

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

XII Международная научно-практическая конференция

Инновационные перспективы Донбасса

XII Международная научно-практическая конференция
Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса



XVII Международная научно-техническая конференция
Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование



XXVI Международная научно-техническая конференция
Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых



XXI Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и студентов
Инженерные технологии XXI столетия глазами молодых

Том 6. Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ ДНР
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ ДНР
МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДНР

ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ ДонНТУ (г. Горловка)
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
М.ГОРЬКОГО
ДОНЕЦКИЙ ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
НИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ РАБОТНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ДОНЕЦКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД
СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ДонНТУ
ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНСТИТУТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ДОНГИПРОШАХТ
ДОНЕЦКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА
МАКЕЕВСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО
БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА

**Материалы 12-й Всероссийской научно-
практической конференции
Том 6. Перспективные технологии в
геологоразведочной и нефтегазовой отраслях,
геодезии и маркшейдерии.**

**г. Донецк
26-28 мая 2026 года**



Донецк – 2026

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

ББК 65.30

УДК 330.341 (477.61/62)

И
66
Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 26-28 мая 2026 г. —
Донецк: ДонНТУ, 2026.
Т. 6: Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой
отраслях, геодезии и маркшейдерии. — 2026. — 108с.

Представлены материалы 12-й Всероссийской научно-практической
конференции —Инновационные перспективы Донбасса, состоявшейся 26-28 мая
2026 г. в Донецке на базе ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», включающие доклады ученых и
специалистов по вопросам приоритетных направлений научно-технического
обеспечения инновационного развития Донбасса и формирования механизмов
повышения социально-экономической эффективности развития региона.

Материалы предназначены для специалистов народного хозяйства,
ученых, преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Ректор ДонНТУ А.Я. Аноприенко, ректор ДонГТУ Д.А. Вишневский,
директор АНО «НИЦ стратегического партнерства государства и бизнеса» О.Ф.
Шахов, канд. техн. наук А.Н. Корчевский, канд. техн. наук О.Л. Кизияров, канд.
техн. наук А.А. Булгаков, канд. техн. наук Д.И. Морозов, д-р техн. наук С. П.
Еронько, канд. техн. наук А.М. Зинченко, канд. техн. наук С.В. Горбатко, канд.
фарм. наук В.С. Федорова, канд. техн. наук А.А. Кравченко, д-р экон. наук Я.В.
Хоменко, рег. представ. Студ. комит. И.А. Хоменко, канд. техн. наук И.В.
Филатова, канд. техн. наук Д.В. Пронский, канд. техн. наук Р.В. Мальчева, докт.
экон. наук Е.Е. Бизянов, председатель Совета молодых ученых ДонНТУ М.П.
Руденко.

Под общей редакцией Захаровой Виктории Владимировны

Контактный адрес редакции

УНИ ДонНТУ, ул. Артема, 58, Донецк, 283001

Тел.: +7 (856) 305-35-67. Эл. почта: ipd.donntu@yandex.ru

Интернет: <http://ipd.donntu.ru>

© ФГБОУ ВО —Донецкий национальный технический университет
Министерство образования и науки ДНР, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Верзун А.Д.</i> Преимущества применение обвязки компрессор-детандер турбодетандерных агрегатов	5
<i>Голубев Ф.М., Болоцкая Н.С.</i> Определение эффективных способов повышения интенсивности отражённого сигнала при работе с наземными лазерными сканерами	8
<i>Голубев Ф.М., Лавречнук Н.В., Тонофа А.В.</i> Определение взаимосвязи деформаций земной поверхности с акустическими свойствами горного массива.....	13
<i>Колесников Д.Е., Мирный В.В., Корелова М.В.</i> Опытная проверка методики съёмки очистного забоя угольной шахты на имитационной модели	19
<i>Комащенко В.А., Каракозов А.А.</i> Устройства для крепления скважин с предварительным натяжением обсадной колонны, применяющееся при строительстве паронагнетательных скважин	25
<i>Комащенко В.А.</i> Обоснование и анализ ограничений технологии крепления с предварительным натяжением обсадных колонн паронагнетательных скважин	29
<i>Крылов В.Е., Коробов Г.Ю.</i> Стадийно-ориентированный подход к выбору методов предотвращения АСПО при добыче нефти...	37
<i>Лазаренко Р.Р.</i> Применение данных дистанционного зондирования Земли для уточнения границ муниципальных образований в условиях ограниченного доступа к территориям (на примере районов ДНР).....	43
<i>Левин Р.С., Скаженик В.Б., Серых А.П.</i> Классификация спутниковых изображений с использованием нейросетевого моделирования.....	47
<i>Маланчук А.В.</i> Тематическое картографирование как инструмент аналитики в сфере недвижимости.....	52
<i>Мирный В.В., Мартынцов В.С., ОшEROва Л.И.</i> Разработка и создание полигона для съёмок угольных лав Донбасса при пологом и наклонном залегании в учебных целях	57
<i>Мотылёв И.В., Киселёва Д.Ю.</i> Проблема налогообложения из-за существенной разницы кадастровой и рыночной стоимости	63

объекта.....	
<i>Новикова А.А., Грищенков Н.Н.</i> Влияние горных работ на устойчивость склонов мезорельефа: методы прогноза и оценки рисков.....	67
<i>Петрушин А.Г., Сологуб М.В.</i> Адаптация зарубежных механизмов устойчивого управления ландшафтами для восстановления ДНР	71
<i>Проскурня Ю.А.</i> Анализ месторождений нерудного сырья зоны сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом.....	76
<i>Проскурня Ю.А., Купенко В.И., Тищенко Н.С.</i> Качественная характеристика граносиенитов месторождения гранитное (Приазовье).....	81
<i>Руссиян С.А., Прокопенко Е.В.</i> Обоснование разработки информационной базы данных породных отвалов Донбасса.....	85
<i>Седова Е.В.</i> Концепция плюмюмового магматизма в формировании редкометально-редкоземельной минерализации каменноугольных гранитов	91
<i>Тонофа А.В., Филатова И.В.</i> Перспективы развития статистических методов в гипсометрии угольных пластов: новые подходы и технологии	97
<i>Цяпа Я.А.</i> Использование геоинформатики для работы с социально-экономическими данными.....	101
<i>Шевалдин Е.А., Раупов И.Р.</i> Оценка коэффициента охвата пласта при заводнении месторождения высоковязкой нефти с использованием модели ячейки Хеле–Шоу	106

УДК 662.7

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЕ ОБВЯЗКИ КОМПРЕССОР- ДЕТАНДЕР ТУРБОДЕТАНДЕРНЫХ АГРЕГАТОВ

А. Д. Верзун
ФГБОУ ВО «ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Тюмень, Россия

Аннотация. В работе рассмотрено сравнение технологических схем обвязки турбодетандерного агрегата «компрессор-детандер» и «детандер-компрессор». Сравнение схем осуществлялось посредством моделирования в программном комплексе UniSim Design R451. Причиной исследования послужило возросший интерес разработки месторождений с высоким конденсатным фактором.

Abstract. *This paper compares the technological schemes of the "compressor-expander" and "expander-compressor" turbo-expander units. The comparison was carried out using the UniSim Design R451 software package. The reason for this study was the increased interest in developing fields with high condensate factors.*

Ключевые слова: компрессор, детандер, турбодетандерный агрегат, холодильный цикл, природный газ, конденсат, подготовка.

Keywords: *compressor, expander, turboexpander unit, refrigeration cycle, natural gas, condensate, preparation.*

В настоящее время, в период разработки месторождений углеводородов, остро стоит вопрос о принятии оптимальных технологических решений. В большинстве работ – наиболее оптимальным является применение турбодетандерных агрегатов на месторождениях природного газа с высоким конденсатным фактором, поскольку такие агрегаты – позволяют наиболее эффективно использовать механическую энергию, поскольку на одном валу находится и компрессорная часть и детандерная часть [1].

В зависимости от технологической обвязки «К-Д» и «Д-К» меняются условия эксплуатации, а также получаемые продукты. С целью определения наиболее оптимальной, для газа валанжинской залежи осуществим моделирование технологических схем «К-Д» и «Д-К» в UniSim R451 [2]. Для корректности расчётов с помощью инструмента «Автоподборщик» во всех случаях зададим одну мощность вала компрессора и детандера. При моделировании схем сразу сделаем возможность переключения подачи сырья через

сырьевую дожимную компрессорную станцию (ДКС) и без сырьевой ДКС. Технологические схемы представим на рисунке 1.

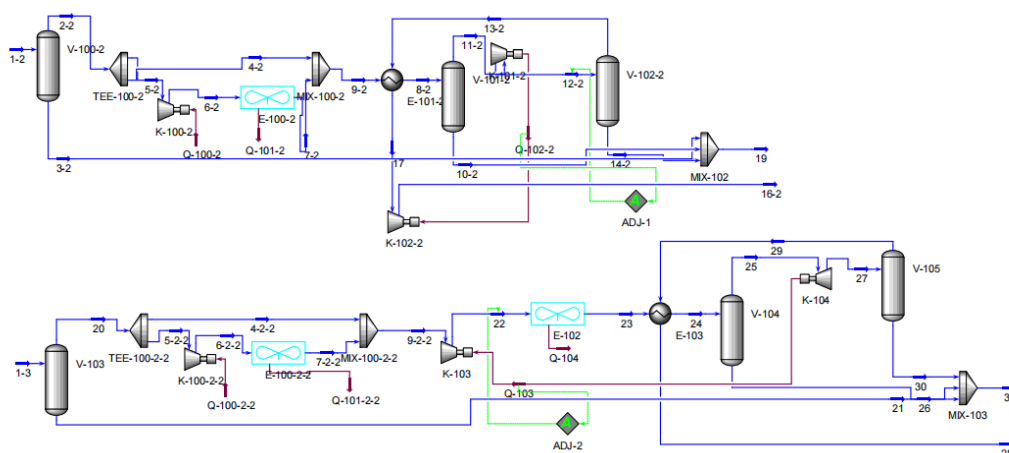


Рисунок 1 – Технологические схемы подготовки газа по схеме ТДА
«Д-К» и «К-Д».

Результаты расчётов представим в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица анализа различных обвязок ТДА

Название технологии	Температура после расширения	Выход конденсата % масс от сырья
"Д-К" без ДКС	-35,0	13,0
"К-Д" без ДКС	-24,3	11,0
"Д-К" с ДКС	-20,0	10,1
"К-Д" с ДКС	-24,2	11,0

Результаты исследования свидетельствуют, о том, что технологическая схема с обвязкой «К-Д», позволяет стабильно получать заданное количество товарной продукцией при работе с ДКС и без. Такое решение объясняется, тем, что по схеме «Д-К» при вводе ДКС значительно увеличивается температура сырья на вводе на установку комплексной подготовки газа (УКПГ), это связано с расширением газа на сырьевой ДКС. В это время схема, по схеме «К-Д» - изначально учтены эти параметры.

Преимуществом схемы «К-Д», хоть и является стабильное получение сырья. Но стоит при выборе такой технологической схемы учитывать: термобарические условия поступающего флюида на подготовку, а также компонентный состав, а также тип разработки залежи, поскольку с изменением количества добываемого газа – изменяется и количество поступающего газа на УКПГ, и в виду этого

как показано в таблице 1. Будут получаться различные выходы, и поэтому при проектировании объекта подготовки необходимо учитывать все условия.

Также, стоит справедливо отметить, что технологическая схема «К-Д» - в некоторых моментах может быть экономически не целесообразной [3], [4], в виду большого расстояния между точкой сдачи и УКПГ, поскольку – товарная ДКС в этих случаях может потреблять большое количество энергии. Помимо этого, в работах отмечается, что технологическая обвязка «Д-К» - является наиболее простой для пуско-наладочных работ [5].

Выводы. На основании проведённого исследования, видно, что технологическая обвязка «К-Д» - является наиболее стабильной в плане получения товарного продукта и в плане влияния окружающей среды на процесс подготовки газа, в отличие от схемы «Д-К». Для выбора оптимальной технологической схемы, при обустройстве газоконденсатных месторождений.

Перечень ссылок

1. Бондаренко, В. А. Применение турбодетандерных агрегатов в технологии подготовки газов газоконденсатных залежей / В. А. Бондаренко, Е. Н. Скворцова // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д.И. Менделеева : Сборник статей. В 3-х томах, Тюменский индустриальный университет, 20–22 ноября 2025 года. Том 1. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2025. – С. 36-37.

2. Яковлев, Н. С. Компьютерное моделирование химико-технологических процессов в подготовке инженерных кадров / Н. С. Яковлев, А. Г. Мозырев // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации) : Материалы Национальной научно-технической конференции с международным участием, Тюмень, 13 декабря 2018 года / Ответственный редактор Я.А. Пронозин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 146-147.

3. Исследования условий достижения требований к температурам точек росы газа на УКПГ Киринского и Южно-Киринского месторождений / А. Н. Кубанов, Д. М. Федулов, Г. Б. Атаманов [и др.] // Наука и техника в газовой промышленности. – 2020. – № 2(82). – С. 50-59.

4. Бондаренко, В. А. Совершенствование низкотемпературных технологий промышленной подготовки газа ачимовских залежей / В. А. Бондаренко // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. В 2-х томах, Тюмень, 18–20 декабря 2024 года. Том 2. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2024. – С. 21-23.

5. Опыт и перспективы применения турбодетандерных агрегатов на промышленных технологических объектах газовой промышленности России / В. А. Хетагуров, П. П. Слугин, М. А. Воронцов, А. Н. Кубанов // Газовая промышленность. – 2018. – № 11(777). – С. 14-22.

УДК 622.831:528.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТРАЖЁННОГО СИГНАЛА ПРИ РАБОТЕ С НАЗЕМНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ СКАНЕРАМИ

Ф.М. Голубев, Н.С. Болоцкая

1. ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-
КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ГЕОМЕХАНИКИ, ГЕОФИЗИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА»,
г. Донецк, ДНР, Россия

2. ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. Проведён сравнительный анализ интенсивности отражённого сигнала светотражающих марок. Установлены преимущества полиуретановых отражателей и тахеометрических призм в зависимости от расстояния. Определены оптимальные условия их применения при наземном лазерном сканировании.

Annotation. A comparative analysis of the reflected signal intensity of retroreflective marks was carried out. Advantages of polyurethane reflectors and tacheometric prisms depending on distance were established. Optimal conditions for their use in terrestrial laser scanning are determined.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, интенсивность отражённого сигнала, светотражающие марки, тахеометрические призмы, полиуретановые отражатели, опорные точки, облако точек.

Keywords: terrestrial laser scanning, reflected signal intensity, retroreflective marks, tacheometric prisms, polyurethane reflectors, reference points, point cloud.

Когда требуется получить максимально точные и детализированные трёхмерные модели наземных объектов с использованием лазерного сканирования, решающую роль играют два фактора: стабильность геодезической основы и корректное определение опорных точек [2, 5]. В условиях современного маркшейдерского обеспечения открытых горных работ особую актуальность приобретают задачи постоянного контроля состояния

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

зданий и сооружений, находящихся в зоне воздействия подземных выработок, а также проведения фасадной съёмки промышленных объектов. В подобных случаях одной из основных технических проблем становится обеспечение достаточной интенсивности отражённого сигнала от световозвращающих марок. Недостаточный уровень сигнала приводит к увеличению погрешностей при совмещении облаков точек, требует установки большего количества сканерных станций и, как следствие, вызывает рост трудозатрат и увеличение времени выполнения работ.

Материалы со световозвращающими свойствами, используемые в роли опорных маркеров, существенно отличаются по принципу действия, оптическим параметрам и условиям наиболее эффективного применения. Основные типы световозвращающих структур приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики основных типов световозвращающих структур [1]

Тип структуры	Принцип действия	Коэффициент световозвращения, $\text{мкд} \cdot \text{лк}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$	Преимущества	Недостатки
Микросферы	Преломление-отражение-преломление	100–500	Технологичность	Чувствительность к загрязнению
Микропризмы	Полное внутреннее отражение	500–1500	Высокая эффективность	Высокая стоимость

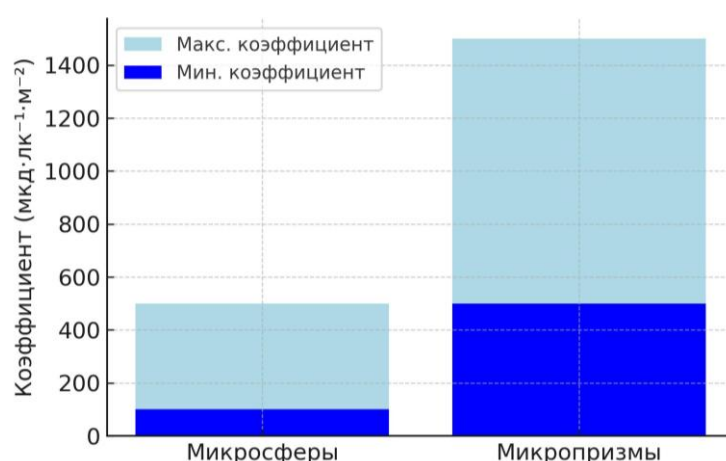


Рисунок 1 – Сравнительные коэффициенты световозвращения микросфер и микропризм [1]

Рисунок 1 иллюстрирует, что микропризматические структуры характеризуются значительно повышенной эффективностью в плане возврата света. Данное свойство приобретает особую актуальность при проведении измерений на удаленных объектах и в условиях нетривиальной геометрии исследуемых поверхностей.

В ходе экспериментальной кампании был осуществлен всесторонний анализ ряда светоотражающих материалов, в частности: термопластичных смесей, холодных пластиков, красок и специализированных пленок. Исследовались начальный коэффициент световозвращения (RL), стабильность оптических характеристик при вариациях углов наблюдения, а также их резистентность к внешним факторам в процессе эксплуатации.

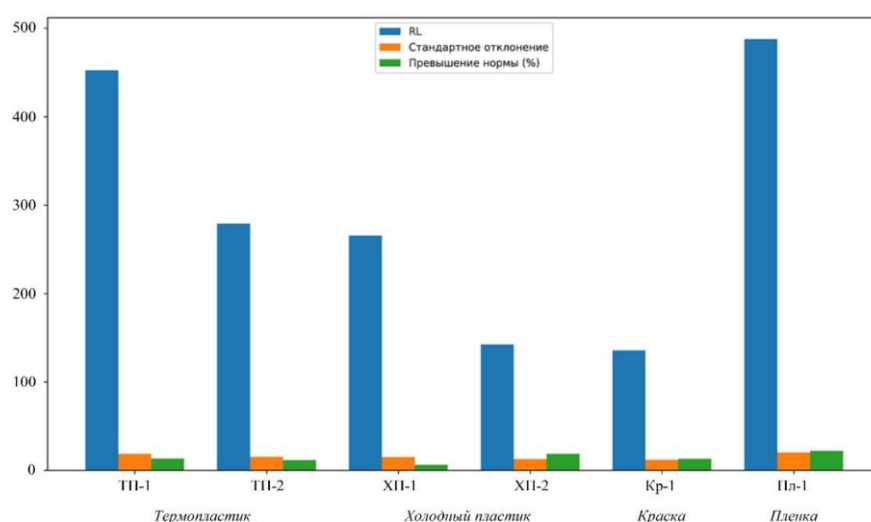


Рисунок 2 – Сравнительные характеристики коэффициента световозвращения исследованных материалов [1]

Результаты, представленные на Рисунке 2, свидетельствуют о заметном преимуществе термопластичных образцов (ТП-1) и плёночных материалов (Пл-1) по сравнению с остальными вариантами. Указанные материалы не только существенно превышают требования, установленные ГОСТ Р 54305-2011, но и характеризуются высокой повторяемостью полученных значений, что подтверждается минимальными величинами стандартного отклонения. Такое качество особенно важно для обеспечения надёжного и устойчивого позиционирования при построении облаков точек.

Дополнительное значение имеет зависимость интенсивности отражённого сигнала от угла наблюдения. В реальных условиях

эксплуатации данный параметр постоянно изменяется под влиянием расположения сканирующего оборудования и особенностей рельефа либо геометрии исследуемого объекта.

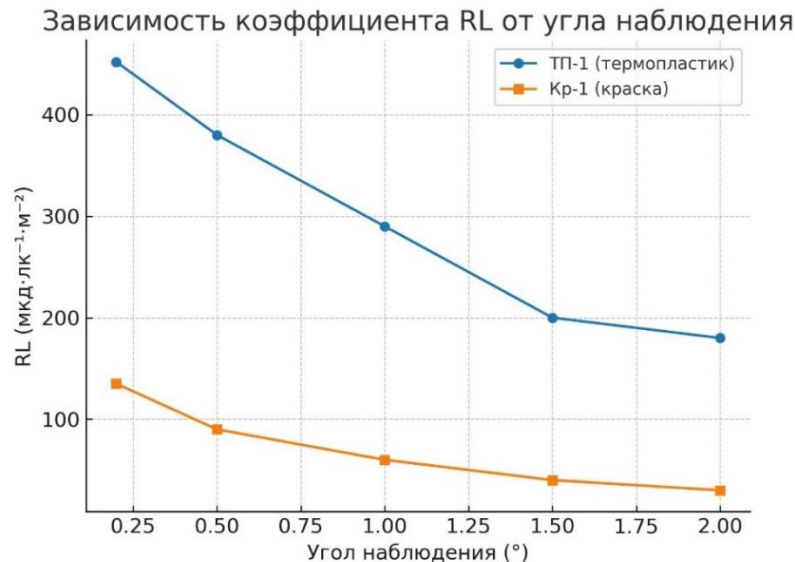


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента световозвращения от угла наблюдения для различных типов материалов [1]

Анализ визуальных данных, представленных на рисунке 3, позволяет констатировать, что материалы, обладающие объемным распределением стеклянных микросфер (термопластинки), демонстрируют статистически значимо более высокую устойчивость световозвращающих характеристик при вариации угла наблюдения, нежели материалы с поверхностным нанесением (краски). Данное свойство имеет существенную практическую импликацию для задач дистанционного зондирования протяженных фасадных поверхностей и объектов с нелинейной геометрией.

