

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-4-288-291>

УДК 511.2; 528.9

Изучение солигорских солеотвалов с помощью новейших геодезических технологий

Канд. геогр. наук, доц. В. И. Михайлов¹⁾, инженеры С. И. Кононович²⁾, Ю. Н. Чиберкус²⁾,
А. О. Воронович¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь),

²⁾ЗАО «Экомир» (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2018
Belarusian National Technical University, 2018

Реферат. Интенсивная разработка Старобинского месторождения связана с образованием солеотвалов, которые увеличиваются ежегодно и достигли уже 120–150 м в высоту, 1,5 млрд т в объеме, занимают площадь ≈3000 га. Это приводит к активизации геодинамических процессов, засолению грунтов и подземных вод. Поэтому изучение солеотвалов с помощью новейших геодезических технологий – один из наиболее эффективных методов по охране окружающей среды. Геодезические инновационные технологии изучения рельефа солеотвала включают: создание с помощью GPS-системы планового и высотного обоснования по его периметру и на трассе перемещения техники по солеотвалу; экспериментальные изучения рельефа солеотвала электронным тахеометром с безотражательным режимом; импорт координат пикетных точек в программный комплекс LISCAD Plus, в котором формируется цифровая модель солеотвала; изучение цифровой модели солеотвала и ее интерпретация. Более точный способ изучения солевых отвалов – лазерное сканирование сканером Leica ScanStation C10. Для получения данных о солеотвале выполняются операции с нескольких станций, обеспечивающих полный его обзор. Результаты съемки вводятся в компьютер, «сшиваются», и таким образом получается цифровая модель солеотвала. Преимущество лазерного сканирования – полная автоматизация, существенно возрастает точность, сокращается время съемки. Это позволяет повысить эффективность различных мероприятий по улучшению состояния окружающей среды.

Ключевые слова: солеотвал, система GPS, электронный тахеометр, лазерный сканер, программный комплекс LISCAD Plus SEE

Для цитирования: Изучение солигорских солеотвалов с помощью новейших геодезических технологий / В. И. Михайлов [и др.] // *Наука и техника*. 2018. Т. 17, № 4. С. 288–291. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-4-288-291>

Study of Soligorsk Salt Tailings Piles while Using Up-To-Date Geodetic Technologies

V. I. Mikhailov¹⁾, S. I. Kononovich²⁾, Yu. N. Chiberkus²⁾, A. O. Voronovich¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus),

²⁾ZAO “Ecomir” (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Intensive development of the Starobinsk deposit is related with formation of salt tailings piles which are annually increasing and they have already reached the height of 120–150 m, their volume constitutes 1.5 billion tons and their area is equal up to ≈3000 ha. Such situation leads to activation of geodynamic processes, salting of soil and underground water. For this reason study of salt tailings piles with the help of up-to-date geodetic technologies is considered as the most efficient methods for environmental protection. Geodetic innovation technologies for study of salt tailings relief include the following: creation of plan and height control along relief perimeter and route of equipment motion within salt tailings pile with the help GPS-system; experimental study of salt tailings relief while using an electronic tacheometer with reflectorless regime; import of total station coordinates in software package LISCAD Plus where simulation of salt tailings is formed; study of digital salt tailings simulation and its interpretation. More accurate study of salt tailings is carried out by laser scanning while using scanner Leica ScanStation C10. Operations from several stations are executed with the purpose to obtain data on salt

Адрес для переписки

Михайлов Владимир Иванович
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 150,
220014, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 265-95-97
inggeod@bntu.by

Address for correspondence

Mikhailov Vladimir I.
Belarusian National Technical University
150 Nezavisimosty Ave.,
220014, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 265-95-97
inggeod@bntu.by

tailings and these operations provide their complete survey. Results of the survey are loaded into a computer; the data is compiled together and so a digital simulation of salt tailings is obtained. An advantage of laser scanning is complete automation and due to this accuracy is increased significantly and time required for the survey is reduced. Such approach makes it possible to increase efficiency in various measures directed on improvement of environmental conditions.

