

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ МЯГКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Казаков С.Д.<sup>1</sup>, Тихомиров М.А.<sup>1</sup>, Лапаева М.И.<sup>1</sup>, Вольнова А.А.<sup>1</sup>, Токарев А.А.<sup>1</sup>  
Руководитель проекта: Жирнова А.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение “Лицей № 15”,  
Саратов;*

<sup>2</sup>*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,  
Саратов*

**Ключевые слова:** робототехника в геологии, проблема добычи полезных ископаемых, полезные ископаемые Саратовской области, горючие сланцы, автоматизация процесса добычи мягких полезных ископаемых, модель робота.

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблематика добычи мягких ископаемых таких как сланец, который очень необходим в современном производстве пластмассы и медицинских препаратов. Процесс добычи сырья будет производиться автономными устройствами, за которыми будет следить оператор и в случае непредвиденной ситуации сможет взять управление на себя. Таким образом снижаются риски человеческих жертв во время добычи полезных ископаемых. На основе проведённых исследований была создана модель робота для добычи мягких полезных ископаемых.

## AUTOMATION OF THE PROCESS OF EXTRACTION OF SOFT MINERALS

*Kazakov S.D.<sup>1</sup>, Tikhomirov M.A.<sup>1</sup>, Lapaeva M.I.<sup>1</sup>, Volnova A.A.<sup>1</sup>, Tokarev A.A.<sup>1</sup>  
Project supervisor: Zhirnova A.S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Municipal Autonomous Educational Institution "Lyceum № 15", Saratov*

<sup>2</sup>*Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A., Saratov*

**Keywords:** robotics in geology, the problem of mining, minerals of the Saratov region, oil shales, automation of the process of extraction of soft minerals, the robot model.

**Abstract.** The article discusses the problems of mining soft minerals such as shale, which is very necessary in the modern production of plastics and medicines. The process of extraction of raw materials will be carried out by autonomous devices, which will be monitored by the operator and in case of an unforeseen situation will be able to take control. Thus, the risks of human casualties during mining are reduced. Based on the conducted research, a robot model was created for the extraction of soft minerals.

В современном мире появилось большое разнообразие роботов, которые приходят на помощь человеку в различных сферах жизни. В геологии робототехника имеет малое применение, но при этом она играет большую роль в геологических исследованиях, предоставляя геологам уникальные возможности для изучения и анализа земных процессов. Это новейшая область науки, которая объединяет технологии роботов и геологических исследований, позволяя создать устройства, способные выполнять сложные задачи на местности, где человеку трудно или опасно находиться.

Саратовская область богата и разнообразна полезными ископаемыми. В регионе выявлено и разведано большое количество месторождений

углеводородного сырья и твердых ископаемых: нефть, газ, сырье для производства строительных материалов (мел, мергель, пески, цементное сырье, кирпично-черепичные глины), сера, цеолиты, агроруды и горючие сланцы.

По количеству перспективных и прогнозных ресурсов углеводородного сырья область занимает первое место в Поволжье, по реальным запасам сырья – четвертое. Объем добываемого углеводородного сырья составляет 40% от общей потребности, промышленная добыча сосредоточена в нескольких районах области. На ближайшее десятилетие прогнозируется повышение значимости альтернативных энергоносителей – каменного угля, горючих сланцев. На долю Волжского сланцевого бассейна (значительная часть расположена на территории Саратовской области) приходится **более 31%** от общих промышленных запасов по России. Основные месторождения горючих сланцев расположены в саратовском Заволжье, общие геологические запасы составляют 11,2 млрд. т по горной массе и 9,1 млрд. т – по чистому сланцу [1].

### **Актуальность и проблематика**

Горючие сланцы – это уникальный продукт, включающий в себя нефтяные составляющие и минеральные компоненты. Из него можно добывать 70 видов материалов, главные из которых – нефть, газ, сера, бензол цемент и очень ценный и редкий металл – рений. Сейчас Россия закупает рений в США, Чили и Казахстане. И еще один, стратегически важный компонент содержится в саратовских горючих сланцах – кокс. Он используется в ядерных реакторах, из него сложены стены реакторов, из кокса делают установки для производства монокристаллического кремния, кокс служит сырьем для изготовления алмазных инструментов, кокс используется для работы мощных плавильных печей. Наша область может производить в год 3 тысячи тонн сланцевого кокса.