К числу ключевых факторов, определяющих эффективность использования светоотражающих марок, относятся:

- дистанция между лазерным сканером и опорной точкой;
- угол наблюдения и особенности схемы сканирования;
- разновидность и качество световозвращающей структуры;
- внешние условия эксплуатации, включая уровень освещённости и загрязнения;
- размеры объекта и степень сложности его геометрии.

Таким образом, результаты проведенных исследований неоспоримо свидетельствуют о целесообразности применения

индивидуального подхода при подборе типа опорных знаков. Для объектов, характеризующихся небольшими или средними габаритами (в пределах 200–250 метров), вполне достаточную эффективность показывают полиуретановые отражатели. Однако при работе с крупномасштабными объектами, такими как карьеры, промышленные территории или протяженные фасады зданий, значительно более эффективным методом является применение тахеометрических призм. Эти приборы способны поддерживать высокий уровень интенсивности сигнала на расстояниях до 600–700 метров [2].

Выполненное исследование показало, что эффективность лазерного сканирования во многом определяется корректным выбором светоотражающих марок с учётом размеров объекта, дистанции съёмки и особенностей условий наблюдения. Установлено, что использование подходящих отражающих элементов позволяет повысить качество принимаемого сигнала и тем самым улучшить точность совмещения облаков точек.

Для объектов небольшого и среднего масштаба наиболее рациональным решением являются полиуретановые отражатели, обеспечивающие достаточную эффективность при сравнительно малых расстояниях сканирования. В случае крупногабаритных объектов, включая карьеры, промышленные комплексы и протяжённые фасадные конструкции, наилучшие результаты демонстрируют тахеометрические призмы, сохраняющие высокую интенсивность отражённого сигнала на значительных дистанциях.

Исследование также подтвердило высокую результативность термопластичных материалов и специализированных плёночных покрытий, отличающихся стабильными фотометрическими характеристиками даже при изменении углов наблюдения. Применение данных материалов способствует повышению надёжности позиционирования, уменьшению количества сканерных станций и сокращению трудоёмкости работ при создании точных трёхмерных моделей. Работа выполнена в рамках государственного задания FRSR-2024-0002.

Перечень ссылок

1. Голубев Ф.М., Болоцкая Н.С., Новикова А.А. Определение интенсивности отражённого сигнала различных типов светоотражающих марок // Инновационные перспективы Донбасса. Том 6. – Донецк : ДонНТУ, 2025. – С. 32–35.
2. Голубев Ф.М., Сажнев В.П. Оптимизация формирования трехмерных моделей объектов поверхности с использованием наземного лазерного сканера // Маркшейдерия и недропользование. – 2025. – № 3 (25). – С. 16–20. DOI: 10.56195/2079332-2025-25-3-16-20.
3. ГОСТ Р 54305-2011. Проезжая часть автомобильных дорог. Световозвращающие элементы дорожной разметки. Технические требования. – М. : Стандартинформ, 2012. – 15 с.
4. Смирнов Г.А. Фотометрические и колориметрические измерения в дорожном хозяйстве. – СПб. : Лань, 2020. – 220 с.
5. Середович В.А., Комиссаров А.В. и др. Наземное лазерное сканирование : монография. – Новосибирск : СГГА, 2009. – 259 с.

УДК 528.8:622.831

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С АКУСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ГОРНОГО МАССИВА

Ф.М. Голубев, Н.В. Лавречнук, А.В. Тонофа

1. ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ АКАДЕМИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-
КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОЛОГИИ,
ГЕОМЕХАНИКИ, ГЕОФИЗИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА»,
г. Донецк, ДНР, Россия

2. ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. В работе выполнен комплексный подход к верификации нормативных расчетов деформаций земной поверхности с данными сейсмоакустических исследований. Установлена четкая пространственная и количественная связь между зонами максимальных оседаний и областями снижения скорости упругих волн. Подтверждена возможность использования геофизических аномалий как индикаторов интенсивности сдвижений.

Annotation. The paper presents a comprehensive approach to verifying normative calculations of ground surface deformations using seismacoustic survey data. A clear spatial and quantitative relationship has been established between zones of maximum subsidence and areas of reduced elastic wave velocity. The possibility of using geophysical anomalies as indicators of the intensity of movements is confirmed.

Ключевые слова: верификация геофизических данных, деформации земной поверхности, сдвижение горного массива, сейсмоакустика, скорость упругих волн, зоны разуплотнения, Донбасс.

Keywords: geophysical data verification, ground surface deformations, rock mass movement, seismacoustics, elastic wave velocity, zones of loosening, Donbass.

Для сохранения безопасности сооружений, попадающих в зону влияния подземных выработок, необходимо точное предсказание геомеханических процессов. Существующие нормативные методы позволяют определить ожидаемые деформации дневной поверхности,

но их сопоставление с фактическим состоянием породного массива остаётся трудновыполнимой задачей. Стандартные наблюдения зачастую не выявляют скрытых областей разуплотнения и зон трещиноватости в толще горных пород. Повторное воздействие от нескольких выработок значительно меняет свойства массива, а физико-механические показатели пород напрямую определяют параметры их смещения. В условиях Донецкого региона взаимосвязь между процессами сдвижения и геофизическими свойствами пород изучена пока недостаточно.

Геофизические исследования выполнены на участке горного отвода шахты им. С.М. Кирова в зоне влияния 5-й, 6-й и 7-й восточных лав пласта $h_{10в}$ вблизи пгт Пролетарское. Участок выбран с учетом следующих строгих требований:

- отсутствие предыдущей подработки по другим пластам;
- глубина разработки 324–430 м;
- наличие геологических данных по 11 скважинам;
- незастроенная поверхность.

Угол падения пласта составляет 9° .

Оценка прогнозируемых деформаций выполнялась в точном соответствии с текущими нормативными требованиями, где в обязательном порядке принимался во внимание угол падения угольного пласта. Для каждой расчетной точки фактическая глубина разработки определялась по формуле:

$$H_i = H + y_i \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

где H – глубина разработки в центре лавы, м;

y_i – ордината i -ой расчетной точки, м;

α – угол падения пласта, градусы.

Данный метод позволил корректно учесть асимметрию мульды сдвижения и получить более точные прогнозные значения вертикальных оседаний, горизонтальных смещений и деформаций земной поверхности. Расчёты проводились двумя способами: на регулярной сетке с размером ячейки 50×50 метров, а также в 14 контрольных точках, пространственно привязанных к пикетам сейсмоакустического профиля. На рисунке 1 приведена выкопировка плана горных работ с нанесёнными линиями сейсмических профилей.

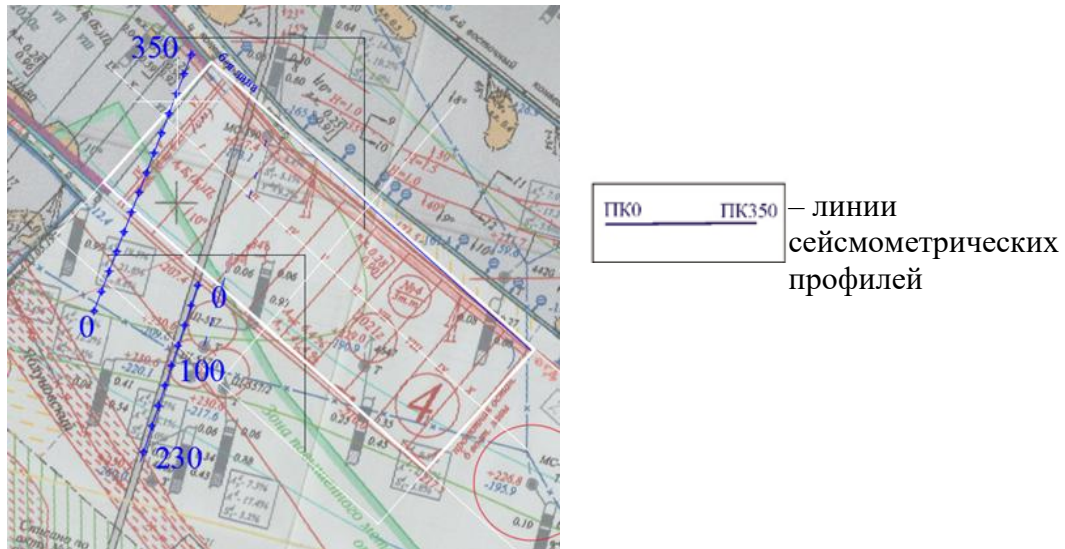


Рисунок 1 – Расположение расчетных точек на подрабатываемом участке.

Изучение итогов вычислений показало чёткую пространственную закономерность. В конкретных горно-геологических условиях участок наибольших просадок оказался сдвинут относительно середины лавы на 59 метров. Согласно данным полевых наблюдений сейсмоакустическими методами, данное смещение составляет 62 метра. Расхождение между расчётными значениями и результатами, полученными непосредственно в массиве, не превышает 5,1%, что говорит о высокой степени совпадения показателей.

Особенно показательное сравнение расчётных оседаний с данными о скорости упругих волн. На рисунке 2а показаны максимальные расчётные оседания вдоль профиля сейсморазведки №2, на рисунке 2б – график изменения скорости упругих волн. Отчётливо видно пространственное совпадение зоны максимальных оседаний поверхности с областью наибольшего падения скорости упругих волн в массиве, особенно в первых ста метрах над очистной выработкой.

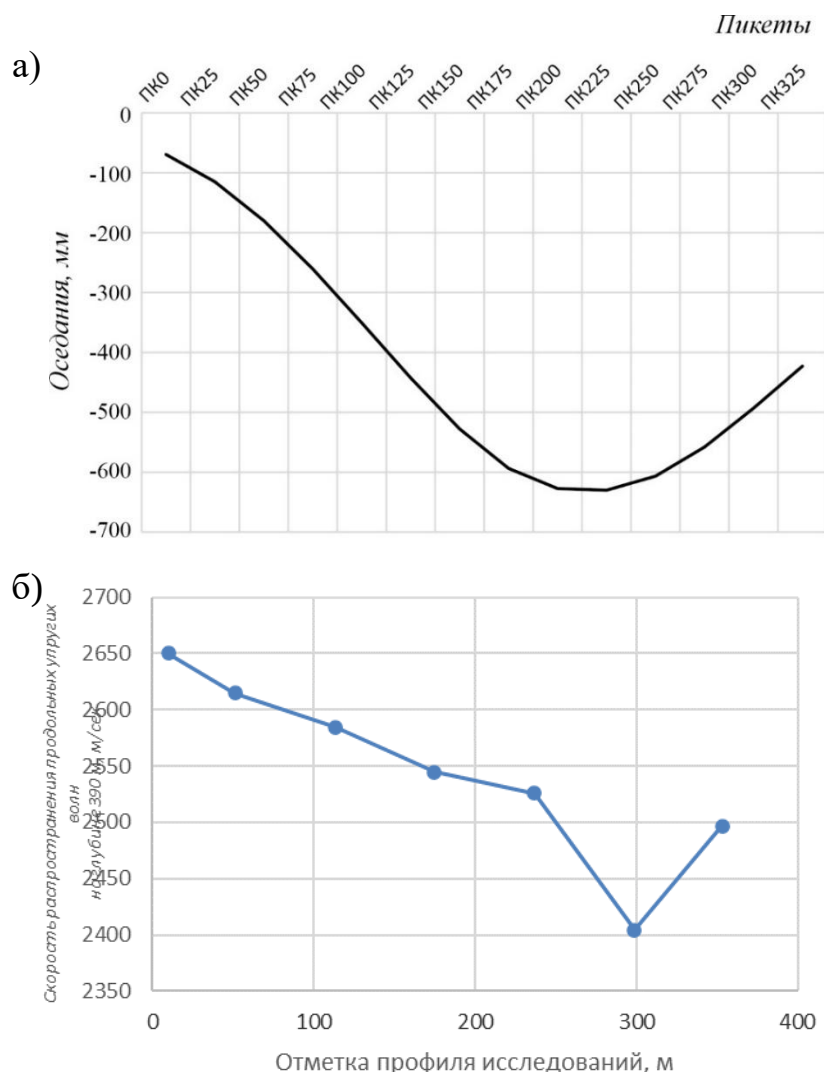


Рисунок 2 – Максимальные расчетные оседания вдоль профиля сейсморазведочных работ №2 (а) и график изменения скорости упругих волн (б)

Такое соответствие подтверждает, что зоны интенсивного разуплотнения и трещинообразования в подработанном массиве напрямую связаны с величиной и характером проявления деформаций на дневной поверхности. Уменьшение скорости упругих волн служит надёжным количественным индикатором нарушенности горного массива и интенсивности процессов сдвижения.

Дополнительный расчёт оседаний по густой сетке 50×50 м от шестой западной лавы пласта $h_{10в}$ позволил построить детальную картину распределения деформаций и подтвердил сосредоточение максимальных значений в зоне проекции очистной выработки со смещением в сторону падения пласта. Проведённый комплексный

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

анализ показал статистически значимую корреляцию между геомеханическими параметрами и динамическими характеристиками массива.

Основные преимущества использования сейсмоакустических методов в комплексе с нормативными расчетами заключаются в следующем:

- возможность оперативного выявления скрытых зон разуплотнения в толще пород;
- количественная оценка степени нарушенности массива по скорости упругих волн;
- снижение объема трудоемких инструментальных наблюдений на поверхности;
- повышение точности прогнозирования границ мульды сдвижения;
- возможность контроля состояния массива при многократной обработке.

Полученные результаты открывают широкие возможности для оперативной диагностики состояния подработанного массива без проведения масштабных и дорогостоящих замеров на дневной поверхности, что особенно актуально в условиях густой застройки территорий Донбасса.

Подтверждённое высокое соответствие нормативных расчётов реальным геофизическим данным доказывает применимость традиционных вычислительных методов даже при многократной обработке при условии их проверки современными геофизическими подходами. Выполненные исследования создают прочную основу для дальнейшего улучшения прогнозных моделей и построения регрессионных зависимостей между параметрами скоростного разреза и ожидаемыми деформациями земной поверхности.

Таким образом, в результате проведенных исследований подтверждена принципиальная возможность верификации нормативных геомеханических расчетов с помощью полевой сейсмоакустики. Зоны максимальных оседаний земной поверхности пространственно и количественно совпадают с областями снижения скорости упругих волн в подработанном массиве, а отклонение положения точки максимальных оседаний составляет всего 5,1 %. Полученные результаты свидетельствуют о тесной взаимосвязи акустических свойств горного массива и интенсивности сдвижений, что позволяет использовать скоростные аномалии как надежный индикатор нарушенности массива и открывает перспективы для оперативной диагностики подработанных территорий в условиях Донбасса. Исследование выполнено в рамках работы по государственному заказу FRSR-2024-0002

Перечень ссылок

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом. Киев, 2004. 127 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях: ПБ 07-269-98: утв. Госгортехнадзором России 16.03.1998: ввод в действие с 01.10.1998. М., 1998. 203 с.
3. Николаев И.Ю., Шалованов О.Л. Геофизические методы при изучении подработанного углепородного массива // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. М.: ИПКОН РАН, 2024. С. 176 – 179.
4. Дрибан В.А., Дуброва Н.А. Фильтрационная модель многократно подработанного массива // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2017. № 7 (50). С. 31 – 37.
5. Посыльный Ю.В. Линия симметрии главного сечения мульды сдвижения земной поверхности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 5. С. 150 – 152.

УДК (622.1: 528)(075.8)

**ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ СЪЁМКИ
ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ НА
ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

Д.Е. Колесников, В.В. Мирный, М.В. Корелова
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. В статье рассматривается процесс установки и центрирования геодезических приборов, а также проведение съёмки и последующая обработка полевых измерений, выполненных с применением современного оборудования.

Annotation. The article discusses the process of installing and centering geodetic instruments, as well as conducting surveys and subsequent processing of field measurements performed using modern equipment.

Ключевые слова: шахта, маркшейдер, угломер, лава

Keyword: mine, surveyor, angle meter, lava

Среди множества маркшейдерских задач на действующих шахтах особое место занимает съёмка подготовительных и очистных горных выработок. Именно эти работы позволяют сформировать окончательный план выемки угольного пласта с учётом всех горно-геологических особенностей месторождения. Съёмка осуществляется посредством создания подземных съёмочных сетей.

Ранее действовавшие инструкции по маркшейдерским работам предусматривали разделение съёмочных сетей на два разряда по точности: первый и второй. В современных нормативных документах, сохраняя основные требования к точности, эти сети именуются как теодолитные ходы и угломерные ходы. Теодолитные ходы применяются для съёмки подготовительных выработок и опираются на пункты подземной опорной сети, а угломерные — для съёмки нарезных и очистных выработок, опираясь на пункты опорной сети и теодолитных ходов. За последние 20-30 лет появились новые инструменты (теодолиты, угломеры, тахеометры и др.), не описанные в учебной литературе. К числу последних относится и угломер У-60, распространённый на угольных шахтах Донбасса.

За последние годы маркшейдеры-производственники не предоставили никаких отзывов о работе этих приборов. Более того, по

имеющейся информации, в некоторых маркшейдерских отделах приборы после получения даже не распаковывались и годами хранятся в опломбированном виде. Это стало для авторов поводом провести собственное исследование инструмента, чтобы объективно выявить его достоинства и недостатки, а также разработать эффективную методику его применения в реальных производственных условиях. Частично воспроизвести такие условия удалось в учебном корпусе, где была смоделирована линия условного очистного забоя.

Спроектированная на этажах учебного корпуса лава является имитацией фактического очистного забоя длиной около 90 метров. Конструкция съёмочной сети предполагает условное движение забоя лавы в течение отчётного периода (месяца). Поэтому положение лавы и соответственно съёмочной сети (угломерного хода) на 4-м этаже соответствует началу месяца, а условно смещённое положение лавы и угломерного хода на 3-м этаже – концу месяца. Следует отметить, что пункты 3-го этажа только условно находятся под пунктами 4-го этажа. Благодаря координатам исходных пунктов I, VII, 41, 47, на чертеже забои лав и пункты угломерных ходов разместятся соответственно заданию (рис. 1)

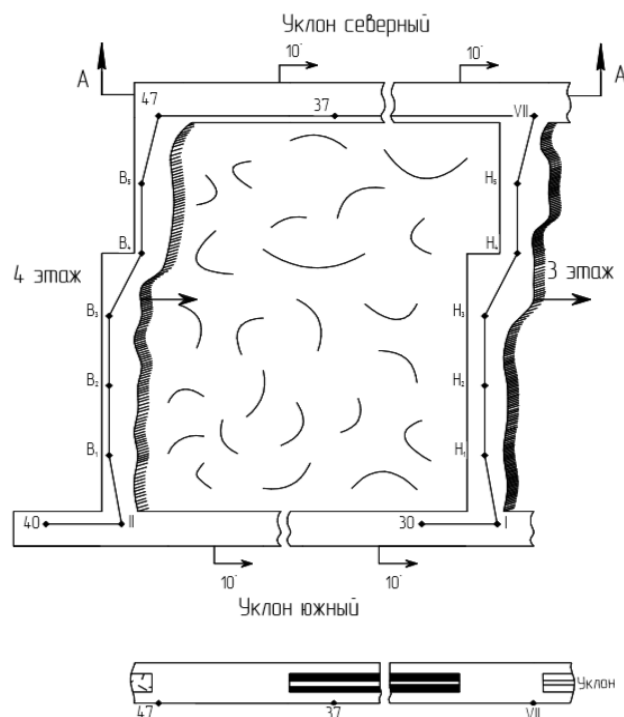


Рисунок 1 – Имитационная схема очистных забоев лавы и
угломерных ходов

Она вполне соответствует категории средних и коротких очистных забоев для условий Донбасса. Лава располагается по простиранию пласта, и очистной забой имеет подвигание в сторону падения пласта. Такие варианты работы лавы по падению пласта часто применяются в шахтах. При этом работа целесообразна при углах падения до 10 градусов только в случае отсутствия выделения воды в лаву [1].

Съёмочные работы выполняются путём прокладки вдоль лавы угломерного хода, в ходе которого углы измеряются с помощью угломера У-60, а длины сторон - стальной рулеткой Р-30. Все данные фиксируются в специально разработанном журнале, где предусмотрены поля для зарисовок структуры пласта и отмечания встречающихся особенностей (например, тектонических нарушений, породных включений и т. д.). В задании заранее указываются природные характеристики пласта, такие как его структура и мощность.

Точность угловых и линейных измерений определяется требованиями нормативных документов, в частности. Методика проведения полевых измерений и последующей обработки результатов аналогична общепринятой для специалистов маркшейдерского профиля и подробно описана в учебной литературе.

В учебной лаве угломер чаще всего устанавливается на распорных стойках (установочных колонках), а в отдельных пунктах - на штативах с использованием специальных переходников для оси вращения инструмента (рис. 2). Особый интерес представляет сравнение различных методик съёмки лавы, в том числе при фиксированных и потерянных пунктах, с применением современных технологий автоматического центрирования инструмента и сигнальных систем.