Keywords: salt tailing, GPS-system, electronic tacheometer, laser scanner, software package LISCAD Plus SEE

For citation: Mikhailov V. I., Kononovich S. I., Chiberkus Yu. N., Voronovich A. O. (2018). Study of Soligorsk Salt Tailings Piles while Using Up-To-Date Geodetic Technologies. *Science and Technique*. 17 (4), 288–291. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2018-17-4-288-291> (in Russian)

При переработке и обогащении сырья Солигорским горнодобывающим комплексом ежегодно образуются миллионы тонн твердых галитовых отходов и сотни тысяч тонн глинисто-солевых шлаков, занимающих большие площади (около 3000 га) под отвалы и шламохранилища с ориентированным объемом 1,5 млрд т. Одним из перспективных и экономически целесообразных способов утилизации этих отходов является их переработка с получением поваренной соли. Вторым крупным потребителем галитовых отходов может быть производство кальцинированной соды. Однако они лишь частично могут быть переработаны в поваренную соль и содопродукты, значительная часть их не находит сбыта и подлежит захоронению.

В целях охраны окружающей среды и сохранения земельных угодий разработан и используется способ высотного складирования галитовых отходов в солеотвалы (рис. 1). На сегодняшний день они заметны за многие километры и представляют собой красноватые горы, достигающие в высоту 120–150 м.



Рис. 1. Солеотвалы. Использование лазерного сканера Leica ScanStation C10 для создания цифровой модели рельефа

Fig. 1. Salt tailings piles. Usage of laser scanner Leica ScanStation C10 for creation of digital relief simulation

Такая концентрация их огромных масс на ограниченной площади земной поверхности приводит к активизации геодинамических процессов. Кроме этого, эрозия и смыл дождевыми и тальми водами ежегодно вызывают осадку соляных холмов на несколько метров, что

ухудшает экологическую ситуацию в данном районе. Они становятся источником засоления почво-грунтов и подземных вод. Поэтому это обстоятельство требует действенной системы слежения, прогнозирования и управления процессами складирования галитовых отходов.

В Солигорском промрайоне наблюдения за процессом засоления подземных вод и грунтов осуществляются с использованием инженерно-геологических, геохимических, геофизических и геодезических методов [1, 2]. Однако существенного улучшения природных ландшафтов в регионе пока не произошло. Одной из причин, на наш взгляд, является отсутствие должного контроля за состоянием и динамикой солеотвалов.

Наряду с вышеперечисленными методами, изучение галитовых отходов с помощью инновационных технологий – один из эффективных способов при охране и рациональном использовании окружающей среды этого района [3, 4].

В настоящее время при решении данной задачи весьма привлекательно использование как принципиально новых геодезических приборов в комплексе с персональными компьютерами и специализированным программным обеспечением для обработки, планирования, интерпретации и документирования данных, так и традиционных для классической геодезии приборов, дополненных новыми функциями и реализованных с учетом новейших технологий. К разделу принципиально новых можно отнести спутниковые системы позиционирования (GPS-системы), электронные тахеометры, использующие лазерные дальномеры, способные измерять расстояния без отражателя, с автоматической регистрацией результатов измерений в цифровом виде со встроенным программным обеспечением для решения ряда прикладных задач.

Таким образом, полевые работы по измерению рельефа солеотвалов с учетом вышеизложенного сводятся к следующему:

– созданию с помощью GPS-системы планового и высотного обоснования для тахеометрической съемки рельефа солеотвала;

– измерению с помощью тахеометра в безотражательном режиме.

Безусловно, регистрировать все рельефные точки на солеотвале можно только с использованием GPS-системы в реальном масштабе времени. Однако при этом исполнитель с GPS-приемником должен пешком пройти по всем точкам, что весьма трудоемко и требует больших временных затрат. Гораздо эффективнее применять GPS-приемник при создании планового и высотного обоснования по периметру галитовых отходов и на трассах перемещения по нему техники. Затем на точках обоснования установить тахеометр, например Leica TS02, Leica TS06, с дальностью безотражательных измерений до 1000 м и выполнить окончательные наблюдения. По нашему мнению, наибольшую эффективность такая съемка может дать при разработке участка галитовых отходов и отгрузке техногенной соли, а также для измерения деформаций земной поверхности вокруг солеотвалов.

После полевых измерений координат рельефных точек они импортируются в программный комплекс LISCAD Plus, в котором выполняется моделирование рельефа или, другими словами, формирование цифровой модели солеотвала (ЦМС) на основе метода строгой триангуляции. Этот комплекс предоставляет достаточно удобные возможности для работы с ЦМС и последующих вычислений объемов галитовых отходов. Так, LISCAD Plus позволяет создать базу ЦМС и затем сравнивать ее с другими аналогичными моделями, полученными в последующие эпохи съемок. Это необходимо для определения разностей объемов, а также для осуществления трехмерной визуализации и вращения цифровой модели галитовых отходов.

