растворения гипса увеличивается образование гуматов кальция, которые коагулируют и переходят в осадок. Этот факт является теоретическим обоснованием гипсования пород с целью накопления гумуса и подробно обсужден в литературе (Горбунов, 1977; Етеревская, 1975). Не имеет смысла срезать гумусовый слой у солонцовых и засоленных почв. В первой содержится поглощенный натрий, во второй – водорастворимые соли. Целесообразно снимать гумусовый слой у сильно подзолистых почв, так как он имеет небольшую мощность, к тому же гумус состоит преимущественно из фульвокислот. Реакция такого гумуса обычно сильноокислая. Нельзя использовать органическую часть пород, если она имеет сильноокислую реакцию, а также сильно оглеена или содержит угольные остатки, серу, пирит, нефть.

Неоднократно в печати приводились данные о рекультивации без нанесения гумусового слоя, и этот опыт необходимо учитывать в практике. Учеными доказано, что четвертичные суглинки без гумуса – хорошая среда для развития разных растений. Гумусовый горизонт часто отождествляется с понятием верхний плодородный слой почвы. Однако многочисленные исследования показали, что, во-первых, безгумусовые слои также обладают плодородием (например, четвертичные суглинки), во-вторых, гумусовый слой не во всех почвах имеет плодородие.

Водопропрочную структуру обычно определяют просеиванием почв через сито в сосуде с водой. Этот вид анализа, как показал опыт, можно заменить определением воднопептизированного ила. Содержащийся в почвах и породах ил неоднороден по свойствам. Одна часть ила от взбалтывания водой легко переходит из состояния геля в золь и называется воднопептизированным илом (ил А), а другая находится в состоянии коагулированных частиц или в форме агрегированного ила (ил Б). Ил А при взаимодействии с водой может передвигаться по профилю, заполнять поры, придавать породе слитость, связность, липкость. При высыхании этот ил образует корку. По количеству ила А можно судить о степени оструктуренности породы: чем его больше, тем меньше водопропрочных агрегатов (Горбунов, 1978).

Степень оглеения редко приходится определять в степной и лесной зонах, но в южно-таежной без него обойтись нельзя, так как в распространенных здесь торфяных карьерах обязательно бывает оглеение. Оглеение можно определить визуально по серовато-голубому цвету породы. Сильно оглеенные породы имеют сплошной равномерный сизоватый цвет с бурыми прожилками железа. Оглеенные породы бесструктурные, часто содержат ядовитые для растений закись железа и подвижный алюминий. При частичном оглеении степень пригодности породы повышается. С оглеением можно бороться просушиванием и промораживанием, окислением породы на воздухе. Эти же приемы могут быть использованы для уменьшения пептизации.

Целесообразность определения механического состава не вызывает сомнения. Механический анализ пород нужно делать по методу Н. А. Качинского с химической подготовкой образцов. Так как классификация основана на содержании частиц $<0,01$ мм и $>0,01$ мм, то для упрощения анализа следует определять именно эти фракции, для углубленного изучения можно определить и другие. В песчаных и супесчаных породах желательнее определять не только фракцию $<0,01$ мм, но и более крупные (путем просеивания на ситах). Механический анализ рыхлых известковых и мергелевых пород делать нецелесообразно. Для определения минералогического состава в суглинистых и глинистых породах следует выделять фракцию 1–2 мк, кроме того, $<0,01$ мм и $>0,01$ мм.

Механический состав часто играет решающую роль при создании искусственных насаждений. Субстраты с высоким содержанием физической глины создают большие запасы прочно связанной влаги, которая является недоступной для растений. В субстратах с высоким содержанием физического песка влага быстро мигрирует в нижележащие слои и часто становится недосягаемой для растений. Исходя из этого, наиболее благоприятными для роста растений являются субстраты супесчаного и суглинистого гранулометрического состава.

При высыхании некоторых пород на них образуется очень твердая корка. Растения не могут успешно произрастать в такой среде, а семена, попавшие под корку, погибают. Образование корки наблюдается на тяжелых суглинистых породах, рыхлых известняках, палыгорскитовых и монтмориллонитовых глинах. Ядовитых веществ в этих породах и минералах нет, но их механические свойства неудовлетворительны. В сухом состоянии они содержат мало воднопептизированного ила, поэтому необходим другой показатель, а именно – твердость. Вот почему твердость включена в число важных признаков пригодности. Твердость можно определить с помощью прибора Качинского или путем раздавливания образца на прессе.

Одним из способов борьбы с неблагоприятными свойствами шахтных пород при лесной рекультивации для их изоляции от плодородных субстратов и древесных пород является создание тонкослойных, многослойных, резко гетерогенных почвенно-грунтовых экранов. Подобные экраны были построены Н. А. Качинским (1970) при создании наливных водоемов. Экраны конструировались как из разных материалов (торф, песок, суглинок), так и из различных горизонтов одной и той же почвы и даже из одного и того же суглинка при различных методах укладки его в разных прослойках (например, при укладке отдельных слоев, затворенных при разной влажности).

Важно создать в экране, по возможности, резкую – качественно и количественно – смену порозности в отдельных прослойках. Подобный экран из десяти прослоек, толщиной по 1 см каждая, практически становится водонепроницаемым, причем он не фильтрует воду и не поднимает ее по капиллярам.