При построении угломерного хода по фиксированным пунктам угломер центрируется в каждой точке хода с помощью шнурового отвеса. Для таких случаев установочная колонка получает распор между цементным полом и подоконником (он служит в данном случае условной кровлей пласта). В некоторых пунктах съёмочной сети (Н1, Н2, Н3 на 3-м этаже) доступа к подоконнику нет, но рядом находятся тяжёлые шкафы. На них плотно привинчены утолщённые планки из твёрдого дерева, которые послужили верхними точками опоры установочной стойки.

Методика измерений не отличается от общепринятой, описанной в учебной литературе по геодезии и маркшейдерскому делу [2,3] Нужно только принять к сведению те упрощения

инструкции, которые приведены в предыдущей статье авторов. Некоторые неудобства доставляют операции центрирования угломера и визирных марок на низком уровне (0,8 – 0,9 м над почвой) Но к этому необходимо привыкать.



Рисунок 2 – Установка угломера У-60 и визирной марке на штативе и на установочной колонке

В лаве такую работу приходится выполнять, лежа на почве пласта, что проще и удобней, чем на корточках или на коленках в помещении. В этом отношении более комфортной выглядят измерения с потерянными точками, используя принцип автоматического центрирования прибора и визирных марок. Дадим пояснение принципа методики таких работ на примере участка угломерного хода в лаве 3-го этажа (рис. 3).

На схеме представлен промежуточный этап выполнения работ, которые ведутся последовательно слева направо по мере возрастания номеров пунктов. Установочные стойки с угломером и визирными марками размещены в позициях, соответствующих пунктам угломерного хода Н1, Н2, Н3, однако пока не отцентрированы над

этими пунктами (инструменты просто установлены в подставки после завершения предыдущего этапа).

На данном этапе с помощью угломера и визирных марок были выполнены следующие измерения:

- горизонтальный угол в пункте Н2;
- углы наклона с пункта Н2 на пункты Н1 и Н3;
- наклонные расстояния между пунктами Н2–Н1 и Н2–Н3;
- измерены расстояния в характерных точках лавы от пунктов и сторон хода до груди забоя;

Все полученные данные внесены в полевые журналы и формуляры, а также выполнены необходимые эскизы.

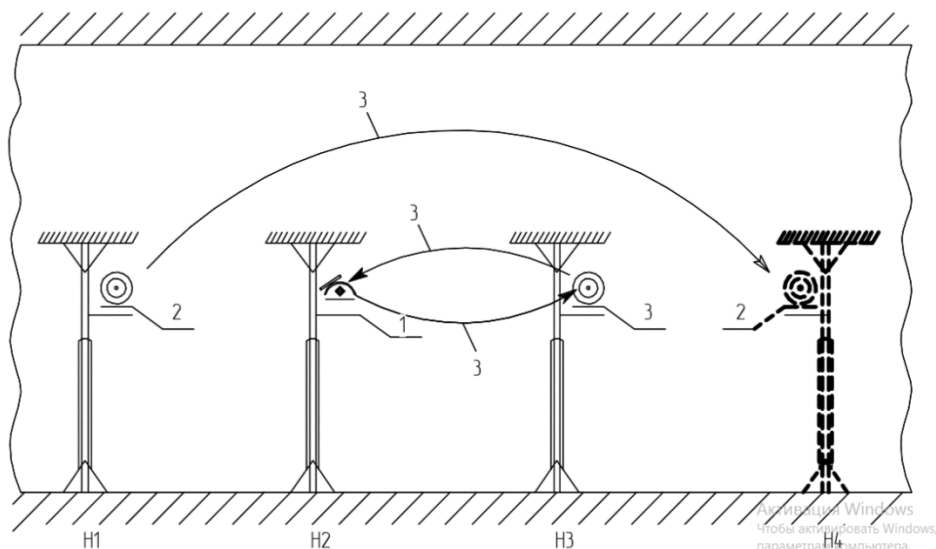


Рисунок 3 – Схема перестановок прибора и визирных марок при автоматическом центрировании угломера и сигналов

1 – угломер; 2 – визирные марки; 3 – направления перестановок

При камеральной обработке результатов измерений выполняется обычный порядок работ, подробно рассматривать который нет необходимости. Не приводя формулы, укажем, в общих чертах, на основные этапы работ.

После проверки полевых измерений определяют угловую невязку f_{β} хода, как опирающегося на две стороны с твёрдыми дирекционными углами. При её допустимом значении её распределяют поровну на каждый угол. Допустимое значение вычисляют по формуле

$$f_{\beta} = 2m_{\beta}\sqrt{n},$$

где n – количество углов в ходе

m_B – средняя квадратическая погрешность измерения углов (для теодолитных ходов – 40сек, для угломерных – 10мин [2]),

После этого вычисляют относительную невязку для хода, проложенного между двумя твёрдыми пунктами. Она не должна превышать 1:1500 – для теодолитных ходов, 1:200 – для угломерных [2].

Уравнивание ходов съёмочных сетей выполняют отдельно. После окончания вычислений положение лавы наносят на план, используя замеры, эскизы, зарисовки в полевых журналах. В дальнейшем данные съёмки используют для пополнения планшетов, подсчёта добычи полезного ископаемого, учёта состояния и движения запасов горного предприятия, составления отчётной документации и др.

В целом проведённая работа заслуживает положительной оценки и можно сделать выводы:

1. Создана лабораторная база, позволяющая студентам осваивать практические навыки управления запасами полезного ископаемого в условиях, приближенных к угольным шахтам.
2. Проведена комплексная оценка инструмента, который ранее недостаточно активно использовался в лабораторных занятиях по профильным дисциплинам.
3. Отработана методика организации маркшейдерских работ, в частности, по построению угломерных ходов при разработке угольных пластов малой мощности с пологим падением.

Перечень ссылок

1. Стрельников В.И. Технология очистных работ (Учебное пособие) – Донецк: ДонНТУ, 2001г. -148 с.
2. Маркшейдерские работы на угольных шахтах и разрезах: Инструкция. – Издание официальное. – Киев: Минтопэнерго Украины, 2001г. –124 с.
3. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов/Д.Н.Оглоблин, Г.И.Герасименко, А.Г.Акимов и др. – 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1981г. 704 с.
4. Угломер маркшейдерский У-60. Паспорт. – Харьков; Министерство электротехнической промышленности и приборостроения СССР, ПО Точприбор, 1991г. – 22 с.

УДК 622.245.4

**УСТРОЙСТВА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН С
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАТЯЖЕНИЕМ ОБСАДНОЙ
КОЛОННЫ, ПРИМЕНЯЮЩЕЕСЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
ПАРОНАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН**

Комащенко В.А., асп. каф. ТТБС ДонНТУ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение

«Донецкий национальный технический университет»

Научный руководитель – заведующий кафедрой, к.т.н.

Каракозов А.А.

Аннотация: В статье рассмотрены актуальные вопросы повышения надежности крепления паронагнетательных скважин, а также скважин с высокими показателями забойных температур. Рассмотрен способ крепления приведенных колонн с применением технологии предварительного натяжения, а также предложено концептуальное, упрощенное решение для заякоривания низа обсадной колонны.

Abstract: the article discusses current issues related to improving the reliability of steam injection well installation, as well as high-temperature wells. A method for fastening attached columns using pre-stressing technology is examined, and a conceptual and simplified solution for securing the bottom of the casing is proposed.

Ключевые слова: скважина, крепление скважин, обсадная колонна, заякоривание колонн.

Keywords: well, fastening, casing string, columns anchoring.

Текущее увеличение доли трудноизвлекаемых запасов в портфелях горнодобывающих предприятий требует бурения глубоких скважин в сложных гидрогеологических условиях, что существенно усложняет процесс крепления. Надежность и долговечность эксплуатации таких скважин, во многом, определяется качеством их крепления.

Актуальность темы повышения надежности крепления обсадных колонн в скважине обусловлена несколькими важными факторами: крепь должна обеспечивать надежную изоляцию и разобщение пересекаемых пластов, исключать возможные утечки через соединения, а также быть экономически эффективной. Эти вопросы становятся особенно актуальными при строительстве паронагнетательных скважин, где значительную дополнительную

нагрузку на колонну обеспечивают знакопеременные термические циклы подачи нагретого агента (пара).

Для минимизации рисков, связанных с термическими деформациями обсадной колонны, а также обеспечения долговечности крепи нагнетательных скважин, в современной практике применяют технологию предварительного осевого натяжения обсадной колонны перед этапом ее цементирования. Ключевым элементом данной методики является фиксация (заякоривание) нижней части колонны. Традиционные решения этой задачи имеют ряд недостатков: например, якорение с помощью потайной колонны требует значительных временных и финансовых издержек, а использование простых механических якорей (например, якорей плашечного типа) не гарантирует необходимой надежности фиксации в условиях знакопеременных нагрузок [1,3].

Потенциальным решением для упрощения процесса крепления скважин, сокращения затрат времени и материальных средств, а также для повышения надежности заякоривания колонны может являться технология крепления скважин с предварительно напряженной обсадной колонной с применением для заякоривания и цементирования колонны специального устройства, которому далее будет присвоен индекс УЗЦК-М. (рис.1) [2].

В этом случае технология крепления ствола скважины остается обычной и включает традиционный перечень операций, в сочетании с операциями, необходимыми для предварительного натяжения обсадной колонны. Пошагово данную технологию можно описать так:

- 1) подготовка ствола скважины;
- 2) сборка, оснастка и спуск обсадной колонны;
- 3) заякоривание низа колонны;
- 4) натяжение и подвеска колонны;
- 5) цементирование скважины.

Обсадная колонна 1 оснащается устройством УЗЦК-М (без шаров 13 и 14, рис.1, а). После спуска колонны на необходимую глубину (до упора в стоп-кольцо 2) скважина промывается. Длина колонны подбирается с таким расчетом, чтобы после заякоривания низа и создания расчетного усилия натяжения, нижний торец верхней муфты 3 находился над торцом предыдущей колонны на расстоянии $\approx 0.2 - 0,3$ м, а муфта 5, соединенная с допускным патрубком 4 - на 1,0-5 м выше стола ротора.

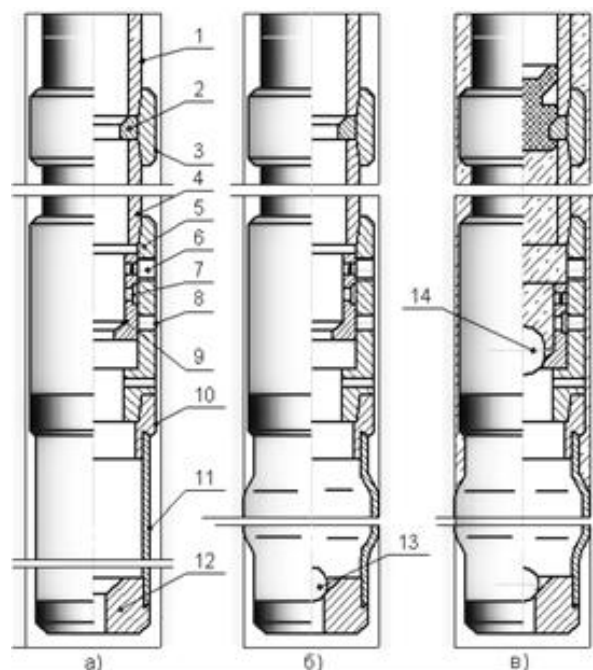


Рисунок 1 - Устройство УЗЦК-М для заякоривания колонны:
а - во время спуска; б - после заякоривания; в - после
цементирования

Затем в колонну сбрасывается шар 13 с посадкой на седло 12. С помощью насоса цементировочного агрегата (ЦА) создается давление в пределах 15 МПа. При этом тонкостенная труба 11, имеющая диаметр на ступень меньше диаметра УЗЦК-М и соединенная с цементировочной муфтой 5 через переводник 10 расширяется (в пределах допустимой деформации) до контакта со стенками скважины, выполняя функцию якоря низа колонны (рис.1,б).

Для открытия цементировочных отверстий 8 цементировочной муфты 9 в колонну сбрасывается верхний шар 14 и с помощью насоса ЦА создается избыточное давление (4-5 МПа). Срезаются стопорные винты 6. Цементировочная муфта 9 смещается вниз. Совмещаются отверстия 7 и 8 втулки 9 и цементировочной муфты 5 (рис.1, в).

Резкое падение давления в гидросистеме свидетельствует о восстановлении циркуляции бурового раствора. Производится промывка скважины и оборудование ее устья. Далее, с использованием аварийного привода [5], осуществляется натяжение колонны с усилием ≈ 1000 кН и ее разгрузка.

Дальнейшее крепление скважин проводится по обычной технологии [4].

Перечень ссылок

1. Булатов А.Н. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин. Учебник для вузов. /Булатов А.Н., Проселков Ю.М., Шаманов С.А/ - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003.- 1007 с.
2. Ибатуллин, Р.Х. Опыт крепления паронагнетательных скважин с предварительным натяжением колонны. /Ибатуллин Р.Х., Загидуллин И.С., Катеев И.С.//ЭИ. Нефтяная промышленность. Серия Бурение. Выпуск 2. – М.:1985.- С.20-23.
3. Калиниченко, О.И. Эксплуатация оборудования и объектов газовой отрасли [Электронный ресурс]: учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования / Калиниченко, О.И., Хохуля А.В; ГОУВПО «ДОННТУ». - Донецк: ДОННТУ, 2020.-170 с.
4. Калиниченко, О.И. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Учебное пособие. /Калиниченко О.И., Сащенко В.В., Юшков И.А., Хохуля А.В. - Донецк: Світ книги, 2017.- 490 с.
5. Крец В.Г. Буровое оборудование. Учебное пособие./ Крец В.Г., Саруев Л.А., Лукьянов В.Г., Шадрин А.В., Шмурыгин В.А., Саруев А.Л.-Томск: Изд-во ТПУ, 2011.-121 с.

УДК 622.245

**ОБОСНОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОГРАНИЧЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ
КРЕПЛЕНИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ НАТЯЖЕНИЕМ
ОБСАДНЫХ КОЛОНН ПАРОНАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН**

В.А. Комащенко

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение

«Донецкий национальный технический университет»

Аннотация: В данной статье рассмотрены основные методики заякоривания низа обсадных колонн, применяемые при креплении с предварительным натяжением паронагнетательных скважин (ПНС). Выполнен обзор основных методов заякоривания низа колонн, применяющихся на сегодняшний день. Выделены две основных способа якорения: с помощью механических средств, а также с помощью цементирования нижней части колонны. Для указанных способов приведены принципиальные схемы их реализации, а также описан общий технический регламент выполнения работ. Приведен обзор и сравнение основных преимуществ каждого из способов, а также недостатков и ограничений их применения. Выявлены противоречия в применяющихся на данный момент методах заякоривания колонн, предложены направления решений этих противоречий.

Ключевые слова: крепление скважин; паронагнетательная скважина; обсадная колонна; заякоривание низа колонны; механический якорь; цементный якорь.

Abstract: This article discusses the primary techniques for securing the bottom of casing used in prestressed steam injection wells (SIWs). An overview of current methods for securing column bases has been provided, including two primary methods: mechanical, and cementing the lower part of the column. Diagrams of these methods, as well as technical guidelines for their implementation, are provided. The advantages and disadvantages of each method, as well as limitations, are compared. Also, it has been identified contradictions in current methods, and proposed solutions to settlement.

Keywords: well casing; steam injection well; casing; anchoring the bottom of the column; mechanical anchor; cement anchor.

Крепление скважин обсадными колоннами является базовым этапом строительства любой скважины и напрямую определяет ее долговечность и безопасность эксплуатации. Крепление скважины обеспечивает предотвращение обрушений стенок ствола, разобшение

пластов с различными показателями пластового давления и содержащимися в них флюидами, защиту водоносных горизонтов от загрязнений.

Технологический регламент крепления скважин, традиционно, предполагает подготовку ствола скважины к спуску колонны, непосредственный спуск на заданную глубину и последующую продавку тампонажного раствора до выбранной отметки или до устья.

Крепление паронагнетательных скважин (ПНС) обуславливает повышенные требования к креплению колонн в силу своих особенностей, связанных, по большей мере, с термическим воздействием теплового агента. Основными осложняющими факторами выступают:

- Высокие температуры термического агента (температура которых может колебаться в пределах 250-300 °С;
- Знакопеременные напряжения, возникающие вследствие циклов нагревания и охлаждения колонны. Такие напряжения, если их не учесть, могут привести к деформации колонны или разрушению цементного камня в зонах неплотного контакта;
- Повышенные требования к герметичности колонны вследствие повышенных экологических рисков, связанных с утечкой термического агента в пласт;

В современной практике строительства ПНС наиболее распространенным принципом крепления колонн является цементирование колонны с предварительным натяжением, с целью дальнейшей компенсации возникающих температурных напряжений [1].

Выделенные факторы обуславливают необходимость анализа и выявления противоречий в применяющихся на сегодняшний день технических средствах и технологиях крепления ПНС.

Механические способы крепления низа обсадных колонн

Способы крепления колонн можно, условно, разделить на два вида: крепление колонн с помощью механических устройств, а также крепление с помощью цементирования нижней части колонны.

Рассмотрим основные способы крепления колонн с применением механических средств.

А) Опорные якоря. Принципиальная схема опорного якоря типа ЯМ приведена на рис. 1.1.

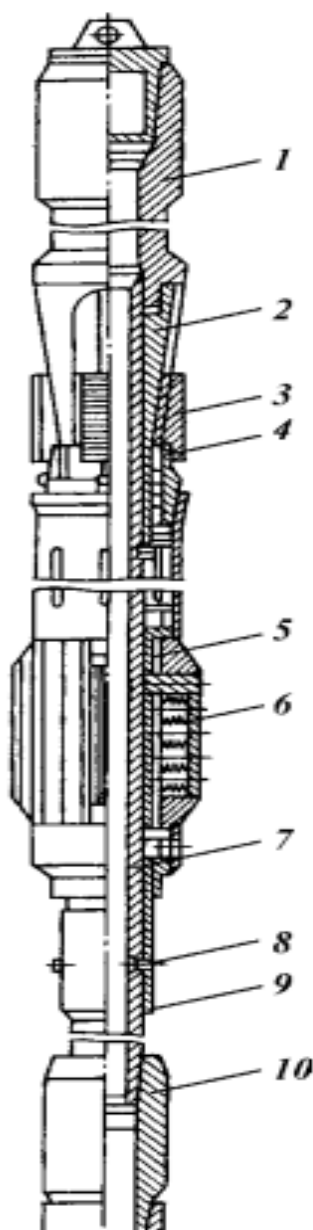


Рис. 1.1.

При спуске якоря в скважину опорные плашки 3 зацеплены за фиксатор 4 и расположены в нижней части конуса 2. Центратор якорного устройства, подпружиненными планками 6, скользит по стенке скважины и удерживается от осевого смещения вверх по штоку 7 винтом 8, установленным в гнезде втулки 9. Проталкиватель упорных плашек 3 находится ниже фиксаторов и соединен с обоймой 5.

При разгрузке обсадной трубы, шток якоря движется вниз относительно центратора, который за счет трения планок 6 удерживается на стенке скважины, а проталкиватель отжимает фиксатор 4 и перемещает упорные плашки 3 по направляющим пазам конуса. Упорные плашки при дальнейшем движении штока 7 входят в контакт со стенкой скважины и тормозят скольжение якоря вниз. С момента внедрения упорных плашек в стенки скважины осевая нагрузка на обсадную колонну воспринимается упорными плашками и передается на стенки скважины [2].

Б) Гидромеханические якоря.

Принципиальная схема гидромеханического якоря типа ЯГМ приведена на рис. 1.1., где:

Принципиальная схема
опорного якоря

1 - головка; 2 - упор; 3 - винт; 4 - конус; 5 - шток; 6 - шпонка; 7,9 - уплотнительные кольца; 8 - пружинное кольцо; 10 - шлипс; 11 шлипсодержатель; 12 - переводник; 13 - кольцо предохранительное; 14 - проволока.

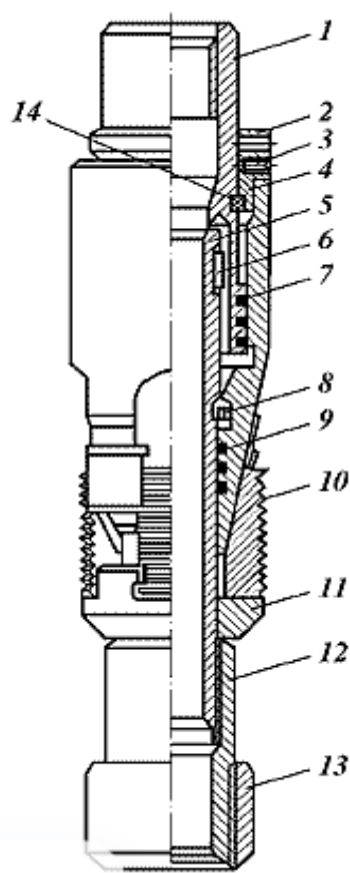


Рис. 2.2. Схема
гидромеханического
якоря ЯГМ

Гидромеханический якорь типа ЯГМ удерживает пакеры типа ПВМ на месте установки в обсадной колонне от смещения вверх под действием перепада давления. Якорь спускают в скважину вместе с пакером на в составе компоновки колонны; при этом конус фиксируется в верхнем положении пружинными кольцами. Во время установки пакера крутящий момент и осевая нагрузка от колонны передаются на пакер через головку 1, шток 5 и переводник якоря 12. После посадки, при подаче давления в трубу, конус высвобождается из-под пружинных колец и смещается вниз, заходя под шплинты 10. Шплинты раздвигаются до упора в обсадную колонну (или стенку скважины) и затем воспринимают нагрузку от пакера.

