

УДК 504.06:622.33

Гидрологические условия формирования фитоценозов на рекультивированных отвалах угольных шахт

А. В. Харламова, А. Л. Харитоненко, В. Я. Соловьева, О. К. Суворова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Харламова А. В., Харитоненко А. Л., Соловьева В. Я., Суворова О. К. Гидрологические условия формирования фитоценозов на рекультивированных отвалах угольных шахт // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 3. — С. 751–757. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-3-751-757

Аннотация

Цель: Исследование гидрологических условий формирования фитоценозов на рекультивированных отвалах угольных шахт. Исследовано состояние сформировавшегося фитоценоза на поверхности рекультивированного отвала угольной шахты. Выполнены в полевых условиях опыты по определению водопроницаемости отвальной породы рекультивированного террикона. Проанализировано влияние гидрологических условий на формирование фитоценозов квазиприродных ландшафтов. **Методы:** Анализ состояния фитоценоза рекультивированного террикона с определением водопроницаемости отвальной породы. **Результаты:** Установлено, что продуктивность фитоценозов на рекультивированных отвалах угольных шахт напрямую зависит от гидрологических свойств сформированных почвогрунтов и эффективнее на участках, на которых процесс почвообразования практически завершен. **Практическая значимость:** Показано, что наиболее благоприятно сложившиеся гидрологические условия на поверхности рекультивированных отвалов угольных шахт способствуют формированию фитоценозов на уровне естественных ландшафтов.

Ключевые слова: Шахта, породный отвал, террикон, квазиприродный ландшафт, фитоценоз, водопроницаемость, склон, отвальная порода, почвогрунт.

Введение

Среди всех веществ, имеющих на Земле, вода, благодаря своеобразию своих физических и химических свойств, занимает исключительное положение в природе и играет особую роль в жизни человека. Поверхность нашей планеты покрыта водой практически на три четверти, и вода по праву считается источником жизни на Земле. Все вещества планеты, будь то живые тела, горные породы, минералы, включают ее в свой состав. В то же время именно вода является одним из природных лимитирующих факторов

на территории Донбасса, крупнейшего угледобывающего региона, где располагается Донецкий угольный бассейн. В результате проводимой интенсивной угледобычи данный регион перенасыщен отвалами пустой породы — терриконами. Такие территории являются зонами повышенной экологической опасности [1, 2]. В целях предотвращения вредного воздействия терриконов на окружающую среду следует осуществлять рекультивацию отвальной породы. В частности, при выполнении биологического этапа рекультивации необходимо учитывать гидрологические

факторы, оказывающие значительное влияние на эффективность формирования фитоценозов на отвалах [3].

Основной **целью** работы является исследование сложившихся гидрологических условий формирования фитоценозов квазиприродных ландшафтов рекультивированных отвалов угольных шахт.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Исследовать состояние сформировавшегося фитоценоза на поверхности рекультивированного отвала угольной шахты.
2. Выполнить в полевых условиях опыты по определению водопроницаемости отвальной породы рекультивированного террикона.
3. Проанализировать влияние гидрологических условий на формирование фитоценозов квазиприродных ландшафтов.

Материалы и методы исследования

Осуществляемые в данной работе исследования по определению гидрологических условий формирования фитоценозов на поверхности терриконов проводились на типичном отвале угольной шахты Донбасса. Данный отвал располагается в поселке Сутоган Лутугинского района Луганской Народной Республики. Типичность отвала определялась наличием перечня характерных показателей: высотой, площадью поверхности, видовыми и таксационными показателями растительности и древостоя и др.

Объекты шахты, включая исследуемый отвал, располагаются в степной зоне, где преимущественно господствует разнотравно-типчачково-ковыльная растительность. Однако с началом эксплуатации шахты естественные ландшафты разрушались и постепенно преобразовывались в техногенные с высокой негативной нагрузкой на окружающую природную среду.