Однако, разработка месторождений не ведется, т.к. горючие сланцы в нашем регионе залегают «тонкими» слоями толщиной 50-100 см и небольшой протяженностью от 200 м до 1000 м [2]. При таких условиях стандартные методы добычи такие как шахтовый и карьерный не подходят, т.к. становятся экономически не выгодными и трудозатратными. Учеными Саратовского государственного технического университета была разработана установка, которая позволяет вести добычу горючих сланцев путем бурения большого диаметра в тонких продуктивных пластах. Но, проблематика сохраняется, т.к. данное предложение требует больших инвестиционных вложений.

### **Цель работы**

С учетом особенности залегания горючих сланцев в нашем регионе спроектировать роботизированное средство, позволяющее разрабатывать «тонкие» продуктивные пласты, передвигаться внутри плоскости в любом направлении, транспортировать добытую породу к точке сбора (узел агрегации).

### **Авторское решение**

Широко известна идея шнекового движителя, которая успешно используется при создании вездеходных транспортных средств.

В основе проекта лежит идея применения шнека в качестве как рабочего ножа для разработки пласта, так и в качестве движителя для перемещения робота внутри пласта.

Проектируемый робот состоит из цепочки шарнирно сочлененных, однотипных модулей (рис. 1, 2).

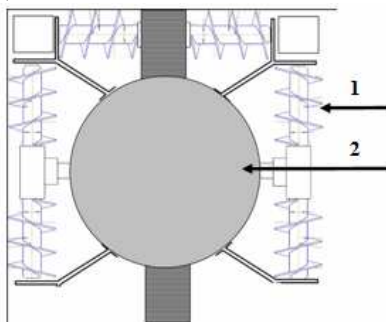


Рис. 1. Модуль робота: 1 – шнеки, 2 – бункер

Каждый модуль имеет шесть независимо вращаемых шнековых ножей, расположенных попарно в передней части модуля и на боковых частях. В центральной части модуля расположен бункер для сбора породы и центральный шнековый механизм для транспортировки породы в заднюю часть и передачи в следующий по цепочки модуль (рис. 1, 2).

В зависимости от направления вращения ножей они либо разрабатывают пласт с одной из сторон и нагнетают породу внутрь бункера, либо перемешивают модуль в пласте в направлении оси своего вращения.

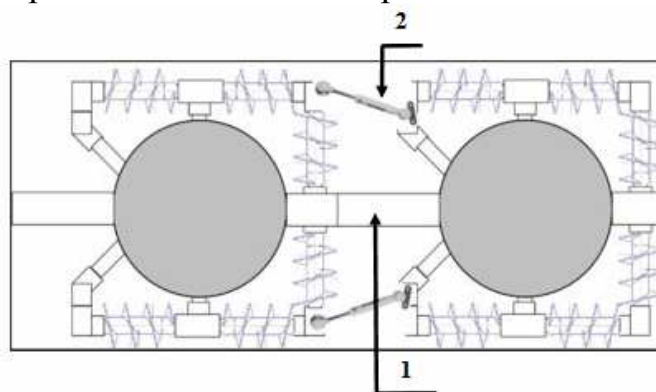


Рис. 2. Цепочка модулей: 1 – гибкий канал, 2 – шарнирное соединение

Узел стыковки модулей представляет из себя гибкий канал для передачи породы от модуля к модулю, а также шарнирное сочленение с парой силовых гидроцилиндров для обеспечения позиционирования модулей между собой (рис. 2). Это необходимо для управления направлением движения. Сжатие, разжатые создает эффект движения гусеницы или земляного червяка.

Верхняя и нижняя крышки модуля также оснащены гидроприводами, что позволяет при необходимости закрепить каждый модуль в пласте путем увеличения толщины модуля и распора в пласте.

Таким образом, при централизованном управлении всеми исполнительными механизмами цепочки модулей можно добиться продвижения цепи модулей в пласте практически в любом направлении с одновременной транспортировкой породы в конец цепи модулей.

Данная цепочка может состоять из множества модулей, с одинаковым функциональным назначением – разработка и транспортировка ископаемых (рис. 3).