Демонтаж якоря с пакером происходит посредством натяжения колонны труб: при этом головка 1 выводит конус 4 из-под шплинтов 10, и механизм возвращается в исходное состояние. После извлечения якоря из скважины проверяется возможность его дальнейшей эксплуатации: с помощью внешнего осмотра, а также при опрессовке давлением 35 МПа. При испытании конус должен надежно удерживаться в верхнем положении.

Оба приведенных метода крепления можно отнести к одному виду крепления низа колонны – с помощью механических (механико-гидравлических) подвесных устройств. Преимуществами данного вида крепления являются:

- Относительная простота конструкции устройств, ремонтпригодность и взаимозаменяемость деталей в этих устройствах; многократность применения;
- Простота установки устройств: для установки достаточно провести один цикл СПО с дополнительными манипуляциями при установке;
- Повышенная прочность при восприятии осевых нагрузок в силу упругости системы опорных плашек;
- Минимальные требования к оборудованию устья;

Главным недостатком такого вида крепления являются повышенные требования к устойчивости стенок скважины, что не всегда представляется возможным. Также к недостаткам можно отнести:

- Вероятность заклинивания или неправильного срабатывания механизма в условиях повышенных температур, в силу расширения деталей в объеме – особенно актуально для ПНС;

- Необходимость решения проблемы герметизации: в компоновку низа должен быть включен пакер или иные уплотнительные элементы;

Способ крепления колонны с помощью цементного заякоривания

Еще одним способом крепления низа колонны является защемление нижней части колонны цементным камнем. Существуют различные технологии реализации данного метода, ниже приведена лишь принципиальная схема [3]. Данный метод предполагает два этапа: первый - цементирование нижней части для образования цементного якоря; второй, применительно к ПНС – непосредственное цементирование ствола скважины после натяжения обсадной колонны.

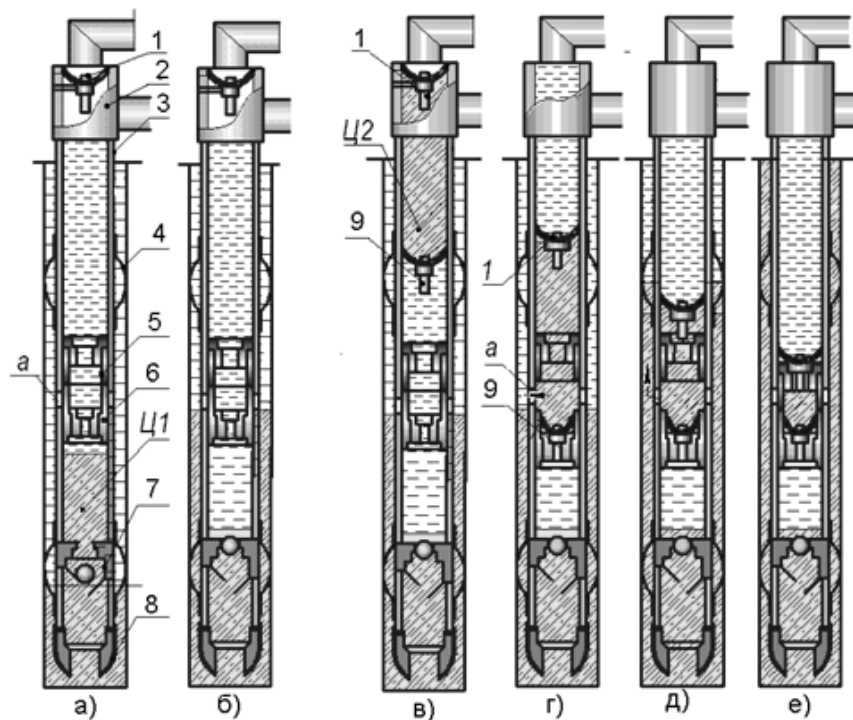


Рис. 2.1. Принципиальная схема крепления обсадной колонны ПНС с помощью муфты ступенчатого цементирования (МСЦ): 1 – пробка цементирующей головки; 2 – обсадная колонна; 3 – центратор; 4 – верхняя втулка МСЦ; 5 – нижняя втулка МСЦ; 6 – обратный клапан; 7 – нижняя пробка.

В обсадной колонне на уровне нижнего ряда заливочных отверстий «а» (верхняя граница цементного якоря) монтируют муфту ступенчатого цементирования (МСЦ), состоящую из двух основных деталей: нижней втулки 6 и верхней втулки 5.

После промывки ствола скважины и установки на устье колонны цементировочной головки 3 переходят к закачке первой порции тампонажного раствора (Ц1). Объем Ц1 принимают равным объёму формируемого цементного якоря (рис. 2.1, а), при этом раствор поднимают в колонне до уровня окон «а».

Далее в обсадной колонне стравливают избыточное давление и выдерживают её в таком состоянии до момента затвердевания цементного камня за колонной в зоне цементного якоря (рис. 2.1, б). При креплении высокотемпературных скважин, чтобы снизить вероятность появления дополнительных термических напряжений в период ожидания затвердевания цемента (ОЗЦ), колонну следует оставлять подвешенной на талевой системе.

После формирования за колонной цементного кольца обсадную колонну натягивают, создавая требуемое предварительное напряжение. Затем в колонну спускают нижнюю цементировочную пробку 9 и прокачивают вторую порцию цементного раствора (Ц2) (рис. 2.1, в), объём которой соответствует объёму затрубного пространства колонны. После этого освобождают верхнюю пробку 1, находящуюся в цементировочной головке 2, и продавливают её вниз рассчитанным объёмом второй порции продавочной жидкости.

Нижняя пробка 9, перемещаемая потоком, свободно проходит через верхнюю втулку 5 МСЦ, затем садится на седло нижней втулки 6 и при достижении заданного давления сдвигает втулку 6 вниз. В результате открываются сквозные отверстия «а» в МСЦ (рис. 2.1, г). Характерным признаком открытия отверстий служит резкое снижение давления нагнетания. При этом пробка 9, плотно опираясь на седло нижней втулки 6, герметизирует нижнюю часть колонны — интервал от заливочной муфты до башмака 8.

После, через отверстия «а» выполняется цементирование верхней ступени обсадной колонны с использованием продавочной пробки 1, которая также выполняет функцию запорной пробки. Тампонажный раствор, расположенный выше нижней пробки 9, вытесняется в затрубное пространство (рис. 2.1, д). Достигнув МСЦ, пробка 1 упирается в верхнюю втулку 5. Под действием давления срезаются стопорные винты, после чего втулка 5 перемещается вниз и перекрывает цементировочные отверстия «а». В момент перекрытия

наступает «сигнал стоп»: давление мгновенно поднимается, процесс цементирования колонны завершается (рис. 2.1, г).

Заключительной операцией является перфорация обсадной колонны, цементного камня и прилегающей породы для обеспечения гидродинамической связи скважины с пластом.

Данный способ крепления колонны имеет ряд преимуществ перед способами крепления с помощью механических устройств, главное из которых – применимость цементирования низа колонны в условиях неустойчивых стенок скважины. Также заметными преимуществами являются:

- Возможность герметизации нижнего участка затрубного пространства без дополнительных технических средств;

- Более широкие возможности применения цементного якоря в условиях повышенных забойных температур (при оптимальном выборе состава тампонажной смеси);

К недостаткам можно отнести:

- Технологическая сложность. Прочность цементного якоря может быть ослаблена вследствие наличия участков с невытесненной буферной жидкостью; наличия зон с ослабленным контактом труба – цементный камень вследствие отделившейся воды при ОЗЦ или ослабленным контактом камня со стенкой скважины при наличии глинистой корки, которая позже подвергается разрушению [4].

- Однократность применения и невозможность снятия цементного якоря; как следствие – повышенные издержки проводимых работ.

- Цементный камень хуже воспринимает осевые напряжения в силу хрупкости своей среды.

Таким образом, сравнив два основных способа крепления обсадных колонн ПНС, можем выделить ряд основных противоречий касательно их заякоривания.

Одно из ключевых противоречий заключается в устойчивости стенок скважины. Такая ситуация на практике встречается довольно часто, и более простой механический способ заякоривания в ней весьма ограничен в применении. В такой ситуации применение цементного якоря остается безальтернативным вариантом, что влечет за собой повышенные производственные издержки в плане затрат времени на работы, затрат на дополнительное устьевое оборудование и его монтаж, повышенные требования к технологии приготовления и применения цементного раствора, а также ряд иных издержек, влияющих на общий экономический эффект.

В плане восприимчивости температурных напряжений оба метода имеют свои противоречия, однако последние отличаются по своей природе. Если для механических средств крепления техническим риском, в основном, является заклинивание и некорректное срабатывание самого устройства, то для цементного якоря качество его применения во многом связано с рецептурой цементного раствора и точного соблюдения технологии тампонирувания.

Стоит отметить также необходимость разобщения цементируемого интервала и нижележащего для предотвращения разрыва слабых пластов, чего не обеспечит механический якорь без дополнительного герметизирующего оборудования.

Также нужно помнить, что прочность цементного якоря при его повышенной надежности как метода прямо обусловлена правильным подбором рецептуры и соблюдением технологического регламента крепления, что иногда очень трудно соблюсти на практике.

Возможным решением приведенных противоречий может быть разработка механического устройства упрощенной конструкции для закоривания колонны, которая будет основана на физико-механических свойствах тела этого устройства.

Перечень ссылок

1. Калиниченко, О.И. Эксплуатация оборудования и объектов газовой отрасли [Электронный ресурс]: учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования / Калиниченко, О.И., Хохуля А.В; ГОУВПО «ДОННТУ». - Донецк: ДОННТУ, 2020.-170 с
2. Лукьянов В.Т., Перейма А.А., Димитриади Ю.К. О натяжении эксплуатационных колонн в паронагнетательных скважинах. Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014;(4):51-55.
3. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2001. — 679 с.
4. Перейма А. А., Димитриади Ю.К. Применение дисперсно-армированных тампонажных материалов для повышения эффективности строительства и эксплуатации скважин // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. Ставрополь: Изд-во СКФУ. 2013. № 5 (38). С. 27–23.

УДК. 622.276

СТАДИЙНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ МЕТОДОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АСПО ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

В.Е. Крылов, Г.Ю. Коробов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы
Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург

Аннотация Рассмотрен подход к выбору методов предотвращения асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) с учетом стадий их формирования. Показано, что эффективность профилактических методов повышается при их привязке к доминирующим физико-химическим процессам.

Annotation An approach to selecting methods for preventing asphaltene–resin–paraffin deposits (ARPDs) regarding the stages of their formation is considered. It is shown that the efficiency of preventive methods increases when they are linked to the dominant physicochemical processes.

Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО), предотвращение отложений, удаление отложений, ингибиторы, добыча нефти.

Key words: asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD), deposit prevention, deposit removal, inhibitors, oil production.

АСПО являются одним из наиболее распространенных видов осложнений при добыче нефти. Их образование приводит к уменьшению проходного сечения насосно-компрессорных труб, снижению дебита скважин, росту гидравлических сопротивлений, увеличению частоты ремонтных работ и сокращению межочистного периода эксплуатации. Особенно актуальной данная проблема становится на поздних стадиях разработки месторождений, когда изменяются термобарические условия, состав добываемой продукции, обводненность, газовый фактор и режим движения флюида.

Традиционно методы борьбы с АСПО часто выбираются на основе промыслового опыта: применяются тепловые обработки, химические реагенты, механическая очистка или комбинированные технологии. Однако такой подход не всегда обеспечивает устойчивый результат, поскольку не учитывает, на какой именно стадии формирования отложений находится система. Между тем АСПО не образуются мгновенно. Их формирование представляет собой последовательный многостадийный процесс, включающий

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

дестабилизацию тяжелых компонентов нефти, образование твердой фазы, укрупнение частиц, закрепление их на поверхности оборудования и дальнейшее уплотнение слоя отложений [1, 2].

Формирование АСПО при добыче нефти определяется совместным влиянием термодинамической неустойчивости, гидродинамического режима, состава нефти, межфазных взаимодействий и внешних технологических факторов. Термодинамические условия определяют начало фазовой неустойчивости и выпадение тяжелых органических компонентов из нефтяной фазы, тогда как режим течения, свойства поверхности, многофазность потока и наличие механических примесей определяют, будут ли эти компоненты уноситься потоком или закрепляться на поверхности в виде устойчивых отложений [3].

Для систематизации выбора методов воздействия целесообразно сопоставить основные стадии формирования АСПО с условиями их проявления и соответствующими методами предотвращения или удаления отложений. Такое сопоставление позволяет определить, на какой физико-химический процесс направлено конкретное технологическое решение (таблица 1).

Таблица 1 – Соответствие стадий формирования АСПО условиям проявления и методам воздействия (составлено автором)

Стадия формирования АСПО	Условия проявления	Методы воздействия	Принцип действия
Кристаллизация парафинов из нефтяной фазы	Снижение температуры ниже температуры начала кристаллизации парафинов; теплотери в НКТ; ламинарный или слабый турбулентный режим течения	Тепловые методы: подогрев, теплоизоляция; химические методы: депрессорные присадки, модификаторы кристаллов парафина	Смещение условий фазового равновесия, замедление зарождения и роста кристаллов парафина
Агрегация и флокуляция асфальтенов в объеме нефти	Снижение давления; изменение состава нефти при дегазации или растворении CO ₂ ; низкое отношение смол к асфальтенам	Химические методы: диспергаторы, стабилизаторы; наноматериалы: ингибирующие или адсорбционные наночастицы	Ослабление π - π -взаимодействий и сил Ван-дер-Ваальса, стабилизация дисперсной коллоидной системы

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

Таблица 1 – Соответствие стадий формирования АСПО условиям проявления и методам воздействия (окончание)

Стадия формирования АСПО	Условия проявления	Методы воздействия	Принцип действия
Адсорбция и прикрепление частиц к твердым поверхностям	Повышенная шероховатость поверхности; наличие смолопарафиновых пленок; контакт с металлическими или минеральными поверхностями	Поверхностные методы: защитные покрытия; химические методы: ингибиторы адгезии	Снижение энергии адгезии на границе «частица-поверхность», уменьшение вероятности закрепления частиц
Когезионный рост и уплотнение слоя отложений	Длительное пребывание отложений на поверхности; повторяющиеся циклы осаждения	Химические методы: ингибиторы когезии; физические методы: вибрация, ультразвук; механические методы: скребки	Ослабление внутренних когезионных сил в слое отложений, снижение его механической прочности
Формирование устойчивого слоя АСПО	Длительная эксплуатация без удаления отложений; стабильные термогидродинамические условия; накопление многослойных отложений	Механические методы: скребки; тепловые методы: нагрев, плавление; химические методы: растворители	Разрушение структуры отложений или перевод твердой фазы в подвижное либо растворенное состояние

Из данных таблицы 1 следует, что профилактические методы преимущественно направлены на ранние стадии формирования АСПО: кристаллизацию парафинов, агрегацию асфальтенов и закрепление частиц на поверхности. Напротив, механические, тепловые и химические методы удаления становятся необходимыми на поздних стадиях, когда сформирован плотный и устойчивый слой отложений. Это принципиально важно, поскольку предотвращение образования АСПО обычно технологически и экономически эффективнее удаления уже сформировавшихся отложений [4-5].

На стадии кристаллизации парафинов основным фактором является снижение температуры нефти ниже температуры начала

кристаллизации. Поэтому наиболее рациональны теплоизоляция, подогрев, греющие кабели, депрессорные присадки и модификаторы кристаллов парафина. Эти методы замедляют образование и рост кристаллов, снижая вероятность их закрепления на поверхности оборудования [3].

На стадии агрегации и флокуляции асфальтенов ключевое значение имеют давление, состав нефти, газосодержание и соотношение смол и асфальтенов. При потере коллоидной устойчивости асфальтены объединяются в агрегаты, поэтому целесообразно применять диспергаторы, стабилизаторы и наноматериалы. Их действие направлено на сохранение тяжелых компонентов нефти в дисперсном состоянии [3].

Стадия адсорбции и прикрепления частиц к твердым поверхностям определяет переход от дисперсных частиц к устойчивому слою отложений. Закрепление усиливается при шероховатости, загрязнении и неблагоприятной смачиваемости поверхности. Защитные покрытия, модификация смачиваемости и ингибиторы адгезии снижают вероятность первичного закрепления частиц [3].

На поздних стадиях происходит рост, уплотнение и упрочнение слоя АСПО. В этих условиях профилактические методы становятся менее эффективными, а основной задачей является разрушение или ослабление уже сформированной структуры. Для этого применяются механические методы, тепловое воздействие, растворители и комбинированные технологии [3].

Стадийно-ориентированный подход показывает, что методы предотвращения АСПО должны применяться преимущественно на ранних этапах процесса. Если основным механизмом является охлаждение нефти и кристаллизация парафинов, то приоритет следует отдавать тепловому регулированию, теплоизоляции и модификаторам кристаллизации. Если доминирует асфальтеновая нестабильность, необходимы диспергаторы, стабилизаторы и реагенты, повышающие устойчивость коллоидной системы. Если проблема связана с закреплением частиц на поверхности, более рациональны покрытия, изменение смачиваемости и ингибиторы адгезии. Если же сформировался плотный слой, требуется уже комплексное воздействие, включающее химическое, тепловое и механическое удаление.

Важным преимуществом такого подхода является возможность более точного выбора технологии для конкретных промысловых условий. Например, применение только растворителей не решает

проблему, если основная причина осложнений связана с постоянным охлаждением потока ниже температуры кристаллизации парафинов. Аналогично, использование только теплового воздействия может быть недостаточным, если в системе преобладают асфальтеновая агрегация и высокая адгезия частиц к металлическим поверхностям. Следовательно, эффективная система борьбы с АСПО должна строиться не по принципу универсального реагента или универсального метода, а на основе диагностики доминирующей стадии процесса.

Особое значение имеет сочетание нескольких методов. Ни один из существующих способов не способен одновременно контролировать все стадии формирования АСПО. Тепловые методы воздействуют преимущественно на кристаллизацию парафинов, химические ингибиторы – на агрегацию и диспергирование тяжелых компонентов, поверхностные методы – на адгезию, а механические и растворяющие технологии – на уже сформированный слой. Поэтому наиболее рациональной является комбинированная стратегия, в которой профилактические методы используются для раннего подавления процесса, а методы удаления применяются только при необходимости восстановления пропускной способности оборудования.

Выводы:

1) Формирование АСПО представляет собой многостадийный процесс, включающий кристаллизацию парафинов, агрегацию асфальтенов, закрепление частиц на поверхности, рост и уплотнение слоя отложений;

2) Методы предотвращения АСПО должны выбираться с учетом доминирующей стадии процесса: тепловые методы и модификаторы кристаллов целесообразны на стадии парафиновой кристаллизации, диспергаторы и стабилизаторы – на стадии асфальтеновой агрегации, защитные покрытия и ингибиторы адгезии – на стадии закрепления частиц на поверхности;

3) Методы удаления АСПО воздействуют преимущественно на поздние стадии, когда сформирован устойчивый слой отложений, поэтому они являются менее технологически и экономически эффективными по сравнению с профилактическими методами;

4) Наиболее эффективной является комбинированная стратегия, при которой методы предотвращения и удаления АСПО применяются не изолированно, а в соответствии с механизмом и стадией формирования отложений;

5) Стадийно-ориентированный подход может быть использован как основа для рационального выбора технологий предупреждения АСПО и повышения надежности эксплуатации нефтяных скважин.

Перечень ссылок

1. Nurgalieva, K. S., Saychenko, L. A., Riazi, M. (2021). Improving the Efficiency of Oil and Gas Wells Complicated by the Formation of Asphalt–Resin–Paraffin Deposits. *Energies*, 14(20), 6673. <https://doi.org/10.3390/en14206673>
2. Rogachev, M., Aleksandrov, A. (2021). Justification of a comprehensive technology for preventing the formation of asphalt-resin-paraffin deposits during the production of highlyparaffinic oil by electric submersible pumps from multiformation deposits. *Journal of Mining Institute*, 250, 596–605. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.4.13>
3. Korobov G., Rogachev M., Krylov V (2026). Mechanisms of Asphaltene–Resin–Paraffin Deposit Formation and Prevention in Oil Production: From Physicochemical Processes to Inhibition and Delivery Strategies. *Eng*, 7(3), 116. <https://doi.org/10.3390/eng7030116>
4. Khormali, A. (2017). Asphaltene precipitation and inhibition in carbonate reservoirs. *Petroleum Science and Technology*, 35(5), 515–521. <https://doi.org/10.1080/10916466.2017.1295070>
5. Tanirbergenova, S., Ongarbayev, Y., Tileuberdi, Y., Zhambolova, A., Kanzharkan, E., Mansurov, Z. (2022). Selection of Solvents for the Removal of Asphaltene–Resin–Paraffin Deposits. *Processes*, 10(7), 1262. <https://doi.org/10.3390/pr10071262>

УДК

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ГРАНИЦ
МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ
ОГРАНИЧЕННОГО ДОСТУПА К ТЕРРИТОРИЯМ (НА
ПРИМЕРЕ РАЙОНОВ ДНР)**

Р.Р. ЛАЗАРЕНКО

**ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,**

г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема установления и уточнения границ муниципальных образований в прифронтовых районах Донецкой Народной Республики, где традиционные геодезические методы неприменимы из-за минной опасности и ограниченного доступа к территории. Предлагается технологическое решение на основе данных дистанционного зондирования Земли сверхвысокого разрешения. Показаны этапы дешифрирования границ, источники данных и способы их верификации. Результаты могут быть использованы при совершенствовании землеустроительных работ в особых условиях.*

***Annotation.** The article discusses the problem of establishing and refining the boundaries of municipal entities in the frontline areas of the Donetsk People's Republic, where traditional geodetic methods are not applicable due to the risk of landmines and limited access to the territory. A technological solution based on ultra-high-resolution remote sensing data is proposed. The stages of boundary deciphering, data sources, and verification methods are described. The results can be used to improve land management activities in special conditions.*

***Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, границы муниципальных образований, дешифрирование.*

***Keywords:** remote sensing of the Earth, municipal boundaries, and decryption.*

Завершение переходного периода интеграции Донецкой Народной Республики (ДНР) в правовое поле Российской Федерации (РФ) в 2026 году поставило перед органами местного самоуправления и Росреестром сложную задачу: в короткие сроки установить и закрепить в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) границы всех муниципальных образований. В то же время ряд районов ДНР – прежде всего прифронтовые территории вблизи линии боевого соприкосновения – остаются зонами с ограниченным доступом для полевых геодезических работ. Минная опасность,

разрушенная инфраструктура, регулярные обстрелы делают невозможным классическое межевание с выходом на местность. В этих условиях единственным источником пространственных данных становятся материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Цель статьи – обосновать технологию уточнения границ муниципальных образований с использованием данных ДЗЗ применительно к условиям ДНР на 2026 год.