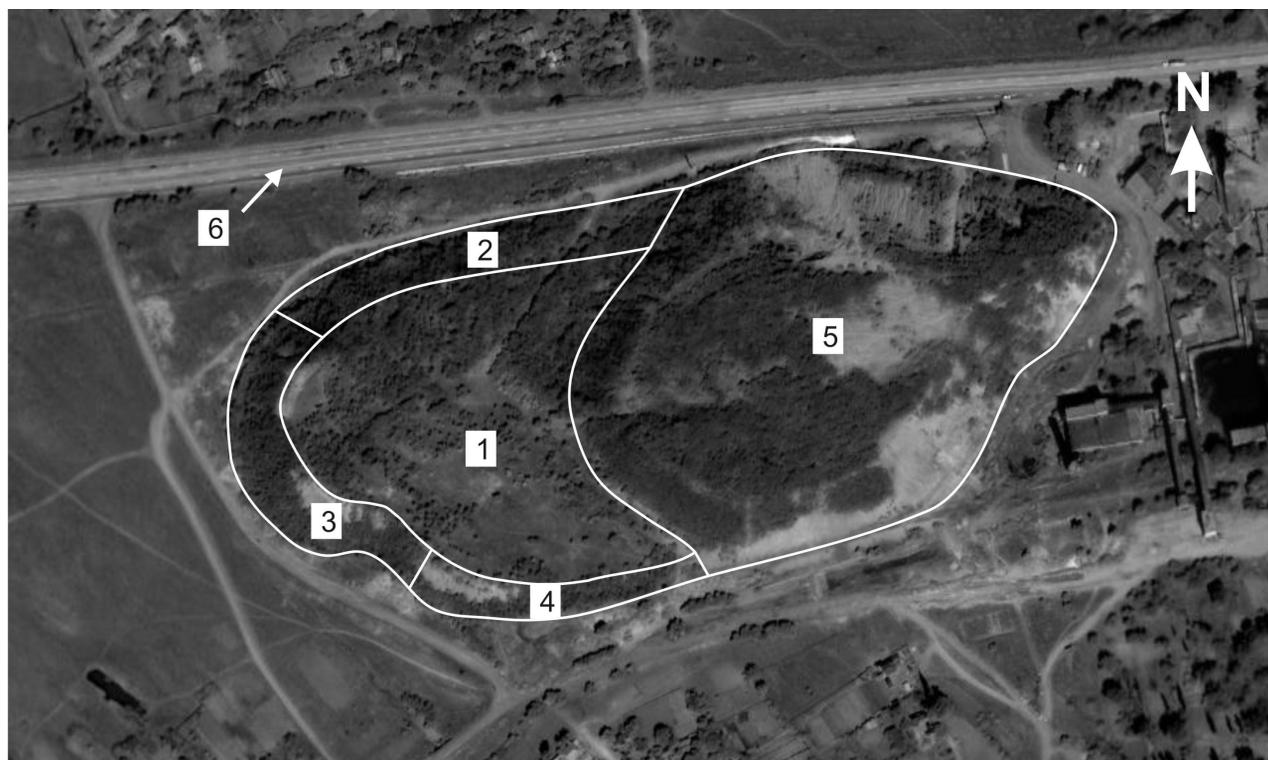
К факторам негативного воздействия на прилегающие территории следует отнести: разработку месторождений каменного угля подземным способом, складирование пустой породы и формирование отвалов. Также в районе исследования вблизи шахты располагаются промышленные предприятия, железнодорожные линии, автотрассы, которые являются источниками воздействия на атмосферу [1, 4].

На исследуемой территории обнаруживается значительная деформация земной поверхности, которая присуща территориям III–IV групп (то есть не имеет экологически опасных изменений в геологической среде) и стала результатом эксплуатационной деятельности шахты [5–8].

Такие антропогенные формы рельефа, как отвалы, пустыри, отстойники, свалки, являются фактором прямого отрицательного воздействия на природные ландшафты района, что привело к гибели фитоценозов, формированию новых растительных группировок, нарушению развития растений, снижению их общей продуктивности.

На исследуемой территории района расположения шахты преобладают следующие древесные породы: клен остролистный (*Acer platanoides* L.), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ива остролистная (*Salix acutifolia* Will), акация белая (*Robinia pseudoacacia*). Зерновые культуры характерны для пахотных земель, на территории малоэтажной застройки произрастают садовые культуры. Травянистая растительность данной местности представлена в основном тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium*), васильком растопыренным (*Centaurea squarrosa*), шалфеем обыкновенным (*Salvia plebeia*), полынью австрийской (*Artemisia austriaca* Jacq.), резедой желтой (*Reseda lutea* L.), подорожником ланцетовидным (*Plantago lanceolata* L.).

После изъятия пустой породы при добыче угля подземным способом на территории иссле-



Групповой отвал шахты в поселке Сутоган Луганской Народной Республики:
 1–4 — отвал № 2 (1 — плоская вершина, 2 — северный склон, 3 — западный склон,
 4 — южный склон); 5 — отвал № 1; 6 — автомобильная дорога Луганск — Алчевск

дуемой шахты осуществлялось ее складирование в групповой действующий породный отвал плоской формы, который находится на расстоянии 3 км от центральной промплощадки шахты в юго-восточном направлении.