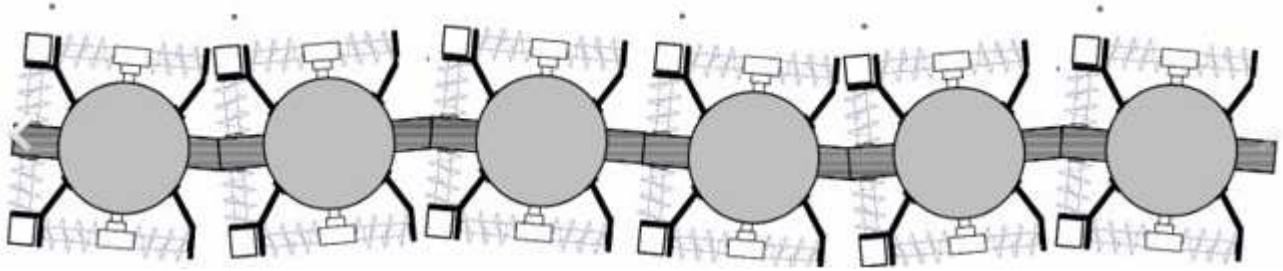


Рис. 3. Схематичное изображение цепочки однотипных роботов в «шахте»

После завершения выработки пласта производится «бетонирования» шахты и заполнение ее раствором, чтобы не образовывались пустоты. Для этого в бункер модуля загружается сухая цементная смесь, центральный шнековый механизм включается в реверсный режим и через гибкий канал поступает в шахту. Затвердение бетона происходит постепенно путем поступления сточных вод. Как вариант, возможно наполнение отдельных модулей водой, которая смешивается с сухой смесью и заполняет шахту бетоном при движении роботизированной системы.

Таким образом, автономные роботы для сбора образцов грунта и горных пород имеют несколько преимуществ, делающих их ценными инструментами для геологических исследований [3].

Во-первых, они могут работать в условиях, которые непригодны для человека, таких как высокие температуры, кислотность или радиоактивность. Это позволяет проводить исследования в опасных или взрывоопасных зонах без риска для жизни и здоровья исследователей.

Во-вторых, автономные роботы могут быть запрограммированы для проведения сложных операций сбора образцов с высокой точностью. Они могут выполнять серийные заборы образцов на заданной глубине или из специфических геологических слоев, что позволяет получить информацию, недоступную при обычных методах исследования. Это делает роботов особенно полезными при исследовании глубинных слоев Земли или подводных областей.

В-третьих, автономные роботы обладают возможностью безопасно перемещаться по труднодоступной местности или территориям с неровным рельефом. В зависимости от их конструкции и механизма передвижения, они могут использовать колеса, гусеницы, ноги или даже летающие аппараты для преодоления препятствий и достижения целей исследования.

Подводя итоги, можно констатировать следующее: робототехника в геологии предоставляет возможность проводить исследования в труднодоступных и опасных условиях. Роботы, оснащенные специальными датчиками и инструментами, могут проникать в недоступные для человека подземные тоннели и шахты, а также вести поиск в глубинах океана или ледников.

В случае реализации роботизированной системы по «гусеничному» принципу, в нашем регионе возможна добыча горючих сланцев, редкого металла рения и кокса, что значительно повысит экономическую составляющую как Саратовского региона, так и РФ в целом.

### **Список литературы**

1. Месторождения полезных ископаемых Саратовская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://catalogmineralov.ru/deposit/saratovskaya\\_oblast/?ysclid=ltos3j5be7154413636](https://catalogmineralov.ru/deposit/saratovskaya_oblast/?ysclid=ltos3j5be7154413636).
2. Инвестиционный проект «Комплексная добыча и переработка горючих сланцев на территории Коцебинского месторождения Перелюбского района Саратовской области», 2018 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ruindex.net/text/78/652/51837.php>.
3. Статья «Робототехника в геологии: новые методы исследования для эффективного поиска полезных ископаемых», 2022 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://airobotic.ru/novosti-i-tendencii-v-robototehnike/robototehnika\\_v\\_geologii-\\_novye\\_metody\\_issledovaniya/](https://airobotic.ru/novosti-i-tendencii-v-robototehnike/robototehnika_v_geologii-_novye_metody_issledovaniya/).

### Сведения об авторах:

*Казаков Сергей Дмитриевич* – ученик 6 “Б” класса;

*Тихомиров Максим Александрович* – ученик 6 “Б” класса;

*Лапаева Мария Игоревна* – ученик 6 “Б” класса;

*Вольнова Александра Александровна* – ученик 6 “Б” класса;

*Токарев Артём Андреевич* – ученик 6 “Б” класса;

*Жирнова Анна Сергеевна* – студент.