Согласно Федеральному закону № 518-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», границы муниципальных образований должны быть внесены в ЕГРН в обязательном порядке. В обычных условиях это предполагает проведение полевых кадастровых работ с установкой межевых знаков. Однако в прифронтовых районах ДНР (Волновашский, Марьинский, частично Ясиноватский и др.) такие работы являются невозможны по указанным выше причинам [0].

Постановление Правительства ДНР от 2025 года прямо допускает использование данных ДЗЗ для обоснования границ при наличии форс-мажорных обстоятельств. Тем не менее, методика такого использования до сих пор не закреплена на уровне федеральных сводов правил. Это создаёт научно-практический зазор, который необходимо заполнить.

Для уточнения границ на муниципальном уровне необходимы космические снимки с пространственным разрешением не хуже 1-2 м. В условиях ДНР в 2026 году наиболее доступными являются (см. табл. 1) [0]:

Таблица 1 - Источники данных ДЗЗ

Источник	Разрешение	Периодичность
Геопортал Роскосмоса (Канопус-В, Ресурс-П)	0,7–2,0 м	2–5 суток
Единая территориальная сеть ДЗЗ новых субъектов РФ	0,5–1,0 м	Ежедневно
Свободные данные Sentinel-2 (ESA)	10 м	5 суток
Коммерческие снимки (ресурсы Росгеофонда)	0,3–0,5 м	По запросу

Важно, что в 2026 году в ДНР полностью развёрнута региональная система приёма спутниковых данных – задержка получения снимка составляет не более 6 часов. Это позволяет оперативно реагировать на изменения ситуации.

Предлагаемая технология включает пять последовательных этапов, выполняемых полностью в камеральных условиях. Полевой выход требуется только для выборочной верификации наиболее безопасных участков [0].

Этап 1. Сбор и предварительная обработка снимков.

Формируется архив космических снимков за последние 3 года (2023-2026) с минимальным уровнем облачности (<10%). Выполняется ортотрансформирование и привязка к местной системе координат (СК 1963). Используются программные продукты: «Фотомод», «ERDAS Imagine» или отечественный «Ингео».

Этап 2. Визуальное и автоматизированное дешифрирование линейных объектов.

Границы муниципальных образований в большинстве случаев проходят по естественным и искусственным рубежам:

- тальвегам рек и ручьёв;
- лесополосам и дорогам;
- оврагам и балкам;
- старым мелиоративным каналам.

На снимке сверхвысокого разрешения эти объекты чётко идентифицируются. Используется алгоритм детектирования линий на основе фильтра Канни с последующей векторизацией в ГИС.

Этап 3. Сопоставление с историческими данными.

Для южных и восточных районов ДНР сохранились карты землеустройства украинского периода (1990–2010 гг.). Выполняется трансформация координат с помощью опорных точек, расположенных в неизменных местах (перекрёстки дорог, мосты, выходы скальных пород).

Этап 4. Уточнение границ в спорных зонах [0].

Спорными считаются участки, где снимки разных лет показывают несовпадение линейных объектов (например, река изменила русло). В этом случае применяется правило: граница фиксируется по состоянию на дату последнего довоенного снимка (как правило, 2021 год) с пометкой в ЕГРН «Требуется полевого уточнения после снятия режимных ограничений».

Этап 5. Оформление карты (плана) границ.

По результатам формируется XML-схема и машиночитаемая карта границы муниципального образования. В реквизитах указывается: «Граница установлена дистанционным методом в связи с невозможностью полевых работ».

Несмотря на очевидные преимущества, метод на основе ДЗЗ имеет три главных ограничения:

1. отсутствие прямого контакта с межевыми знаками. Решение: на всех картах, созданных дистанционным методом, проставляется специальная метка «Дистанционное определение», что снимает юридическую ответственность за возможные будущие смещения;

2. влияние сезонных изменений. Например, листва скрывает грунтовые дороги. Решение: используются только снимки ранней весны или поздней осени;

3. ошибки привязки. Они могут достигать 5-10м из-за отсутствия стабильных пунктов ГГС. Решение: в 2025 году в тыловых районах ДНР заложена сеть постоянно действующих базовых станций GNSS, сигнал которых доступен и для прифронтовых зон на удалении до 30 км [0].

Стоимость дистанционного метода в 3-5 раз ниже полевого (отсутствуют затраты на выезд, проживание бригады, амортизацию вещей и спецодежды). Годовая потребность в уточнении границ для ДНР на 2026 год составляет около 30 муниципальных образований. Полный переход на дистанционную технологию позволит сэкономить бюджету республики порядка 80 млн рублей.

Выводы. Применение данных ДЗЗ для уточнения границ муниципальных образований в прифронтовых районах ДНР является не вынужденным компромиссом, а технологически обоснованным и экономически целесообразным методом. На 2026 год предложенная методика позволяет:

- полностью отказаться от полевых работ на 85% территории прифронтовых районов;
- снизить риски для персонала до нуля;
- сократить сроки землеустроительных работ с 12 до 3 месяцев;
- внести в ЕГРН юридически корректные описания границ с обязательной пометкой о методе определения.

Статья подготовлена в рамках дипломной работы «Совершенствование технологии выполнения землеустроительных работ по установлению (изменению) границ муниципальных образований (на примере Донецкой Народной Республики)».

Перечень ссылок

1. Федеральный закон РФ «О государственной регистрации недвижимости» (принят государственной думой 03.07.2015, одобрен советом федерации 08.07.2015) (последняя редакция от 14.02.2024 № 20-ФЗ) [Текст] //Собрание законодательства РФ. - 2015. - № 218. Ст. 239.

2. Руководство пользователя геопортала Роскосмоса. – М.: ЦНИИмаш, 2025. – 112 с.

3. Единая система ДЗЗ новых территорий: состояние и перспективы / под ред. А.В. Путилина. – Донецк: ДонНТУ, 2026. – 84 с.

4. Аверьянов А.С. Дешифрирование границ землепользований по космическим снимкам сверхвысокого разрешения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2025. – № 7. – С. 34-41.

5. Методические рекомендации по камеральному установлению границ муниципальных образований в условиях ограниченного доступа. – Донецк: Минимущества ДНР, 2026. – 45 с.

УДК 55:044.9

КЛАССИФИКАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Р.С. Левин, В.Б. Скаженик, А.П. Серых

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассмотрены вопросы создания нейросетевых моделей для классификации спутниковых изображений. Разработана архитектура и программное обеспечение, реализующее нейросетевую модель. Модель может быть использована для фиксации изменений в землепользовании.

Annotation. The development of neural network models for classifying satellite images is discussed. The architecture and software implementing the neural network model are developed. The model can be used to record land use changes.

Ключевые слова: классификация спутниковых снимков, классификация землепользования, сверточная нейронная сеть, программное обеспечение.

Keywords: satellite image classification, land use classification, convolutional neural network, software.

Сочетание современных методов дистанционного зондирования и возможностей нейронных сетей по распознаванию изображений создают предпосылки для автоматизации анализа спутниковых снимков. Скорость и качество анализа изображений определяют эффективность использования спутниковых снимков для мониторинга окружающей среды, создания карт земной поверхности, фиксации изменений в землепользовании.

Основные типы нейросетевых моделей, применяемые в геоинформатике, представлены в табл. 1.

При создании архитектуры нейросети разработчику приходится выбирать между точностью решения задачи и вычислительными затратами.

Для распознавания изображений могут применяться различные модификации сверточных нейронных сетей [1] а также комбинации различных типов нейросетевых моделей [2].

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

Таблица 1 – Применение нейросетевых моделей в геоинформатике

Тип нейросетевой модели	Область применения
Полносвязные нейронные сети	Прогноз координат пунктов сети, оценка погрешностей измерений
Свёрточные нейронные сети	Классификация земного покрова, распознавание объектов: зданий, дорог, насаждений, техники
Рекуррентные нейронные сети	Анализ изменения координат наблюдательных станций
LSTM сети	Прогноз деформаций земной поверхности и тектонических движений земной коры
Радиально-базисные сети	Построение цифровых моделей рельефа
Самоорганизующиеся карты Кохонена	Кластеризация территорий по типам землепользования
Генеративно-состязательные сети	Повышение разрешения спутниковых снимков

Для классификации спутниковых изображений, как правило, используются сверточные нейросети с учителем, в частности, ResNet50, RcsNet101, VGG19, InceptionV4 и GoogleNet. При обучении нейросетей используются такие наборы данных как EuroSAT (27000 изображений, 10 классов), RSI-CB128 (36707 изображений, 45 классов), RSI-CB256 (5631 изображение, 4 класса) [3].

Цель данной работы заключается в обосновании архитектуры нейронной сети, обеспечивающей классификацию спутниковых изображений, и разработке программы для реализации нейросетевой модели.

Для обучения нейросети был использован набор данных EuroSAT объёмом 27000 спутниковых снимков, содержащий 10 категорий местности: однолетние культуры, многолетние культуры, пастбища, травянистая растительность, леса, реки, водные поверхности, жилая застройка, индустриальная застройка и шоссе [1].

Задача проектируемой нейросети – определение типа местности по части спутникового снимка размером 64 на 64 пикселя. Для реализации нейросети использовалась библиотека Keras и язык программирования Python.

В ходе экспериментов по определению наиболее эффективной архитектуры нейросети рассматривались несколько конфигураций. В качестве основного рабочего варианта при этом рассматривалась архитектура с несколькими слоями свёрточной нейронной сети и

двумя слоями полносвязной. Однако обучение с нуля такой нейросети не давало приемлемой точности. В этой связи в качестве базовой модели была принята известная модель EfficientNet-B0. Эта легковесная модель с хорошим показателем точности часто используется в пользовательских нейронных сетях в качестве базовой для упрощения процесса обучения.

EfficientNet-B0 также содержит полносвязный слой для классификации, но в данном случае он не используется. Исходя из постановки рассматриваемой задачи классификации спутниковых изображений вместо этого слоя модель дополнена двумя пользовательскими полносвязными слоями: первый состоит из 128 нейронов с функцией активации ReLu для определения объектов на снимке, а последующий состоит из 10 нейронов с функцией активации SoftMax для категоризации земель. Слой Flatten преобразует изображение в вектор. После первого слоя в модели присутствует слой Dropout, который случайным образом выключает половину нейронов первого слоя для предотвращения переобучения. Именно эти слои подвергаются обучению, тогда как слои EfficientNet-B0 используют предобученные веса. Итоговая архитектура разработанной нейросети приведена на рисунке 1.

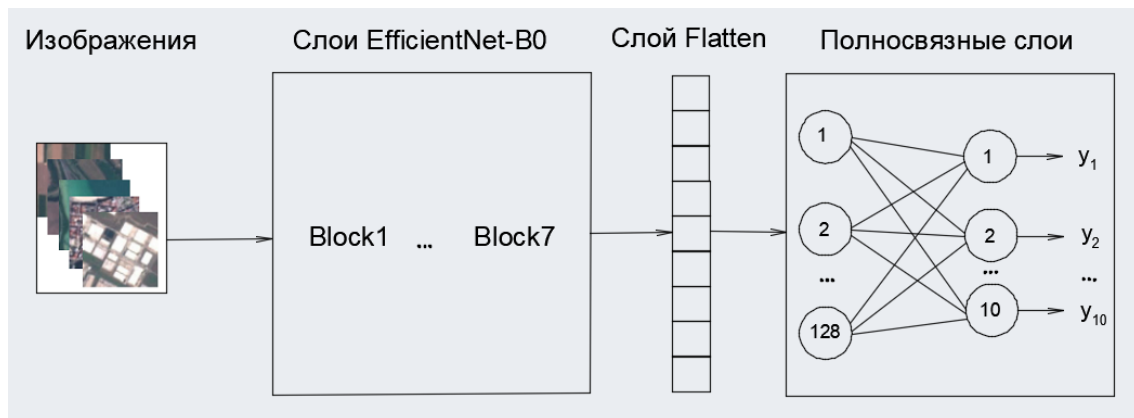


Рисунок 1. Архитектура разработанной нейросети для классификация спутниковых изображений

В качестве оптимизатора в нейросетевой модели используется оптимизатор Adam с показателем сходимости 0.001. Функция потерь представлена категориальной кроссэнтропией.

В целях уменьшения чувствительности нейросети к пользовательским входным данным набор данных искусственно дополняется несколько изменёнными дубликатами. Для этого при

обучении нейросети используется генератор, который случайным образом изменяет копии снимков из набора данных: поворачивает, отражает по горизонтали или вертикали, изменяет яркость, смещает, приближает или отдаляет.

Выборка валидации составляет 20% от всего набора данных и составлена случайным образом. Количество эпох для обучения нейросетевой модели принято равным 100. При обучении проводится мониторинг показателей точности и потерь. В том случае, если показатель потерь выборки валидации не уменьшается в течении 15 эпох, обучение завершается преждевременно. Лучшая модель по точности валидации сохраняется.

С целью повышения точности распознавания изображений после первичного обучения проводилось дообучение нейросети. Часть слоёв EfficientNet-B0 были разморожены для обучения, чтобы подогнать умение базовой модели распознавать специфические для данной задачи объекты. Результат дообучения приведен на рисунке 2.

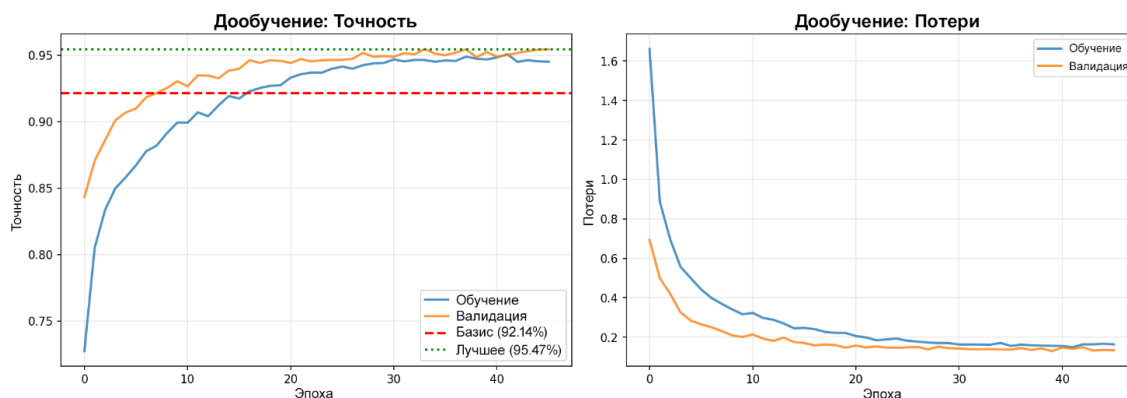


Рисунок 2. Графики точности и потерь процесса дообучения нейросети

Как видно из графиков, итоговая точность распознавания составила 95,47%.

При использовании нейросети на вход подаётся цветной спутниковый снимок местности в формате JPG размером 64 на 64 пикселя. Изображение преобразуется в двоичный формат, после чего нейросеть анализирует его и выдаёт результат – тип местности, изображённый на снимке. Пример распознавания трех категорий представлен на рисунке 3.

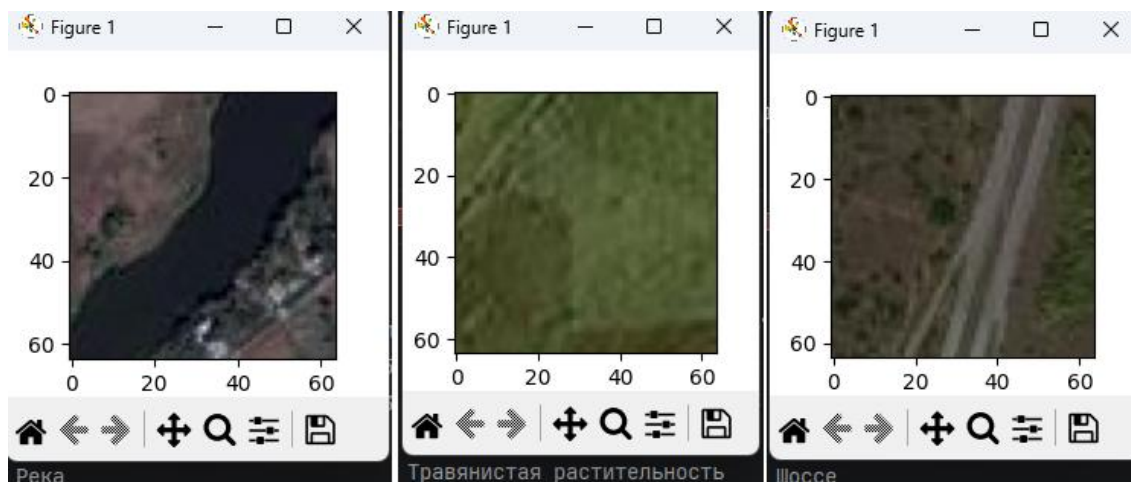


Рисунок 3. Результат распознавания изображений «Река», «Травянистая растительность», «Шоссе»

Выводы. Для классификации спутниковых изображений обоснована эффективная архитектура нейросетевой модели. Точность распознавания объектов десяти категорий при выбранной архитектуре составила 95,47%.

Разработанное программное обеспечение, реализующее предложенную архитектуру нейронной сети, позволяет автоматизировать процесс классификации спутниковых изображений и на этой основе усовершенствовать фиксацию изменений в землепользовании.

Перечень ссылок

1. Eurosat: A novel dataset and deep learning benchmark for land use and land cover classification. Patrick Helber, Benjamin Bischke, Andreas Dengel, Damian Borth. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2019
2. Hasan, Nowshad & Islam, Md.Saiful. A lightweight CNN-LSTM hybrid model for land cover classification in satellite imagery. Geocarto International. 2025. 40(1). <https://doi.org/10.1080/10106049.2025.2521828>
3. Hossain, A. et al. (2025). Efficient Satellite Image Classification with Semi-supervised Learning. In: Bhattacharya, A., Dutta, S., Chakrabarti, A., Perumal, T. (eds) Innovations in Data Analytics. ICIDA 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1410. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-6303-3_41

УДК 528.94:332.72

ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИТИКИ В СФЕРЕ НЕДВИЖИМОСТИ

Маланчук А.В.

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. В статье рассматривается тематическое картографирование как метод пространственного анализа рынка недвижимости. Исследуется роль ГИС в структурировании данных о недвижимости. Анализируются существующие решения визуализации и геоаналитики на российских и зарубежных платформах купли-продажи недвижимости.

Abstract. This article examines thematic mapping as a method of spatial analysis of the property market. It explores the role of GIS in organising property data. It analyses existing visualisation and geoinformatics solutions on Russian and international property trading platforms.

Ключевые слова. Тематическое картографирование, геоинформационные системы, ГИС, рынок недвижимости, ценовое зонирование, пространственный анализ, визуализация данных, геоаналитика.

Keywords. Thematic mapping, geographic information systems, GIS, real estate market, price zoning, spatial analysis, data visualization, geo-analytics

В условиях динамично развивающегося рынка недвижимости вопросы эффективной аналитики и визуализации пространственных данных приобретают всё большую актуальность. Покупатели, инвесторы, девелоперы и органы муниципального управления нуждаются в инструментах, позволяющих не просто просматривать перечень объектов, но и анализировать их пространственное распределение, стоимость, транспортную доступность и инфраструктурные характеристики.

Современные города представляют собой сложные социально-экономические системы, где стоимость недвижимости формируется под влиянием множества факторов, таких как транспортная доступность, инфраструктурная обеспеченность района, экологические условия и другие [1]. Традиционные методы анализа рынка, это табличные базы данных и статистические выборки, которые не позволяют проследить пространственную взаимосвязь

объектов. Именно в этом контексте тематическое картографирование выступает мощным аналитическим инструментом, способным трансформировать массивы разрозненных данных в наглядные пространственные модели.

Тематическое картографирование - это раздел картографии, ориентированный на отображение распределения конкретных явлений или показателей в пространстве. Они создаются для решения специализированных аналитических задач, отображая информацию, непосредственно связанную с исследуемой проблематикой.

Картография ориентирована на отображение и визуальное восприятие окружающего пространства человеком в виде образно-знаковой метрической модели. Сейчас карты становятся не только инструментом фиксации географических данных, но и механизмом анализа геопространственной информации [2].