Метод наземного лазерного сканирования характеризуется большой детализацией измерительных поверхностей, высокой производительностью, возможностью получения 3D-модели объекта местности [5, 6].

Более дорогой, но максимально точный, этот метод нашел уже широкое применение на практике. Например, при инженерно-геодезических изысканиях [7], изучении оползней и береговой зоны [8], ремонте автодорог [9] и картографировании геологических разрезов [10]. Поэтому эффективный метод изучения солевых отвалов – лазерное сканирование, интерес к которому растет с каждым годом.

Лазерный сканер Leica ScanStation C10 (рис. 2) устанавливается на штатив. Исполнитель задает требуемую плотность облака точек (разрешение на местности, которое может быть по-

рядка сантиметра) и область съемки, затем запускает процесс сканирования. Для получения полных данных о солеотвале выполняются аналогичные операции с нескольких станций (позиций), обеспечивающих полный обзор солевых отвалов. Результаты съемки со всех станций вводятся в компьютер, «сшиваются», и таким образом получается полная цифровая модель солеотвала.



Рис. 2. Лазерный сканер Leica ScanStation C10

Fig. 2. Laser scanner Leica ScanStation C10

Преимущество лазерного сканирования заключается в полном автоматическом сканировании галитовых отходов, что исключает субъективный фактор при выборе пикетных точек, например исполнителем тахеометрической съемки.

Фрагмент измерения объема части солеотвала лазерного сканера Leica ScanStation C10 приведен на рис. 3.

Сопоставительный анализ современной методики слежения за изменениями рельефа солеотвалов показал неоспоримое преимущество последней – существенно возросли точностные характеристики съемки. Кроме этого, если раньше полевые работы для съемки одного такого объекта требовали от одной до нескольких недель, то с использованием новых технологий их можно выполнить в течение одного дня.

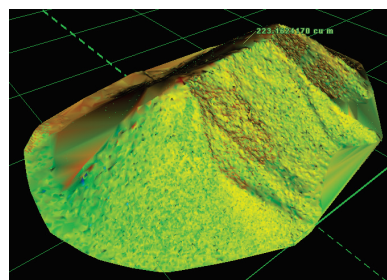


Рис. 3. Цифровая модель поверхности солеотвала

Fig. 3. Digital Surface Model [DSM] of salt tailings

ВЫВОДЫ

1. Предложенная геодезическая методика изучения галитовых отходов на основе иннова-

ционных технологий позволяет более эффективно использовать GPS-приемник для создания пунктов съемочного обоснования по периметру солеотвалов и на трассе перемещения техники по соляным отвалам.

2. Разработанная методика создания цифровой модели солеотвала на основе полевых измерений электронным тахеометром дает возможность вычислять текущие объемы галитовых отходов.

3. Проведенные экспериментальные измерения солеотвала лазерным сканером с нескольких станций показали высокую эффективность построения полной цифровой модели обследуемого объекта за короткий промежуток времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астровский, А. А. О возможности изучения Солигорских солеотвалов с помощью фототеодолитной съемки / А. А. Астровский, В. И. Михайлов // Калийные соли Беларуси: состояние, освоение месторождений, перспективы развития, проблемы: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 1999. С. 137–139.
2. Михайлов, В. И. Изучение антропогенной геодинамики горнопромышленных районов, находящихся в экстремальных условиях / В. И. Михайлов, А. О. Серченя // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 11-й науч.-техн. конф. Минск: БНТУ, 2011. Т. 2. С. 46.
3. Изучение геодинамических явлений в Солигорском горнопромышленном районе инновационными технологиями / В. И. Михайлов [и др.] // Наука и техника. 2013. № 6. С. 60–63.
4. Экспериментальный геодезический мониторинг Солигорских солеотвалов на основе инновационных технологий / В. И. Михайлов [и др.] // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 12-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2014. Т. 3. С. 47.
5. Шевченко, Е. Н. Наземная лазерная сканирующая система Riegl LMS-Z420i – новейший метод дистанционного зондирования / Е. Н. Шевченко, В. Ф. Кучук, Н. А. Дуброва // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. 2008. № 2. С. 125–131.
6. Медведев, Е. М. Преимущества применения лазерных сканирующих систем наземного и авиационного базирования / Е. М. Медведев, С. Р. Мельников // Горная промышленность. 2002. № 5. С. 2–4.
7. Азаров, Б. Ф. Использование лазерного сканера GLS-1500 Topcon для проведения инженерно-геодезических изысканий / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. 2014. № 1. С. 6–9.
8. О применении технологии наземного лазерного сканирования для оценки состояния компонентов береговой зоны в районе Вербенской косы (Азовское море) / А. В. Погорелов [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 2. С. 58–63.
9. Азаров, Б. Ф. Методика оценки объемов выполненных работ при ремонте автодорог с применением технологии наземного лазерного сканирования / Б. Ф. Азаров // Ползуновский вестник. 2017. № 1. С. 51–55.
10. Корецкая, Г. А. Особенности применения лазерных сканеров для картографирования разрезов / Г. А. Корецкая,

Д. С. Корецкий // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 3. С. 35–37.