С целью исключить самовозгорание породы в отвале применялась современная технология ее отсыпки с использованием в качестве инертного материала глины [1, 3, 4].

Рекультивация отвалов исследуемой шахты (рисунок) проводилась в два этапа, первый — горнотехнический, осуществлялся в 1982–1983 гг. по способу Донецкого ботанического сада [3, 9]. В ходе данного этапа высота отвала понижалась за счет срезания вершины, формировалось плоское плато и наносился на поверхность всего отвала потенциально плодородный грунт. Биологический этап состоял в посадке на склонах акации белой (*Robinia pseudoacacia*) и на плоской вершине груши обыкновенной (*Pyrus communis*

L.), абрикоса обыкновенного (*Armeniaca vulgaris* Lam.) и акации белой. За счет процессов формирования естественного биоценоза склоны и вершина отвала покрылись густым травянистым покровом, который был занесен с прилегающей к отвалу степной территории, а также развился из семян, находящихся в потенциально плодородном грунте, используемом на данном этапе рекультивации. На момент проведения исследований удалось идентифицировать более 20 видов растений, которые успешно произрастают на всей поверхности отвала, среди которых: лапчатка восточная, донник лекарственный, горошек мышиный, пырей ползучий, подорожник ланцетолистный, тысячелистник степной, льнянка понтийская, сокирки полевые и др.

Известно, что продуктивность фитоценозов во многом зависит от абиотических факторов их формирования, особенно от степени увлажнения почв. Поверхность терриконов, располо-

Водопроницаемость отвальной породы и почвогрунта (мм/мин.)

№ повторности	Экспозиция проведенного исследования			
	западный склон	плоская вершина	северный склон	южный склон
1	8,29	1,25	7,09	22,75
2	8,13	0,86	11,67	29,57
3	8,55	0,96	7,77	17,98
Среднее значение	8,32	1,02	8,85	23,43

женных в степной зоне в основном состоит из аридных участков, неблагоприятных для роста и развития устойчивого растительного покрова, а также высокопродуктивного древостоя. Поэтому интерес представляло провести исследование водопроницаемости почвогрунтов рекультивированного отвала шахты поселка Сутоган Луганской Народной Республики для выявления эффективности проводимых рекультивационных мероприятий.

Для определения водопроницаемости отвальной породы и почвогрунтов использовали металлическое кольцо высотой 10 см и диаметром 5 см, которое до половины вдавливалось в почвогрунт. При этом верхняя половина кольца, находящаяся на поверхности, заполнялась водой. Секундометром измерялось время впитывания воды в отвальную породу. Процесс повторяли до тех пор, пока время впитывания уже не изменялось. Величиной водопроницаемости считали отношение высоты налитой воды (50 мм) ко времени ее впитывания.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные значения водопроницаемости почвогрунта исследованного отвала представлены в таблице.

Также было проанализировано влияние сложившихся гидрологических условий на формирование фитоценозов на поверхности отвала.

Неоднородность результатов вызвана особенностями рельефа терриконика в совокупности с влиянием погодных условий, что привело к образованию различных почвенных

составов, характерных для каждой экспозиции. Так, южный склон имеет крутой угол откоса (порядка 35–45°). Формируемый здесь плодородный слой, попадавший с вершины, а также с посадочных ям высаживаемых саженцев, по большей части смывался. Почвогрунт южного склона в основном состоит из пустой породы, видимо, имеющей высокие гигроскопические свойства, что и приводит к провальным значениям водопроницаемости. К лимитирующим факторам произрастания фитоценоза на южном склоне также относится и большая освещенность солнцем, приводящая к его большому нагреву и испарению имеющейся в почвогрунте влаги. В связи с этим на склоне южной экспозиции формируются наиболее аридные места произрастания и растительность здесь представлена всего 4 видами. Условия увлажнения здесь приближаются к сухостепным.

Значительная плотность лесонасаждений характерна для более пологого северного и западного склонов. Западный склон также имеет достаточно плотный травяной покров, видовое разнообразие насчитывает около 8 видов растений. На момент исследований здесь успели сформироваться благоприятные условия для произрастания фитоценоза. Условия увлажнения на этих склонах приближаются к лесостепным.