Применительно к рынку недвижимости тематическое картографирование позволяет решать большое количество задач. Это визуализация ценового зонирования территорий, анализ пространственного распределения предложений по типам объектов, оценка транспортной и социальной доступности, выявление кластеров спроса и предложения, картографирование инфраструктурных ограничений и охранных зон.

Геоинформационные системы (ГИС) представляют собой совокупность программно-технологических инструментов, ориентированных на получение новой информации о различных аспектах окружающей среды. Применение этих технологий направлено на улучшение эффективности процессов хранения, обработки, отображения данных, а также обеспечение поддержки при принятии решений [1].

В отличие от обычных картографических материалов, ГИС объединяет географическую привязку с базами данных, позволяя выявлять сложные пространственные взаимосвязи и закономерности с преимуществами полноценной визуализации и географического анализа [1]. Для сферы недвижимости это означает возможность связывать атрибутивную информацию об объекте (площадь, цена, год постройки, и другие) с его точным местоположением на местности.

В практике анализа рынка недвижимости сложился ряд устойчивых типов тематических карт, каждый из которых решает специфические аналитические задачи.

Карты-хороплеты отображают статистические показатели - средние цены, плотность предложений, динамику изменения стоимости - по административным или статистическим единицам

(район, квартал). Градиент цвета позволяет мгновенно идентифицировать зоны повышенной и пониженной стоимости.

Тепловые карты отображают непрерывные поля концентрации объектов или значений показателей. В сфере недвижимости применяются для визуализации плотности предложений, горячих точек спроса и инвестиционной привлекательности.

Карты ценового зонирования строятся на основе кластерного анализа и позволяют выделять территориальные ценовые зоны, границы которых не совпадают с административными.

Карты изохрон транспортной доступности отображают зоны или конкретные места, до которых можно добраться от заданной точки за определённое время пешком, на общественном транспорте или автомобиле. Для покупателя недвижимости такая карта позволяет наглядно оценить отдаленность объекта до образовательных и медицинских учреждений и других мест интереса.

Многослойные тематические карты совмещают несколько информационных слоёв. Подобный подход реализован в работах по применению ГИС-технологий для оценки стоимости земельных участков в границах исторических поселений, где методы пространственного анализа позволяют учитывать влияние территорий с особыми условиями [1].

Трёхмерные картографические модели позволяют визуализировать объёмные показатели - например, высотность застройки. В России реализованы эксперименты с 3D-кадастром и трёхмерными паспортами объектов, однако их массовое применение ограничено высокой себестоимостью и отсутствием практической нормативной базы [3].

Несмотря на широкое распространение онлайн-платформ по продаже недвижимости - таких как ЦИАН, Авито Недвижимость, Домклик, Яндекс Недвижимость в России, а также Zillow и Redfin в США, - инструменты картографической аналитики на большинстве из них остаются крайне ограниченными и не соответствуют потенциалу современных ГИС-технологий.

Анализ отечественных сайтов, предоставляющих услуги по купле-продаже недвижимости, позволяет выделить ряд негативных черт, связанных с отображением геоданных объектов сделок.

Сведение карты к слою точек. Большинство платформ предлагают пользователю лишь точечную карту, где каждый маркер соответствует одному объявлению. При высокой плотности предложений маркеры перекрываются, и карта превращается в визуальный шум, лишённый аналитической ценности.

Некорректная геолокация объектов. На Авито зафиксированы случаи, когда неправильно отображается местонахождение объекта, особенно применительно к загородной недвижимости и коттеджным посёлкам, не поставленным на кадастровый учёт. Отсутствие жёсткой привязки к кадастровым координатам ведёт к систематическому смещению маркеров.

Отсутствие аналитических слоёв. Ни на одной из ведущих российских платформ не представлены полноценные тематические слои: ценовые изолинии, карты доступности общественного транспорта, экологические ограничения, зоны кадастровой стоимости. Пользователь вынужден самостоятельно сопоставлять информацию из разных источников, что усложняет процесс принятия решений.

Статичность визуализации. Большинство платформ предлагают статичные карты без возможности динамической фильтрации по ценовым диапазонам, типам объектов или временным срезам [5].

Международный опыт демонстрирует значительно более глубокую интеграцию ГИС-инструментов в анализ рынка недвижимости.

Компания Zillow разработала Market Heat Index - индекс тепла рынка. Более высокий показатель индикатора указывает на рынок, где продавцы обладают большей переговорной силой, более низкий - на рынок покупателя [4]. На основе данных Zillow, рассчитанных и картографированных по всем округам США, формируются тепловые карты прироста стоимости недвижимости, которые ежеквартально обновляются и позволяют отслеживать динамику [4].

Интерактивный картографический сервис Reventure App позволяет анализировать данные о рынке жилья в реальном времени для всех 50 штатов и 500 агломераций. Пользователь может визуализировать цены на жильё, демографические тренды и показатели переоценённости объектов [4].

Компания Esri - разработчик ArcGIS - предлагает специализированные решения для геоаналитики в сфере недвижимости, включая инструменты анализа местоположения (site analysis), исследования рынка и получения уникальных сведений об объектах и территориях [4]. Методы геостатистики в GIS-средах используются для оценки влияния инфраструктурных проектов на стоимость недвижимости.

Тематическое картографирование является полноценным аналитическим инструментом, способным качественно трансформировать процессы принятия решений на рынке недвижимости. В отличие от простых точечных слоёв объявлений, тематические карты позволяют выявлять пространственные закономерности, недоступные при табличном анализе.

ГИС-база является необходимым фундаментом для структурирования данных о недвижимости и последующей их визуализации. ГИС-технологии позволяют хранить и обрабатывать значительные объёмы информации, предоставляют возможности для использования данных в оценочных процедурах [1]. Методы геостатистики и машинного обучения в ГИС-средах открывают возможности для прогнозного моделирования.

На данный момент существующие российские платформы купли-продажи недвижимости существенно уступают мировым аналогам по глубине картографической аналитики. Основными недостатками являются: ограничение карты слоем точечных маркеров, некорректная геолокация объектов, отсутствие аналитических тематических слоёв и неинтегрированность с кадастровыми реестровыми данными.

Мировая практика, напротив, демонстрирует высокую эффективность интеграции ГИС-аналитики в рынок недвижимости. Что помогает пользователям быстрее изучить рынок более эффективно вложить свои средства [4].

Таким образом, перспективным направлением развития платформ недвижимости является интеграция полноценных ГИС-инструментов: внедрение слоёв кадастровой стоимости и зон планировочных ограничений из данных Росреестра, создание карт изохрон транспортной доступности и тепловых карт инфраструктурной обеспеченности. Это позволит трансформировать существующие листинговые платформы в полноценные аналитические системы поддержки принятия решений.

Перечень ссылок

1. Мухамадеева А.Я. Картографическая визуализация ценового зонирования с использованием ГИС-технологий // Международный научный журнал «Вестник Науки». – 2025. – № 6 (87). – Т. 4. – С. 1925–1937.
2. Янкелевич С.С. Развитие тематической картографии на базе геопространственных знаний и когнитивного подхода // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27. – № 4. – С. 122–127. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-4-122-127.
3. Атаманов С.А., Григорьев С.А., Косаруков З.С., Чуприн М.С. Перспективы развития системы учёта недвижимости // Пространственные данные: наука и технологии. – 2023. – Т. 14. – № 4. – С. 28–46. – DOI: 10.30533/scidata-2023-14-16.
4. PropertyRadar Blog. Using Market Heatmaps to Identify Hot Real Estate Opportunities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.propertyradar.com/blog/how-to-use-a-market-heatmap> (дата обращения: 06.05.2026).
5. Почему Яндекс.Недвижимость, ЦИАН и Авито никогда не станут ТОПовыми сервисами для продажи элитной недвижимости. Vesco Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vesco.ru/rieltor/ne-stanut-top-servisami-dlya-prodazhi-elitnoj-nedvizhimosti/> (дата обращения: 06.05.2026).

УДК 622.1:528(075.8)

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ПОЛИГОНА ДЛЯ СЪЕМОК
УГОЛЬНЫХ ЛАВ ДОНБАССА ПРИ ПОЛОГОМ И
НАКЛОННОМ ЗАЛЕГАНИИ В УЧЕБНЫХ ЦЕЛЯХ**

Мирный В.В, Мартынцов В.С, Ошерова Л.И.
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

***Аннотация.** В рамках данного исследования была осуществлена разработка модели очистных забоев лавы и угломерных ходов. Процесс включал в себя создание опорных точек для угломерных ходов и изучение используемого измерительного оборудования.*

***Annotation.** As part of this study, a model of lava faces and angle-measuring passages was developed. The process included creating reference points for angle-measuring passages and studying the measuring equipment used.*

***Ключевые слова:** шахта, маркшейдер, угольный пласт, измерения, конструкция*

***Keyword:** mine, surveyor, coal seam, measurements, construction*

Маркшейдерские работы на действующих шахтах охватывают широкий спектр задач, но ключевое значение имеют съемки подготовительных и очистных горных выработок. Эти съемки служат основой для составления окончательного плана выемки пласта, учитывающего его горно-геологические характеристики. Для выполнения таких съемок строятся подземные маркшейдерские сети. Предыдущие нормативные документы [1,2] классифицировали эти работы по двум уровням точности: первый и второй разряды.

Актуальный основной маркшейдерский документ [3], поддерживая прежние требования к точности, вводит новую терминологию: теодолитные и угломерные ходы. Теодолитные ходы предназначены для съемки подготовительных выработок и базируются на пунктах подземной опорной сети. Угломерные же ходы применяются для съемки нарезных и очистных выработок, опираясь на пункты опорной сети и теодолитные ходы.

За последние два-три десятилетия были разработаны новые маркшейдерские приборы, такие как угломер У-60, который активно применяется на угольных предприятиях Донбасса [4], но не нашел отражения в учебной литературе. Это особенно касается очистных

работ в условиях Донбасса, где высота выработанного пространства в лаве составляет величину 0,7-1,4м.

Примечательно, что за прошедшие годы от практических маркшейдеров не поступало никакой обратной связи по работе этих новых инструментов. По имеющейся информации, некоторые маркшейдерские службы даже не распаковывали полученные приборы. Это стало причиной того, что авторы решили исследовать угломер У-60, чтобы определить его преимущества и недостатки и предложить эффективную методику его использования в производственной практике. Для проведения исследования была создана модель линии условного очистного забоя в условиях учебного корпуса, позволяющая частично имитировать реальные производственные ситуации.

Линия очистного забоя имеет вытянутую форму, что и обусловило создание съёмочной сети в виде полигонометрического угломерного хода. Эту работу авторы выполнили на третьем и четвёртом этажах одиннадцатого учебного корпуса. В соответствии с распространённой практикой, коридор третьего и четвертого этажей был адаптирован под лабораторное пространство. Массивные шкафы, вмещающие геодезическое и маркшейдерское оборудование (включая радиодальномеры, светодальномеры, указатели направления, гирокомпасы и прочее), благодаря своему весу и габаритам, позволяют удобно размещать на них более легкие, немассивные устройства, такие как угломеры и световые сигналы, используемые для проведения измерений.

Конструкция съёмочной сети предполагает условное движение забоя лавы в течение отчётного периода (месяца). Поэтому положение лавы и соответственно съёмочной сети (угломерного хода) на 4-м этаже соответствует началу месяца, а условно смещённое положение лавы и угломерного хода на 3-м этаже – концу месяца. Следует отметить, что пункты 3-го этажа только условно находятся под пунктами 4-го этажа. Благодаря координатам исходных пунктов I, VII, 41, 47, на чертеже забои лав и пункты угломерных ходов разместятся соответственно заданию (рис. 1).

Прежде всего, следует подчеркнуть, что на этажах, где осуществлялось создание съёмочной сети (угломерного хода), описанное в данной статье, было предварительно возведена опорная сеть, соответствующая требованиям действующей технической инструкции [2] (пункты 6.1-6.6). Это обусловило необходимость определения начальных и конечных точек съёмочной сети, а именно –

измерения ориентировочных углов и длин сторон в начале и конце угломерного хода.

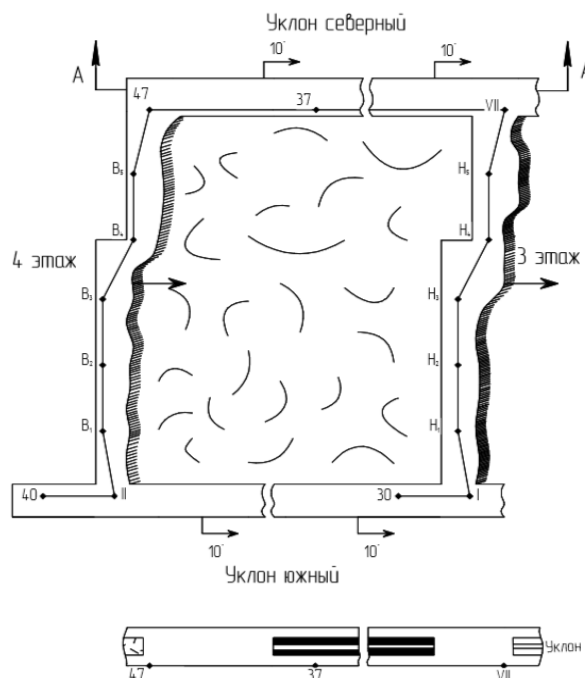


Рисунок 1 – Имитационная схема очистных забоев лавы и угломерных ходов

Пункты опорной и съёмочной сетей сконструированы так, чтобы не представлять каких-либо помех учебному процессу и обычному движению в корпусе. Забетонированный в цементный пол медный стержень длиной 5 см и диаметром 1 см имеет сверху просверленное отверстие диаметром 1 мм и боковое отверстие для очистки диаметром 5 мм (рис. 2).

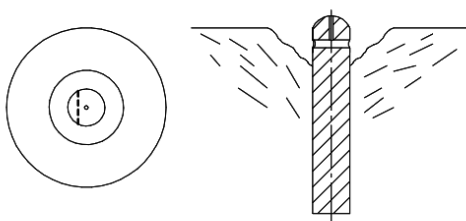


Рисунок 2 – Конструкция пункта угломерного хода

Геометрические параметры угломерного хода соответствуют принятым на шахтах Донбасса и регламентируемым [3,5]. Для измерительных работ использованы серийно выпускаемые инструменты: угломер маркшейдерский У-60 и 30-метровая стальная

рулетка. В комплект угломера входят также 2 сигнала для визирования, называемые «марки визирные» (рис. 3).



Рисунок 3 – Инструменты и принадлежности, применяемые при
съёмочных работах:

А – угломер У-60; Б – визирная марка; В – установочная (распорная)
колонка; Г – рулетка; Д – динамометр

Как видно из рисунка, угломер состоит из неподвижного основания и соосно с ним – поворотного корпуса, на котором закреплён круглый уровень. На корпусе смонтированы вертикальный полукруг с зубчатой поверхностью. С вертикальным полукругом соединена поворачивающаяся вилка, в которой находится зрительная труба. Для наведения зрительной трубы на визирную цель имеются специальные рукоятки наведения. Зрительная труба снабжена специальным кольцом для фокусирования при наведении на визирную цель. В комплект угломера входят также 3 установочных (распорных) колонки. С помощью колонки на пункте угломерного хода могут быть установлены и отцентрированы как угломер, так и визирная марка. Типоразмер колонки позволяет выполнять измерения в лавах с мощностью пласта от 0,51 до 1,17 м.

Для некоторых модификаций угломера в комплект входят рейки с сантиметровой шкалой. Они предназначены для измерения расстояний. К сожалению, для пластов малой мощности применить рейку для измерения расстояний практически невозможно. Поэтому

измерение расстояний между пунктами угломерного хода выполняется стальной рулеткой по обычной методике.

Процесс работ организован следующим образом: на бетонном полу, который служит основанием, краской обозначается линия забоя лавы. В данном случае, мы имеем дело с горизонтальным пластом. Для проведения угломерных измерений, в почве пласта, на расстоянии 0,5-1 метра от забоя (что соответствует реальным условиям эксплуатации), забетонированы специальные пункты. Вдоль коридора установлены шкафы, к которым привинчены деревянные планки толщиной 6 см. Нижняя часть этих планок выполняет роль имитации кровли пласта. Благодаря такому устройству, между полом (почвой пласта) и планкой (кровлей пласта) может быть надежно установлена распорная стойка. На этой стойке, в соответствии с конструкцией, будет располагаться угломер или сигнальное устройство, используемое при угломерной съемке лавы (рис. 4).

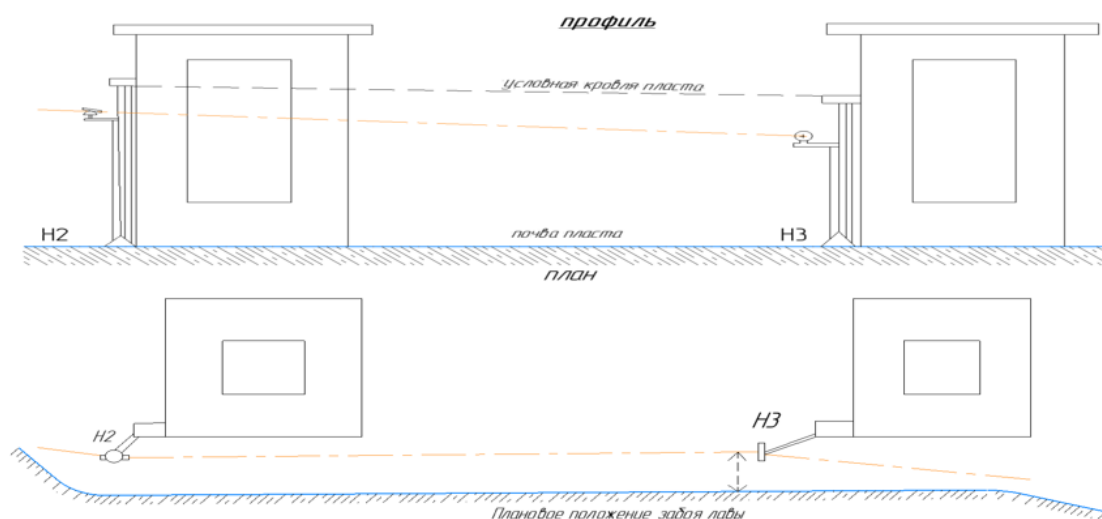


Рисунок 4 – Установка угломера У-60 и сигнала на распорных стойках
при съёмке лавы

Исходными данными для выполнения привязки к этим пунктам являются координаты жёстких пунктов опорных сетей на уклонах Северный и Южный (47, VII, 41, I) и дирекционные углы жёстких сторон на этих же штреках: (47-37), (41-40), (VII-37), (I-30). Таким образом, построенные вдоль лавы угломерные ходы являются ходами, пройденными между жёсткими пунктами и жёсткими дирекционными углами исходных сторон [5]. Следовательно на начальном и конечном пунктах каждого угломерного хода осуществляется его «привязка» к ходу более высокого разряда о точности. На начальных, указанных

выше жёстких пунктах проверяется их неподвижность путём измерения контрольного угла (его значение известно из материалов построения опорных сетей на этажах).

Для последующих работ следует знать, что инструкцией [3] допускаются следующие упрощения при построении угломерных ходов:

- натяжение рулетки допускается выполнять без динамометра;
- разрешается применять тесьмяные и пластиковые рулетки и отсчёты брать с точностью до сантиметров;
- длины сторон допускается измерять оптическими дальномерами или другими способами, обеспечивающими необходимые требования к точности.

Подводя итог, стоит подчеркнуть, что студенты на базе кафедры разработали и внедрили систему пунктов. Это позволило обогатить учебный процесс объемной лабораторной работой по профильной дисциплине, для внедрения ее в учебный процесс. Созданная угломерная сеть соответствует всем действующим нормам и способствует подготовке высококвалифицированных горных инженеров. Таким образом, проделанная работа полностью отвечает требованиям к выпускникам данной специальности.

Перечень ссылок

1. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ – Л., Недра, 1971г. – 359 с.
2. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. – М., Недра, 1987г. – 240 с.
3. Маркшейдерские работы на угольных шахтах и разрезах: Инструкция. – Издание официальное. – Киев: Минтопэнерго Украины, 2001г. – 124 с.
4. Угломер маркшейдерский У-60. Паспорт. – Харьков; Министерство электротехнической промышленности и приборостроения СССР, ПО Точприбор, 1991г. – 22 с.
5. Маркшейдерское дело: Учебник для вузов/ Д.Н. Оглоблин, Г.И. Герасименко, А.Г. Акимов и др. – 3-е изд. перераб. и доп. – М., Недра, 1981. – 704 с.

УДК 332.21

**ПРОБЛЕМА НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ИЗ-ЗА
СУЩЕСТВЕННОЙ РАЗНИЦЫ КАДАСТРОВОЙ И РЫНОЧНОЙ
СТОИМОСТИ ОБЪЕКТА**

И.В. Мотылёв, Д.Ю. Киселёва
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация. Рассматривается актуальная проблема расхождения между кадастровой и рыночной стоимостью объектов недвижимости, приводящая к несоразмерной налоговой нагрузке. Анализируются изменения законодательства Российской Федерации, вступившие в силу в 2026 году, связанные с переходом к обязательному использованию кадастровой стоимости для целей налогообложения.

Annotation. This article examines the current problem of discrepancies between cadastral and market values of real estate, which leads to a disproportionate tax burden. It also analyzes changes to Russian legislation that came in 2026, related to the transition to the mandatory use of cadastral value for tax purposes.

Ключевые слова: кадастр, рыночная стоимость, налог, судебная экспертиза.

Keywords: cadastral value, market value, property tax, forensic examination.