Поступила 07.02.2018

Подписана в печать 19.04.2018

Опубликована онлайн 27.07.2018

REFERENCES

1. Astrovsky A. A., Mikhailov V. I. (1999) On Possibility to Study the Soligorsk Salt Tailings Piles with the Help of Photo-Theodolite Survey. *Kaliinye Soli Belarusi: Sostoyanie, Osvoenie Mestorozhdenii, Perspektivy Razvitiya, Problemy: Tezisi Doklada Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf* [Potassium Salts in Belarus: State, Deposit Development, Prospects, Problems: Report Abstracts of International Scientific and Practical Conference]. Minsk, 137–139 (in Russian).
2. Mikhailov V. I., Serchenia A. O. (2011) Study of Human-Induced Geodynamics in Mining Areas Being under Extreme Conditions. *Nauka – Obrazovaniyu, Proizvodstvu, Ekonomike: Materialy 11-i Nauch.-Tekhn. Konf. T. 2* [Science for Education, Production and Economy: Proceedings of the 11th Scientific and Technical Conference. Vol. 2]. Minsk, Belarusian National Technical University, 46 (in Russian).
3. Mikhailov V. I., Kononovich S. I., Chiberkus Yu. N., Terreshina O. Yu. (2013) Investigations of Geodynamic Phenomena in the Soligorsk Mining Region by Innovative Technologies. *Nauka i Tekhnika = Science and Technique*, (6), 60–63 (in Russian).
4. Mikhailov V. I., Kononovich S. I., Chiberkus Yu. N., Iskrikskaya A. O. (2014) Experimental Geodetic Monitoring of the Soligorsk Salt Tailings Piles on the Basis of Innovation Technologies. *Nauka – Obrazovaniyu, Proizvodstvu, Ekonomike: Materialy 12 Nauch.-Tekhn. Konf. T. 3* [Science for Education, Production and Economy: Proceedings of the 12th Scientific and Technical Conference. Vol. 3]. Minsk, 47 (in Russian).
5. Shevchenko E. N., Kuchuk V. F., Dubrova N. A. (2008) Terrestrial Laser Scanner System RIEGL LMS-Z420i – State-of-the Art Method for Remote Probing. *Naukovi Pratsi UkrNDMI NAN Ukraini* [Scientific Works Ukrainian State Research and Design Institute of Mining Geology, Rock Mechanics and Mine Surveying, National Academy of Sciences of Ukraine], (2), 125–131 (in Russian).
6. Medvedev E. M., Melnikov S. R. (2002) Advantages for Application of Land- and Airborne-Based Laser Scanning Systems. *Gornaya Promyshlennost* [Mining Industry], (5), 2–4 (in Russian).
7. Azarov B. F. (2014) Usage of Laser Scanning GLS-1500 Topcon for Execution of Engineering and Geodetic Surveys. *Polzunovsky Vestnik*, (1), 6–9 (in Russian).
8. Pogorelov A. V., Antonenko M. V., Fedorova S. I., Eletsky Yu. B. (2013) On Application of Technology for Land-Based Scanning to Evaluate State of Components in the Coastal Zone of the Verbensk Shallow Spit (Sea of Azov). *Zashchita Okruzhayushchey Sredy v Neftegazovom Komplekse* [Protection of Environment in Oil-Gas Complex], (2), 58–63 (in Russian).
9. Azarov B. F. (2017) Methodology for Evaluation of Scope for the Executed Works while Repairing Traffic Roads with Application of Land-Based Laser Scanning Technology. *Polzunovsky Vestnik*, (1), 51–55 (in Russian).
10. Koretskaya G. A., Koretsky D. S. (2013) Peculiar Features in Application of Laser Scanners for Open-Cast Mapping. *Vestnik Kuzbasskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, (3), 35–37 (in Russian).

Received: 07.02.2018

Accepted: 19.04.2018

Published online: 27.07.2018