Значения водопроницаемости почвогрунта на вершине отвала также распределены неравномерно. Северная и центральная части вершины имеют высокую плотность как лесонасаждений, так и травяного покрова. Растительность пред-

ставлена 10 видами. Здесь почвообразовательный процесс по большей части можно назвать завершённым. Характерные значения водопроницаемости — 1,2–1,5 мм/мин. Южная же часть вершины содержит неглубокий слой плодородного грунта и уплотнённую отвальную породу. Поэтому данный участок плато покрыт травостоем до 40 % и практически не содержит лесонасаждений. Значения водопроницаемости — на уровне 0,85–1,2 мм/мин.

Выводы

Таким образом, продуктивность фитоценозов на рекультивированных отвалах угольных шахт напрямую зависит от гидрологических свойств сформированных почвогрунтов и эффективнее на участках, на которых процесс почвообразования практически завершён. Наиболее благоприятно сложившиеся гидрологические условия способствуют формированию фитоценозов на уровне естественных ландшафтов.

Библиографический список

1. Зборщик М. П. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. — Донецк: ДонГТУ, 1996. — 178 с.
2. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Под ред. Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермакова. — Донецк: Норд-Пресс, 2004. — 631 с.
3. Методические рекомендации по биологической рекультивации площадей плоских породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик Украинской ССР. — Донецк: ЦБНТИ, МУП УССР, 1990. — 54 с.
4. Зубов А. Р. Геоинформационные системы терриконовых ландшафтов Луганской области / А. Р. Зубов, Л. Г. Зубова, С. Г. Воробьев // Академический вестник. — Кривой Рог, 2007. — № 19. — С. 16–17.

5. Ахтямов Р. Г. Оценка и пути уменьшения экологической опасности объектов автотранспортной инфраструктуры урбанизированной территории: автореф. дисс. на ... канд. техн. наук / Р. Г. Ахтямов. — Казань: Казанский государственный технологический университет, 2009. — 19 с.

6. Ахтямов Р. Г. Подходы к оценке критического срока эксплуатации технологического оборудования на опасных производственных объектах / Р. Г. Ахтямов, А. Н. Елизарьев, Н. С. Сенюшкин и др. // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 5. — С. 122.

7. Елизарьев А. Н. Современные технологии защиты объектов транспортной инфраструктуры на основе моделирования опасных ситуаций / А. Н. Елизарьев, Р. Г. Ахтямов, С. Г. Аксенов и др. // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 10(214). — С. 23–28.

8. Ахтямов Р. Г. Разработка методики выявления потенциально опасных объектов / Р. Г. Ахтямов, Н. С. Сенюшкин, А. В. Суханов // Вестник Воронежского государственного технического университета. — 2011. — Т. 7. — № 5. — С. 192–197.

9. Методические рекомендации по защитно-мелиоративному озеленению породных отвалов. — Донецк: ДБНТИ, МУП УССР, 1980. — 24 с.

Дата поступления: 28.05.2023

Решение о публикации: 01.07.2023

Контактная информация:

ХАРЛАМОВА Алина Вадимовна — канд. техн. наук, доц.; alavina@yandex.ru

ХАРИТОНЕНКО Александр Леонидович — канд. техн. наук, доц.; tsar-87@mail.ru

СОЛОВЬЕВА Валентина Яковлевна — д-р техн. наук, проф.

СУВОРОВА Ольга Константиновна — канд. физ.-мат. наук, доц.; suolko@gmail.com

Hydrological Conditions for the Formation of Phytocenoses on Reclaimed Colliery Spoil Heaps

A. V. Kharlamova, A. L. Kharitonenko, V. Ya. Solovieva, O. K. Suvorova

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Kharlamova A. V., Kharitonenko A. L., Solovieva V. Ya., Suvorova O. K. Hydrological Conditions for the Formation of Phytocenoses on Reclaimed Colliery Spoil Heaps // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 3, pp. 751–757. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-3-751-757

Summary

Purpose: Study of the hydrological conditions for the formation of phytocenoses on reclaimed colliery spoil heaps. The state of the formed phytocenosis on the surface of the reclaimed colliery spoil heap has been studied. Experiments have been carried out in field conditions to determine the permeability of the spoil material of the reclaimed spoil heap. The influence of hydrological conditions on the formation of phytocenoses in quasi-natural landscapes is analyzed. **Methods:** Analysis of the state of the phytocenosis of the reclaimed spoil heap with the determination of the water permeability of the spoil material. **Results:** It has been established that the productivity of phytocenoses on reclaimed spoil heaps of coal mines directly depends on the hydrological properties of the formed soils, and is more effective in areas where the process of soil formation is almost completed. **Practical significance:** It is shown that the most favorable hydrological conditions on the surface of the reclaimed colliery spoil heaps contribute to the formation of phytocenoses at the level of natural landscapes.