В системе имущественного налогообложения Российской Федерации ключевым элементом является кадастровая стоимость объекта. Согласно поправкам, вступившим в силу в 2026 году (в частности, изменения в Налоговый кодекс Российской Федерации (НК РФ), внесенные ФЗ от 28.11.2025 № 425-ФЗ [1]), кадастровая стоимость становится основным (и фактически единственным) параметром для расчета налоговых обязательств для значительной части объектов, включая недвижимость, используемую в предпринимательской деятельности.

На практике, установленная государством кадастровая стоимость зачастую существенно превышает реальную рыночную стоимость объекта. Это порождает значительный разрыв между кадастровой и рыночной стоимостью объектов и, как следствие, длительные судебные споры. Методы расчета стоимости недвижимости приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Методы расчёта стоимости недвижимости

Кадастровая стоимость	Рыночная стоимость
Массовая оценка	Индивидуальная оценка
Стандартизированные критерии	Учёт уникальных особенностей
Без осмотра объекта	Обязательный осмотр
Базовые характеристики	Полный набор факторов
Официальные источники	Рыночные данные
Государственные оценщики	Независимые оценщики

Проблема расхождения стоимости носит системный характер. Если кадастровая стоимость (массовый метод оценки) превышает рыночную (индивидуальный подход), то налогоплательщик вынужден платить налог с несуществующего дохода или с завышенной стоимости имущества.

Рассмотрим на примере, насколько существенна может быть проблема. Из материалов дел, подготовленных к рассмотрению Конституционным Судом (КС) в апреле 2026 года, следует, что собственники сталкивались с ситуацией, когда кадастровая стоимость земельных участков была установлена в размере 9 млн рублей, а рыночная составляла лишь 515 тыс. рублей [2]. Это существенно изменяет налоговую нагрузку.

Наиболее остро проблема разницы в стоимости проявляется в периоде между моментом уплаты налога и моментом установления справедливой стоимости. Анализ судебной практики за первый квартал 2026 года выделяет три ключевых временных барьера.

Первым является шестимесячный барьер для досудебного урегулирования. Для того чтобы оспорить стоимость, необходимо обратиться в бюджетное учреждение (ранее — в комиссию Росреестра). Срок на это — 6 месяцев с момента внесения цены в ЕГРН. Как показывает практика Ленинградского областного суда (дело № 3а-1406/2026), поступившее 20.02.2026, даже при активной позиции истца стадия принятия иска и назначения предварительного заседания занимает более месяца. Часто заявители пропускают этот срок из-за неосведомленности, возвращаясь к проблеме только после получения высокой налоговой квитанции.

Второй барьер — процедура судебной экспертизы. Если досудебный порядок не дал результата, дело переходит в суд (общей юрисдикции или верховный суд республики). Критическим этапом здесь является назначение судебной оценочной экспертизы.

На примере вышеуказанного судебного дела:

- иск принят к производству: 27.02.2026;
- назначено предварительное заседание: 24.03.2026.

Исход: Заседание отложено.

Далее суд назначает экспертизу. Определение о назначении выносится 30.03.2026. Результат: Производство по делу приостановлено на время проведения экспертизы (сроком на 1-3 месяца).

Таким образом, только на назначение и проведение экспертизы уходит от 2 до 6 месяцев, в течение которых налогоплательщик продолжает владеть объектом, но уже не может повлиять на текущий налоговый платеж.

И, наконец, третий барьер – проблема налога за прошлые годы. Тяжелая ситуация складывается, когда стоимость оспаривается спустя время.

В апреле 2026 года Конституционный Суд принял к рассмотрению жалобы двух граждан [2]. Суть проблемы: налог за 2022-2023 годы начислен по ранее установленной кадастровой стоимости, которая в разы выше рыночной. Заявители пропустили 6-месячный срок оспаривания по уважительным причинам. Закон № 513-ФЗ [3] и действующий Кодекс административного судопроизводства Российской Федерации (КАС РФ) на январь 2026 года не позволяют эффективно пересмотреть уже уплаченные налоги за прошлые периоды, если срок на оспаривание этой «архивной» стоимости пропущен. Длительность рассмотрения в таком случае играет роль невозвратной потери: пока суд разбирается, налоговый период закрыт, и переплату вернуть крайне затруднительно.

В 2026 году произошел важный сдвиг в судебной практике. Конституционный Суд РФ (КС РФ) в своем Постановлении № 1-П от 15 января 2026 г. [4] сформулировал принципиально важную позицию – имущественные потери не могут облагаться налогом как вмененный доход.

В рамках исследования выделим тезисы КС РФ, влияющие на проблему длительности:

- принцип реальности дохода: КС РФ указал, если рыночная стоимость объекта ниже кадастровой, нельзя автоматически исчислять налог от завышенной базы [4];
- связь с фактором времени: несмотря на признание проблемы, КС РФ констатировал, что законодательство нечетко регулирует порядок возврата переплат за время длительного судебного разбирательства.

Основываясь на анализе практики 2026 года, можно предложить следующие меры для сокращения временного разрыва:

- *мониторинг стоимости*: владельцам недвижимости необходимо оценивать кадастровую стоимость сразу после ее утверждения, не дожидаясь налогового уведомления;
- *досудебное обращение*: воспользоваться комиссией, которая действует до полного перехода на новый механизм, это быстрее судебного разбирательства в несколько раз;
- *меры обеспечения*: в исках к налоговым органам необходимо требовать не только пересчета на будущее, но и возврата излишне уплаченных сумм за прошлые периоды (с учетом обновленной позиции КС РФ о недопустимости налогообложения несуществующего дохода).

Выводы. Проблема налогообложения из-за разницы кадастровой и рыночной стоимости в РФ на 2026 год остается крайне острой. Главный ущерб для бизнеса и граждан наносит не столько сама по себе разница из-за метода оценки, сколько длительность процедуры исправления этой разницы. Пока эксперты проводят экспертизу, а суды – заседания (от 6 до 12 месяцев), налогоплательщик либо переплачивает бюджет, либо рискует попасть под санкции за неуплату.

Постановления Конституционного Суда РФ создают моральную и правовую основу для упрощения процедуры, однако, требуется внесение изменений в НК РФ и КАС РФ в части сокращения сроков приостановления производств по экспертизам и введения механизма автоматической индексации возврата налогов за время судебного спора.

Перечень ссылок

1. Федеральный закон № 425-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации, отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу законодательных актов (отдельных положений законодательных актов) Российской Федерации». Принят государственной думой 20 ноября 2025 года. Одобрен Советом Федерации 26 ноября 2025 года.

2. КС РФ рассмотрит дело о налогах на недвижимость с кадастровой стоимостью выше рыночной [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.interfax-russia.ru/index.php/northwest/news/ks-rf-rassmotrit-delo-o-nalogah-na-nedvizhimost-s-kadaastrovoy-stoimostyu-vyshe-rynochnoy>

3. Федеральный закон N 513-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (принят Государственной Думой 18 декабря 2025 года) [Текст] // Собрание законодательства РФ. – 2025. – № 513. – С. 11.

4. Об оспаривании кадастровой стоимости с учетом изменений в законодательстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://abinskcity.ru/info/for-residents/board/1483-ob-osparivanii-kadaastrovoy-stoimosti-s-uchetom-izmeneniy-v-zakonodatelstve.html>

УДК 622.834:551.43

ВЛИЯНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СКЛОНОВ МЕЗОРЕЛЬЕФА: МЕТОДЫ ПРОГНОЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ

А.А. Новикова, Н.Н. Грищенко

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы влияния подземных горных работ на устойчивость склонов мезорельефа. Представлены методы прогноза деформаций земной поверхности и оценки рисков подработки территорий со сложным рельефом. Особое внимание уделяется математическому моделированию процессов сдвижения горных пород.

Annotation. The article discusses the impact of underground mining operations on the stability of mesorelief slopes. It presents methods for predicting surface deformations and assessing the risks of mining in areas with complex topography. Special attention is given to mathematical modeling of rock displacement processes.

Ключевые слова: мезорельеф, подработка территорий, сдвижение пород, деформации земной поверхности, прогноз рисков, горные работы

Keyword: mesorelief, subsurface mining, rock movement, surface deformation, risk assessment, and mining operations

Жилая и промышленная застройка территорий с мезорельефом, особенно на его склонах, несет в себе значительные риски возникновения склоновых подвижек и оползневых проявлений.

Горнодобывающая деятельность является мощным фактором техногенной трансформации геологической среды. Создание карьерных выемок, отвалов пустой породы и проведение подземных выработок приводит к коренному изменению напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород. Это неизбежно сказывается на устойчивости склонов мезорельефа (борта карьера, внутренние и внешние отвалы, естественные склоны в зоне влияния работ), многократно повышая риски катастрофических оползней и обрушений.

Прогнозирование этих процессов и оценка рисков являются неотъемлемой частью проектирования и эксплуатации горнодобывающих предприятий, напрямую связанных с промышленной и экологической безопасностью.

Современные методы прогноза базируются на комплексном подходе, включающем детальное изучение инженерно-геологических условий, ретроспективный анализ прошлых обрушений и оползней, а также применение математического моделирования. Анализируются такие факторы, как литологический состав пород, их физико-механические свойства, гидрогеологический режим, сейсмическая активность региона, наличие тектонических нарушений.

Согласно результатам комплексных исследований, в области инженерной геологии и геомеханики, именно антропогенная модификация геологической среды является доминирующим фактором инициации наиболее смертоносных оползневых явлений во всем мире. Установлено, что дестабилизирующее воздействие перечисленных техногенных факторов в совокупности превосходит влияние естественных физических детерминант, таких как первичный рельеф местности или режим атмосферных осадков.

Горнодобывающая промышленность целенаправленно изменяет свойства склона (его форму, внутреннее строение и водный режим), создавая условия для катастрофических обрушений, которые редко возникают под действием только природных сил.

Для обеспечения безопасности ведения горных работ применяется комплексный методологический подход к прогнозированию и оценке геотехнических рисков. Данный подход ориентирован на идентификацию, аналитическую обработку и количественную оценку потенциальных угроз, возникающих на этапах проектирования, строительства и эксплуатации подземных и наземных сооружений.

Методологическая база интегрирует результаты инженерно-геологических изысканий, численное математическое моделирование, статистический анализ данных и процедуры экспертной оценки с целью верификации надежности и эксплуатационной безопасности объектов. Оценка рисков осуществляется посредством применения вероятностных и детерминированных методов анализа.

Вероятностные подходы позволяют вычислить вероятность реализации опасных экзогенных геологических процессов (оползневых смещений, обвалов, селевых потоков) при заданном комплексе граничных условий. Детерминистские методы направлены на расчет критических параметров предельного состояния, при которых происходит потеря устойчивости склонового массива. Синергетический эффект от совместного использования указанных методик позволяет не только идентифицировать наиболее уязвимые участки, но и произвести количественную оценку потенциального

ущерба, что служит основой для разработки адекватных мероприятий по стабилизации откосов и минимизации рисков.

Практическая реализация алгоритмов прогнозирования и оценки рисков требует интеграции специализированного программного обеспечения и доступа к базам геоинформационных данных. Современные геоинформационные системы (ГИС) обеспечивают интеграцию мультидисциплинарных наборов данных: топографических карт, геолого-структурных разрезов, материалов дистанционного зондирования Земли и результатов полевых исследований. Это формирует единое цифровое пространство для пространственно-временного анализа и моделирования, существенно повышая прогностическую точность. В частности, применение ГИС-технологий позволяет генерировать трехмерные цифровые модели рельефа, на которых визуализируются зоны повышенного риска и рассчитываются площади возможного распространения оползней или обвалов.

Ключевую роль в процессе мониторинга и прогнозирования играют методы дистанционного зондирования. Материалы спутниковой съемки высокого разрешения, данные аэрофотограмметрии и лидарного сканирования обеспечивают высокоточную фиксацию изменений морфометрии рельефа, выявление трещиноватости, деформаций поверхности и зон аккумуляции влаги — ключевых предвестников смещения масс. Сравнительный анализ временных рядов данных позволяет выявить динамику развития опасных процессов и скорректировать существующие прогнозы. Кроме того, дистанционный мониторинг является единственным эффективным инструментом контроля удаленных и труднодоступных участков, где проведение натурных измерений затруднено.

Не подлежит переоценке значение системного инженерно-геологического мониторинга. Регулярные инструментальные наблюдения за состоянием склонов с применением инклинометров, пьезометров и экстензометров позволяют отслеживать изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) и гидрогеологической обстановки в режиме реального времени. Данные мониторинга служат триггером для оперативного реагирования, активации защитных мероприятий и уточнения долгосрочных прогнозов. Комплексный характер мониторинга, включающий статические и динамические измерения, обеспечивает всестороннее понимание физико-механических процессов, протекающих в массиве горных пород.

На основе результатов прогнозирования и количественной оценки рисков разрабатывается комплекс мероприятий по стабилизации склонов и снижению негативного техногенного воздействия. Указанные мероприятия классифицируются как направленные на снижение нагрузок на склон (например, путем оптимизации объемов выемки грунта или корректировки размещения отвалов), повышение его прочностных характеристик (укрепление свайными конструкциями, устройство дренажных систем, биологическое закрепление) или защиту от возможных смещений (строительство противооползневых удерживающих сооружений, улавливающих барьеров). Выбор конкретных мер определяется спецификой объекта, масштабом горных работ, природно-климатическими условиями региона и технико-экономическим обоснованием.

Таким образом, ведение горных работ оказывает существенное влияние на устойчивость склонов мезорельефа, индуцируя риски, требующие взвешенного научно-методического подхода к их прогнозированию и оценке. Применение современных математических моделей и автоматизация вычислительных процедур обеспечивают высокую достоверность и надежность прогнозов, способствуя минимизации потенциальных негативных последствий. Актуальной задачей остается дальнейшее развитие методов и алгоритмов для эффективного управления рисками, связанными с горнодобывающей деятельностью, и обеспечения комплексной безопасности инфраструктуры в горнопромышленных регионах.

Список литературы

1. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом. Киев, 2004. — 128 с.
2. Кратч Г. Сдвигение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. М.: Недра, 1978. — 494 с.
3. Peng S.S. Surface Subsidence Engineering. Ann Arbor: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992. — 161 p.
4. Knothe S. Observations of Surface Movements Under Influence of Mining and Their Theoretical Interpretation. Leeds, UK, 1957. — P. 210-218.1.
5. Маслов, Н.Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними) [Текст]/ Н.Н. Маслов. – М.: Стройиздат, 1977. – 320 с.
6. Фисенко, Г.Л. Устойчивость бортов угольных карьеров [Текст]/ Г.Л. Фисенко. – М.: Углетехиздат, 1956. – 230 с.
7. Авершин, С.Г. Горные работы под сооружениями и водоемами [Текст]/ С.Г. Авершин. – М.: Углетехиздат, 1954. – 324 с.
8. Грищенко, Н.Н. Алгоритм прогноза деформаций склонов мезорельефа при их подработке подземными горными работами / Н.Н. Грищенко, В.Р. Шнеер, Е.В. Блинникова // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. — 2010. — № 7. — С. 199-210.

УДК 332.3:502: 349.6

**АДАПТАЦИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ УСТОЙЧИВОГО
УПРАВЛЕНИЯ ЛАНДШАФТАМИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ДНР**

А.Г. Петрушин, М.В. Сологуб
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматривается возможность применения зарубежных механизмов управления ландшафтами (Германия, Франция, США) для постконфликтного восстановления ДНР. Предложены конкретные пути адаптации института охранных обязательств, коэффициента биотопной площади и кадастровой фиксации ценных ландшафтов к российскому законодательству.*

***Ключевые слова:** устойчивое управление ландшафтами, зарубежный опыт, природоохранный сервитут, экологическое нормирование.*

***Annotation.** This article examines the potential for applying international landscape management mechanisms (Germany, France, and the United States) to the post-conflict reconstruction of the DPR. Specific ways to adapt the concept of conservation obligations, the biotope area coefficient, and the cadastral registration of valuable landscapes to Russian legislation are proposed.*

***Keywords:** sustainable landscape management, international experience, conservation easement, environmental regulation.*

Процесс постконфликтного восстановления Донецкой Народной Республики (ДНР) требует не просто восстановления разрушенного, но и формирования принципиально новой системы управления, включая сферу природопользования. Исторически сложившаяся в Донбассе модель интенсивного индустриального освоения привела к высокой антропогенной нагрузке на ландшафты. Военные действия многократно усугубили ситуацию, добавив к техногенному воздействию масштабные механические нарушения почвенно-растительного покрова, загрязнение территорий и дополнительные риски для экосистем.

Находясь в процессе формирования новой системы территориального управления, ДНР имеет возможность не повторять ошибки прошлого, а заложить основы для устойчивого, экологически

сбалансированного развития региона. Одним из ключевых ресурсов для этого является изучение и адаптация успешного зарубежного опыта. Цель данной статьи — проанализировать передовые практики управления ландшафтами в Германии, Франции и США и предложить конкретные механизмы их внедрения в правовую и управленческую систему ДНР.

В Германии ландшафтное планирование («Landschaftsplanung») является обязательным разделом территориального планирования, что закреплено в Федеральном строительном кодексе (BauGB). Ключевым инструментом здесь выступает «коэффициент биотопной площади» (Biotopflächenfaktor, BFF) — количественный норматив, устанавливающий минимальную долю земельного участка, которая должна выполнять природные функции (инфильтрация, испарение, местообитание). BFF применяется при новом строительстве и реконструкции, интегрируя природные элементы непосредственно в городскую ткань [1].

Во Франции основой является Закон о ландшафте № 93-24 от 8 января 1993 года (Loi paysage). Он ввел институт «директив по защите и развитию ландшафтов» для территорий, обладающих выдающейся эстетической, культурной или природной ценностью. Ключевой механизм — предварительная идентификация и инвентаризация ценных ландшафтов с последующей фиксацией их границ в публичных реестрах и кадастрах. Это придает эстетической и культурной ценности ландшафта юридически значимый статус, подлежащий обязательному учету при любом виде планирования [2].

В США ставка сделана на экономические стимулы. Институт «природоохранного сервитута» (conservation easement) представляет собой добровольное, бессрочное соглашение между землевладельцем и квалифицированной организацией (государственным органом или земельным фондом). Владелец, сохраняя право собственности, добровольно отказывается от прав, наносящих вред природе (застройка, раздел участка, изменение рельефа), получая взамен существенные налоговые льготы на федеральном уровне. Этот механизм позволяет сохранять природные ландшафты без прямого выкупа земель государством, согласуя частные и публичные интересы [3].

Прямое копирование зарубежных законов невозможно, однако их ключевые принципы могут быть адаптированы к российскому законодательству и условиям ДНР.

В первую очередь, проанализируем опыт США в области внедрения охранных обязательств. В российском законодательстве

отсутствует прямое соответствие понятию «природоохранный сервитут». Тем не менее, существует механизм охранных обязательств, который может быть применен к земельным участкам, входящим в состав зон с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ) или находящимся в пределах территорий объектов культурного наследия. В качестве адаптации можно расширить данный механизм с целью его использования для сохранения ключевых элементов экологического каркаса ДНР, таких как степные овраги, пойменные участки, экологические коридоры и места обитания исчезающих видов [4].

Предлагаемый механизм может функционировать следующим образом, представленным на рисунке 1.

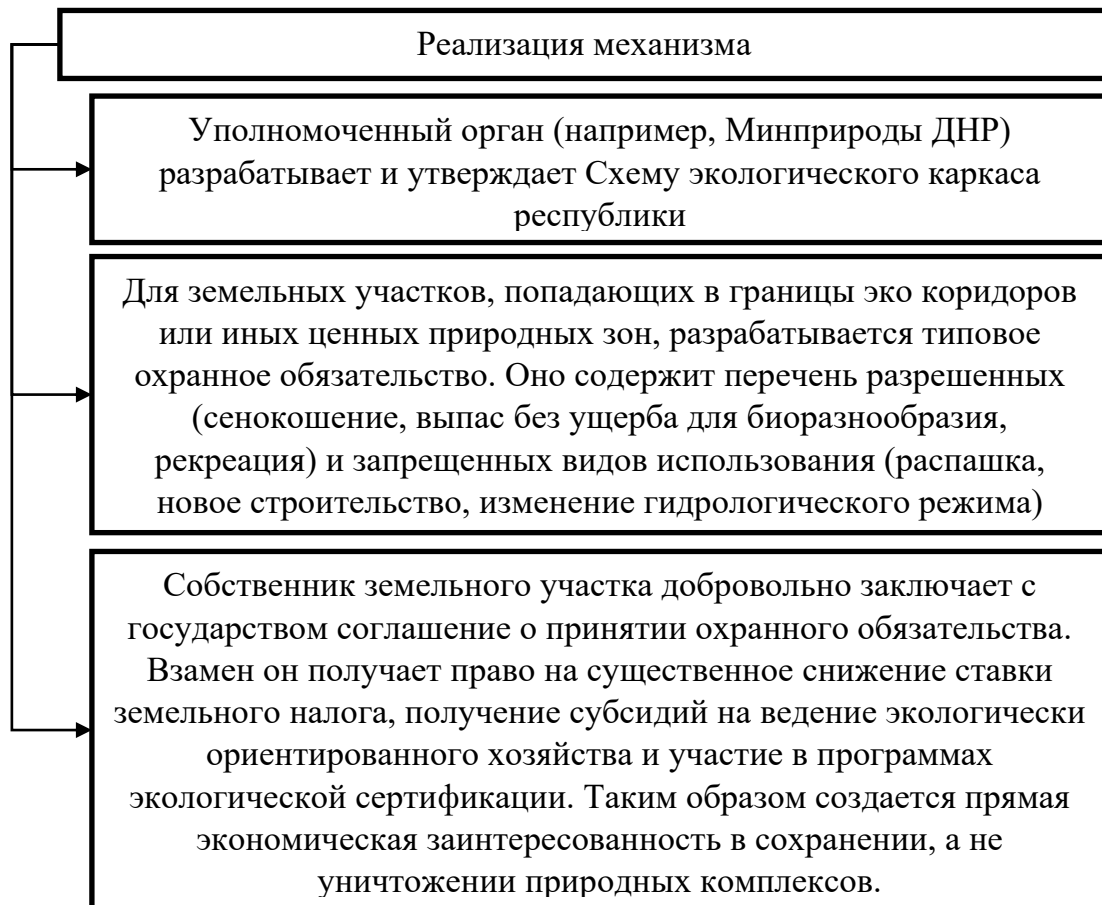


Рисунок 1 - Реализация механизма охранных обязательств

Теперь рассмотрим внедрение «коэффициента биотопной площади» в градостроительное нормирование по опыту Германии. При разработке или актуализации Правил землепользования и застройки (ПЗЗ) городов ДНР предлагается ввести показатель, аналогичный BFF. Он может быть закреплён в качестве местного

норматива градостроительного проектирования. Для разных территориальных зон устанавливается минимальная доля участка («живая» поверхность), которая должна быть занята газонами, цветниками, кустарниками, водопроницаемыми покрытиями, зелеными кровлями или вертикальным озеленением. Внедрение такого норматива позволит:

- улучшить микроклимат и снизить эффект «теплого острова»;
- обеспечить инфильтрацию дождевых стоков, снижая нагрузку на ливневую канализацию;
- создать микроместообитания для городской фауны;
- повысить эстетическую привлекательность и комфорт городской среды;
- сформировать устойчивую городскую экосистему.