Сущность эффективности тонкослойного, многослойного грунтового экрана как средства борьбы с фильтрацией воды сводится: а) к созданию гетерогенных, четочных капилляров в почве типа жаменовских цепочек; б) к образованию в толще экрана максимального количества прослоек заземленного воздуха; в) к увеличению трения:

вода – почво-грунт; г) увеличению вязкости воды за счет наибольшего количества распыленного в ней воздуха; д) к образованию в толще экрана ряда поверхностей раздела вода – воздух на границах отдельных слоев и к увеличению за счет этого капиллярного противодействия потоку фильтрующейся воды (Качинский, 1970).

ВЫВОДЫ

1. В условиях степной зоны Украины лесная рекультивация нарушенных земель является одним из наиболее актуальных методов сохранения и восстановления почвенного покрова.

2. Наиболее важными физико-химическими показателями, которые необходимо исследовать при лесной рекультивации территорий, загрязненных отходами содового производства, являются актуальная кислотность, наличие воднорастворимых солей, содержание гумуса, степень оглеения, фракционный состав илистой фракции.

3. Наиболее важными физическими показателями, которые определяют возможность проведения лесной рекультивации, являются механический (гранулометрический) состав, твердость и водно-физические свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

Андроханов В. А. Техноземы: свойства, режимы, ункционирование / В. А. Андроханов, С. В. Овсянникова, В. М. Курачев. – Новосибирск, 2000. – 200 с.

Androkhonov, V. A., Ovsyannikova, S. V., Kurachev, V. M., “Tehnozemy: property regimes unktionirovanie”, 2000, Novosibirsk, 200 p.

Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 335 с.
Belgard, A. L., 1971, “Steppe Forestry”, Moscow, Forest Industry, 335 p.

Высоцкий Г. Н. Избранные труды / Г. Н. Высоцкий. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 435 с.
Vysotsky, G. N., 1960, “Selected Works”, Moscow, Selkhozgiz, 435 p.

Герасимова М. И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

Gerasimova, M. I., Stroganova, M. N., Mozharova, N. V., 2003, “Anthropogenic soils: genesis, geography, reclamation”, Smolensk, Oikumena, 268 p.

Горбунов Н. И. Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 296 с.

Gorbunov, N. I., 1978, “Physical chemistry and mineralogy of soils”, Moscow, Nauka, 296 p.

Горбунов Н. И. Природа и прочность связи органических веществ с минералами / Н. И. Горбунов, Д. С. Орлов // Почвоведение. – 1977. – № 7. – С. 89-100.

Gorbunov, N. I., Orlov, D. S., 1977, “The nature and strength of the bond of organic compounds with minerals”, *Eurasian Soil Science*, no. 7, pp. 89–100.

Грицан Ю. І. Екологічні основи перетворюючого впливу лісової рослинності на степове середовище / Ю. І. Грицан. – Д.: ДДУ, 2000. – 296 с.

Grytsan, Yu. I., 2000, “Ecological bases of transforming influence of forest vegetation on the steppe environment”, Dnipropetrovsk, DSU, 296 p.

Етеревская Л. В. Качественный состав гумуса и микроморфология примитивных почв на лессовых отвалах / Л. В. Етеревская, Е. Г. Мамонтова // Рекультивация земель. – Тарту, 1975. – С. 250-257.

Eterevskaya, L. V., Mamontova, E. G., 1975, “Qualitative composition of humus and soil micromorphology primitive in loess dumps”, *Remediation*, Tartu, pp. 250–257.

Етеревская Л. В. Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины: дисс. уч. ст. докт. с.-х. наук / Л. В. Етеревская. – Х., 1989. – 92 с.

Eterevskaya, L. V., 1989, “Soil formation and reclamation in the man-made landscape of Ukraine”, *Abstract of Thesis of Doctor agricultural science*, Kharkov, 92 p.

Ивлев А. М. Деградация почв и их рекультивация / А. М. Ивлев, А. М. Дербенцева. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2002. – 78 с.

Ivlev, A. M., Derbentseva, A. M., 2002, "The degradation of soils and their reclamation", Vladivostok, Far Eastern State University, 78 p.

Методические рекомендации по рекультивации земель, нарушенных промышленностью / Н. И. Горбунов, А. П. Травлеев, Б. М. Туник. – Д. : ДГУ, 1977. – 60 с.

"Guidelines for land rehabilitation industry", 1977, Gorbunov, N. I., Travleev, A. P., Tunick, B. M., Dnipropetrovsk, DSU, 60 p.

Травлеев А. П. Биогеоценотический покров Западного Донбасса, его техногенная динамика и оптимизация / А. П. Травлеев, В. А. Овчинников, В. Н. Зверковский. – Д. : ДГУ, 1988. – 72 с.

Travleev, A. P., Ovchinnikov, V. A., Zverkovsky, V. N., 1988, "Biogeocenosis cover Western Donbass, its dynamics and optimization of a technological", Dnipropetrovsk, DSU, 72 p.

Узбек И. Х. Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем / И. Х. Узбек, А. С. Кобец, П. В. Волох и др. – Д. : Пороги, 2010. – 263 с.

Uzbek, I. H., Kobets, A. S., Volokh, P. V., 2010, "Land rehabilitation as the sustainable development of complex tehnоекосистем", Dnipropetrovsk, Porogi, 263 p.

Федосеева Т. П. Рекультивация земель / Т. П. Федосеева. – М. : Колос, 1977. – 48 с.

Fedoseyeva, T. P., 1977, "Remediation of lands", Moscow, Kolos, 48 p.

Bian, Z., Inyang, H. I., Daniels, J. L., Otto, F., Struthers, S., 2010, "Environmental issues from coal mining and their solutions", *Mining Science and Technology (China)*, 20, 2, pp. 215–223.

Рекомендує до друку
д-р біол. наук В. М. Зверковський

Надійшла до редколегії 21.02.13