Keywords: Mine, slag heap, spoil heap, quasi-natural landscape, phytocenosis, water permeability, slope, spoil material, soil.

References

1. Zborshhik M. P., Osokin V. V. Predotvrashhenie ekologicheskii vrednykh pojavlenij v porodakh ugol'nykh mestorozhdenij [*Prevention of environmentally harmful manifestations in the rocks of coal deposits*]. Doneck: DonGTU Publ., 1996, 178 p. (In Russian)
2. *Tekhnogennye posledstviya zakrytiya ugol'nykh shaht Ukrainy*. Pod red. Yu. N. Gavrilenko, V. N. Ermakova [Technogenic consequences of the closure of coal mines in Ukraine]. Doneck: Nord-Press Publ., 2004, 631 p. (In Russian)
3. *Metodicheskie rekomendacii po biologicheskoi rekul'tivacii ploshchadej ploskih porodnykh otvalov ugol'nykh shaht i obogatitel'nykh fabrik Ukrainskoj SSR* [Guidelines for the biological reclamation of areas of flat rock dumps in coal mines and processing plants in the Ukrainian SSR]. Doneck: CBNTI, MUP USSR Publ., 1990, 54 p. (In Russian)
4. Zubov A. R., Zubova L. G., Vorob'ev S. G. Geoinformacionnye sistemy terrikonovykh landshaftov Luganskoj oblasti [Geoinformation systems of waste heap landscapes of the Luhansk region]. *Akademicheskij vestnik* [Academic Bulletin]. Krivoy Rog, 2007, Iss. 19, pp. 16–17. (In Russian)
5. Ahtyamov R. G. *Otsenka i puti umen'sheniya ekologicheskoi opasnosti ob'ektov avtotransportnoy infrastruktury urbanizirovannoy territorii: avtoref. diss. na ... kand. tekhn. nauk; Kazanskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskij universitet* [Evaluation and ways to reduce the environmental hazard of the objects of the motor transport infrastructure of an urbanized territory: author. diss. on ... cand. tech. Sciences]. Kazan': Kazan State Technological University Publ., 2009, 19 p. (In Russian)
6. Ahtyamov R. G., Elizar'ev A. N., Senyushkin N. S. et al. Podhody k ocenke kriticheskogo sroka ekspluatatsii tekhnologicheskogo oborudovaniya na opasnykh proizvodstvennykh ob'ektah [Approaches to assessing the critical life of technological equipment at hazardous production facilities]. *Sovremennye problemy nauki i*

obrazovaniya [Modern problems of science and education]. 2012, Iss. 5, p. 122. (In Russian)

7. Elizar'ev A. N., Ahtyamov R. G., Aksenov S. G. et al. *Sovremennye tekhnologii zashchity ob'ektov transportnoj infrastruktury na osnove modelirovaniya opasnyh situacij* [Modern technologies for the protection of transport infrastructure facilities based on the simulation of dangerous situations]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Life safety]. 2018, Iss. 10(214), pp. 23–28. (In Russian)

8. Ahtyamov R. G., Senyushkin N. S., Suhanov A. V. *Razrabotka metodiki vyyavleniya potencial'no opasnyh ob'ektov* [Development of a methodology for identifying potentially hazardous objects]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Technical University]. 2011, vol. 7, Iss. 5, pp. 192–197. (In Russian)

9. *Metodicheskie rekomendacii po zashchitno-meliorativnomu ozeleneniyu porodnyh otvalov* [Guidelines for protective and reclamation landscaping of rock dumps]. Doneck: DBNTI, MUP USSR Publ., 1980, 24 p. (In Russian)

Received: May 28, 2023

Accepted: July 01, 2023

Author's information:

Alina V. KHARLAMOVA — PhD in Engineering, Associate Professor; alavina@yandex.ru

Alexander L. KHARITONENKO — PhD in Engineering, Associate Professor; tsar-87@mail.ru

Valentina Ya. SOLOVIEVA — Dr. Sci. in Engineering, Professor

Olga K. SUVOROVA — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor; suolko@gmail.com