В последнюю очередь обратимся к опыту Франции, чтобы рассмотреть кадастровую фиксацию и правовую охрану ценных ландшафтов. В Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН) ДНР (кадастровый округ 93) необходимо вносить сведения не только об объектах недвижимости, но и о границах зон с особыми условиями использования территории (ЗООУИТ) [5].

Французский опыт показывает, что к таким зонам следует отнести не только традиционные водоохранные и санитарно-защитные зоны, но и территории ценных ландшафтов. Для этого необходимо провести научную инвентаризацию и утвердить перечень таких территорий (живописные склоны Донецкого кряжа, уникальные обнажения пород, исторические ландшафты). После внесения их границ в ЕГРН любое строительство или иная деятельность, способная изменить их облик, будет требовать обязательного согласования с органами охраны культурного и природного наследия. Это создаст надежный правовой барьер против хаотичной и эстетически неоправданной застройки.

Представленный анализ показывает, что передовой зарубежный опыт управления ландшафтами может быть востребован при формировании новой системы территориального развития ДНР. Институт охранных обязательств, «коэффициент биотопной площади» и кадастровая фиксация ценных ландшафтов — это конкретные, апробированные на практике инструменты. Их адаптация к российскому законодательству и реалиям Донбасса позволит ДНР выйти на траекторию устойчивого развития, где экономический рост будет сочетаться с сохранением уникального природного и культурного наследия региона.

Перечень ссылок

1. Антипов А.Н., Дроздов А.В. Ландшафтное планирование: принципы, методы, европейский и российский опыт. – Новосибирск: ИГ СО РАН, 2002.
2. Loi n 93-24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages et modifiant certaines dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques [Электронный ресурс] // Légifrance – URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000541949/>
3. Tax Deductions for Conservation Easements of Property [Электронный ресурс] // Conservation Finance Network – URL: <https://turbotax.intuit.com/tax-tips/home-ownership/tax-deductions-for-conservation-easements-of-property/L8jRT8xAy>
4. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/?ysclid=mm1x15w2vg428113250
5. Письмо Росреестра от 19.02.2025 № 18-1474-ТГ/25 [Электронный ресурс] // РуЛавс.ру [сайт]. – URL: https://rulaws.ru/acts/Pismo-Rosreestra-ot-19.02.2025-N-18-1474-TG_25/

УДК 553.042+553(477)

**АНАЛИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРУДНОГО СЫРЬЯ ЗОНЫ
СОЧЛЕНЕНИЯ ДОНБАССА С ПРИАЗОВСКИМ
КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ МАССИВОМ**

Ю.А. Проскурня
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

Аннотация: Охарактеризованы месторождения нерудного сырья, расположенные в зоне сочленения Приазовского кристаллического массива и Донецкого складчатого сооружения. Сделан анализ месторождений карбонатного сырья, флюорита, глин, песка, облицовочных камней и др.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, нерудное сырье.

Annotation: Deposits of non-metallic raw materials, which are located in the area of the junction zone of the Azov crystal massif and the Donetsk folded structure are characterized. The deposits of carbonate raw materials, fluorite, clays, sand, facing stones, etc. have been analyzed.

Keywords: mineral resource base, non-metallic materials.

Перспективы развития Донецкой области, в первую очередь, определяются минерально-сырьевыми ресурсами региона, на которых базируются основные отрасли народного хозяйства - угольная, металлургическая, машиностроительная, химическая, электроэнергетика, коксохимия, строительная индустрия.

Широко в области представлены нерудные полезные ископаемые - различные минералы и горные породы, которые применяются в различных отраслях промышленности в естественном виде или после некоторой их обработки, исключаящей металлургический процесс. На территории Донецкой области известны месторождения и рудопроявления следующих видов нерудного сырья:

1. Нерудное сырье для металлургии - флюсы (известняки и др. карбонаты, плавиковый шпат), огнеупоры (доломиты, огнеупорные глины, графит), формовочные пески, высокоглиноземистое сырье (нефелиновые сиениты, силлиманит, кианит, андалузит).

2. Техническое сырье - абразивы (алмазы, корунд, гранат, кварц), пьезооптическое сырье.

3. Сырье для строительной индустрии - строительные камни – стеновые (изверженные, осадочные, метаморфические горные породы), кровельные (сланцы и др.), дорожные (галька, гравий,

щебень и др.), бутовые, облицовочные камни – мраморы, граниты, лабрадориты и др., цементное сырье – мергели, известняки, глинистые сланцы и др., наполнители бетона – щебень, песок и др., стекольно-керамическое сырье – стекольные пески, полевой шпат, пегматиты, керамические глины, каолин).

4. Горнохимическое и агрохимическое сырье (натриевые и калийные соли, гипсы и ангидриты, фосфориты и др.)

Значительная часть этих месторождений расположена в зоне сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом, которая представляет собой западную часть региональной субширотной Южнодонецкой зоны глубинного разлома, расположенной на границе современной области распространения палеозойских образований и пород докембрия Приазовского блока УЩ. Зона, ограниченная на западе субмеридиональным Криворожско-Павловским сбросом и на востоке поперечной Грузско-Еланчикской зоной разломов, прослеживается на 60 км и является наиболее крупной разрывной структурой района, заложеной в среднем-верхнем девоне по разрывам древнего заложения, которая характеризуется крупными тектоническими нарушениями, мелкой складчатостью, проявлениями магматизма [1].

К нерудному сырью, используемому в металлургии, и расположенному в зоне сочленения, относят флюсовые известняки, доломиты и плавиковый шпат.

В юго-западной части Донбасса в пределах Волновахской тектонической зоны на протяжении более 45 км значительное развитие имеют карбонатные отложения, к которым приурочены крупные месторождения (Новотроицкое, Еленовское, Северо-Шевченковское, Первомайское, Стыльское, Каракубское) карбонатного сырья. Общие балансовые запасы флюсового известняка составляют 820991 тыс. т категорий А+В+С₁, С₂ - 126849 тыс. т. [2].

Наиболее перспективной флюоритовой зоной также является полоса сочленения Донбасса с Приазовским блоком Украинского щита. Плавиковый шпат легко плавится и понижает температуру плавления других минеральных веществ, поэтому он находит себе широкое применение в металлургической промышленности при выплавке специальных сталей и ферросплавов, для получения глинозема и металлического алюминия, в химической промышленности флюорит используется для производства плавиковой кислоты, фтора и его соединений.

Наибольшее количество рудопроявлений флюорита обнаружено в полосе от Покрово-Киреевского месторождения на запад (до с.

Ольгинка) с прогнозными ресурсами 6,5 млн.т флюорита; они залегают в мелкозернистых известняках турнейского яруса. В полосе от г. Комсомольское до с. Новотроицкое также выявлено более 20 проявлений (участков) флюоритовой минерализации (Докучаевский, Каракубский, Новотроицкий и др.) [3].

Покрово-Киреевское месторождение флюорита расположено в грабоне, сложенном карбонатными породами турнейского и визейского ярусов, прорванных дайками андезитов и перекрытых 90-то метровым чехлом рыхлых образований (глинами, песчаниками известняковыми, глауконит-кварцевыми, песками и суглинками) нижнего и верхнего мела, палеогена и неогена. Месторождение приурочено к «тектоническому узлу», образованному пересечением разломов Волновахской и Грузско-Еланчикской тектонических зон субширотного и субмеридионального простираний.

Месторождение является комплексным, составленным флюоритовыми рудами, оплавленными и флюсовыми известняками. Флюоритовые руды приурочены к карбонатным породам турнейского яруса (гор. C₁tb-C₁td). Руды образовались в результате замещения известняков флюоритом. Основные запасы флюоритовых руд (95%) сосредоточены в главном (центральном) залежи, имеющей в плане размеры 80-100х250м, что падает на запад под углом 15-25°. В разрезе форма тела – линза с раздувом в центре до 70 м. Основными минералами флюоритовых руд являются: флюорит, карбонаты, полевые шпаты. Карбонатно-флюоритовые руды состоят из флюорита – 40-85%; карбонатов 20-55%, в незначительном количестве встречаются полевые шпаты, кварц, рудные минералы (пирит, сфалерит, галенит, халькопирит); органика и др.

Карбонатно-полевошпато-флюоритовые руды имеют более пестрый минералогический состав, отличающийся достаточно неравномерным соотношением: флюорит 30-60%; полевые шпаты 20-50%; карбонаты 10-30%; сфен – до 1,0%, пирит, галенит, сфалерит до долей процента.

К строительным полезным ископаемым зоны сочленения Донбасса с Приазовским блоком Украинского щита относят гранитоиды (Стыльское месторождение), строительные пески (Каракубское, Прохоровское месторождения), декоративно-облицовочные камни (Стрелецкое, Староласпинское месторождения черного граносиенита, Стыльское месторождение красного гранита, Стыльское месторождение черных мраморизованных известняков, базальты (Камышеватское месторождение), Шевченковское месторождение глин.

Шевченковское I месторождение глин расположено в южной части ДНР и находится в пределах Старобешевского административного района. Глины могут быть пригодны для производства строительного кирпича для футеровки тепловых агрегатов с рабочей температурой до 1000°C, получения лицевого кирпича и керамической плитки. По состоянию на текущий момент по Шевченковскому I месторождению числятся следующие запасы кирпичных глин по категориям: А+В+С₁ по глинам - 2692 тыс.м³, по пескам - 733 тыс.м³ [4].

В связи с развернувшимися в Республике восстановительными работами остро стоит проблема обеспечения предприятий строительным песком. Прохоровское месторождение песка также расположено в Старобешевском районе. В геологическом строении района месторождения принимают участие образования герцинского и альпийского структурных этажей. Герцинские образования представлены нижнекаменноугольными терригенными породами, формирующими южное крыло второй южной синклинали Донбасса и моноклинально погружающимися на север под углами 10-15°. Нижнекаменноугольные породы с угловым и стратиграфическим несогласием перекрываются образованиями альпийского структурного этажа - чехлом горизонтально залегающих меловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений.

По своим качественным характеристикам пески месторождения кондиционные, удовлетворяют всем требованиям ГОСТов, могут применяться для всех видов строительных работ без ограничений.

В докембрии и фанерозое в регионе неоднократно проявлялись процессы тектоно-магматической активизации, однако наиболее интенсивным магматизм в этом районе был в позднем девоне, в связи с обособлением в теле Восточно-европейской платформы по Южно–Донбасскому глубинному разлому глобальной палеорифтогенной зоны – линеамента Карпинского. Именно к позднепалеозойскому этапу (Д₂-Д₃ и С₁) приурочено формирование выявленных в регионе кимберлитовых тел. Нарушенность земной коры по всей ее мощности в зоне сочленения Донбасса и Приазовского массива благоприятствовала образованию и локализации кимберлитовых тел (трубки Надежда, Новоласпинская, Южная) и сопровождающих их даек. Результаты оценки алмазоносности кимберлитов Приазовья, полученные на основании изучения распределения примесных элементов в минералах – спутниках алмаза, с учетом факторов, отражающих как степень потенциальной алмазоносности мантии, так и вредное влияние на сохранность кристаллов алмаза последующих

магматических и метасоматических процессов, указывают на ограниченную алмазонасность изученных кимберлитовых тел. Между тем, широкое сравнение кимберлитовых тел Приазовья с алмазонасными породами Якутии, ЮАР, КНР, Канады, Австралии и других стран, выявило много сходного в их геолого-минералогических и геохимических особенностях, что позволяет рассматривать Приазовский блок Украинского щита как новую потенциально алмазонасную область Восточно-Европейской алмазонасной провинции [5].

Донецкой и Луганской областям за время боевых действий был нанесен существенный экономический ущерб. Много горных предприятий разрушено, закрыто, шахты затоплены, горные выработки и коммуникации разрушены или повреждены. Поэтому необходимо провести переоснащение горнодобывающей, транспортной, обогащательной техники и оборудования на действующих предприятиях. Удовлетворить растущие потребности в минерального сырья позволит своевременная подготовка и освоение новых месторождений, а также расширение минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий.

Перечень ссылок

1. Проскурня Ю.А. Месторождения строительных камней Донецкой области (на примере зоны сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом) // Инновационные перспективы Донбасса, материалы 10-й Межд. науч. практ. конф., г. Донецк, 28-30 мая 2024 г. – Донецк: ДонНТУ, 2024. Т. 6. Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии. – 2024. – 71-76
2. Зубко Г.В. Ильин В.В. Аналіз стану сировинної бази металевих і неметалевих корисних копалин Донецької області в сучасних геолого-економічних умовах, Артемівськ 2007 р.
3. Стрёмовский А.М., и др. Отчет по поисковым работам на плавиковый шпат в пределах Покрово-Киреевской и Войковской структур (б. Кумачевский участок). г. Волноваха. 1975. – 287 с.
4. Шабанова С.С. Отчет о результатах эксплуатационной разведки на Шевченковском 1 месторождении кирпичного сырья в Старобешевском районе Донецкой области, том 1 – г.Киев, 1987г. – 158с.
5. Панов Ю.Б., Гриффин В.Л., Проскурня Ю.А. Новая методика оценки алмазонасности кимберлитов Приазовья и их сопоставление с мировыми аналогами // Научные труды Донецкого национального технического университета, серия: «Горно-геологическая», №2(23)'2015,Донецк – 2015, с. 21-26

УДК 552.12

**КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГРАНОСИЕНИТОВ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАНИТНОЕ (ПРИАЗОВЬЕ)**

Ю.А. Проскурня, В.И. Купенко, Н.С.Тищенко

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»,

г. Донецк

geoypu@rambler.ru

Аннотация: изучен химический, минеральный состав, а также физико-механические свойства граносиенитов Гранитного месторождения, расположенного на территории Приазовского блока Украинского щита. Установлено, что граносиениты месторождения пригодны для получения щебня, наполнителя бетона и в других целях.

Ключевые слова: месторождение, кристаллические породы, запасы.

Annotation: The chemical and mineral composition, as well as the physical and mechanical properties of granosyenites from the Granite deposit (located within the Azov block of the Ukrainian shield) have been studied. It has been established that the granosyenites of this deposit are suitable for the production of crushed stone, concrete aggregate, and other purpose.

Keywords: deposit, crystalline rocks, reserves.

Донецкая область богата различными строительными материалами, из которых особый интерес представляют кристаллические породы, широко развитые в Приазовье и зоне сочленения Донбасса с Приазовским блоком Украинского щита. Они представлены гранитами, сиенитами, диабазами и другими породами докембрия. Это - гранитоиды хлебодаровского и анадольского комплексов - (Караньское, Гранитное, Дмитриевское, Старокрымское, Андреевское, Первомайское, Стыльское, Анадольское и др. месторождения), Стрелецкое, Староласпинское, Хлебодаровское месторождения черного граносиенита, Чердаклинское и Терновское месторождения сиенитов, Новоигнатовское месторождение порфирита, Стыльское месторождение черных мраморизованных известняков [1].

Кристаллические породы используют в строительной промышленности для кладки стен и фундаментов, отделочных работ, производства щебня, штучного и бутового камня, изготовления ступеней для лестниц, брусчатки и других целей.

Главными физико-механическими показателями, определяющими практическую ценность этих пород, являются механическая прочность или сопротивление раздавливанию в сухом и насыщенном водой состоянии, плотность, объемная масса, вязкость, морозостойкость, водопоглощение, размягчаемость, твердость, цвет, способность полироваться и др. Физические и технические свойства этих пород зависят от минерального состава, структурно-текстурных особенностей, трещиноватости.

Район Гранитного месторождения граносиенитов относится к верхнепротерозойскому Кальмиус-Еланчикскому граносиенитовому массиву, в пределах которого встречаются ксенолиты архейских гранитов. Кристаллические погоды, слагающие месторождение, представлены, главным образом, граносиенитами (γ EPR3). Незначительное место в строении месторождения принадлежит: (гранитам (γ A), пегматитам (ρ PR3), жильным мелкозернистым граносиенитам (γ EPR3), жильным выделениям кварца (q PR3) и дайкам диабазовых порфиринов (β mPR3).

Граносиены представляют собой крупнозернистую породу темно-серого цвета с зеленоватым оттенком. Минеральный состав граносиенитов месторождения однообразный: микроклин - 60-70%, плагиоклаз - от 5-10% до 25-30%, чаще всего - 10-20%, пироксен - от 0-5% до 20-25%, амфибол - от 2-3% до 20-25%, чаще 10-15%, кварц - от 5 до 15%, биотит - до 5%, в большинстве случаев он отсутствует. В малом количестве в граносиенитах встречаются рудные минералы (магнетит), а также апатит и циркон. Вторичные минералы представлены эпидотом и серицитом [2].

В центральной и восточной частях месторождения большим распространением пользуются лейкократовые разновидности граносиенита. Эти породы по внешнему облику слабо отличаются от других граносиенитов, но в них значительно понижено количество темноцветных минералов. Колебания в минеральном составе граносиенитов существенно не влияют на их механические свойства.

Т.о., на Гранитном месторождении отчетливо выделяются граносиениты меланократовые (с высоким содержанием темноцветных минералов), нормальные и лейкократовые (с незначительным содержанием темноцветных минералов). Пространственно все они неотделимы, переходы между ними закономерны, на небольшом отрезке породы могут многократно сменять друг друга.

Химический состав граносиенитов колеблется в следующих пределах (%): SiO_2 - 64,54 - 72,72; TiO_2 - 1,20-2,08; Al_2O_3 - 10,83-

14,64; Fe_2O_3 - 4,79-9,18; CaO -1, 40-3,84 MgO -0,13-0,93; $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ -6,24-9,54; SO_3 -0,09-0,18; п.п.п -0,06-0,85. В общем, колебания химического состава отражают минеральный состав породы, т.е. в лейкократовых разностях граносиенитов повышается содержание SiO_2 и уменьшается содержание Fe_2O_3 , а в меланократовых разностях наблюдается понижение содержания SiO_2 и повышение содержания Fe_2O_3 .

Самая восточная часть месторождения сложена гранитами (γA) розовато-серого цвета разномзернистыми, в основном, крупномзернистыми. Граниты сложены полевыми шпатами (60-70%) розового и серого цвета (микроклин и плагиоклаз). Соотношение микроклина и плагиоклаза не постоянное: количество микроклина колеблется от 30-40% до 50-60%, соответственно меняется количество плагиоклаза. Темноцветные минералы представлены, в основном, амфиболом, реже биотитом, редко отмечается магнетит. Роговая обманка иногда равномерно рассредоточена по массе породы, в отдельных случаях она встречается в виде гнезд, вследствие чего порода становится пятнистой. Количество роговой обманки изменяется от 15 до 20%.

С поверхности на различную глубину кристаллические породы подвержены выветриванию. Вследствие значительного содержания темноцветных минералов меланократовые породы имеют большую глубину выветривания, чем лейкократовые.

Выветрелые граносиениты отличаются от свежих резким изменением окраски и значительной потерей прочностных свойств. Они имеют желто-бурый цвет, что обуславливается наличием в них значительного количества гидроокислов железа. Все выветрелые граносиениты отнесены во вскрышу. Средняя мощность коры выветривания для всей разведанной площади составляет 7,46 м.

Ниже выветрелых граносиенитов залегают граносиениты, затронутые выветриванием. По прочности от свежих разностей они отличаются незначительно. Мощность затронутых выветриванием граносиенитов колеблется от 0,0 до 40,0 м. Глубина этой зоны зависит, главным образом, от степени трещиноватости пород.

Переход от выветрелых граносиенитов к затронутым выветриванием сравнительно резкий, а между затронутыми выветриванием и свежими - постепенный.

Внутренние изменения граносиенитов выражаются, с одной стороны, разложением темноцветных минералов, а с другой - незначительней серитизацией полевых шпатов. Рудные минералы в процессе выветривания превращаются в лимонит.

Проведенные физико-механические испытания граносиенитов

показали следующее - свежие граносиениты имеют объемный вес $2,62-2,82 \text{ г/см}^3$, водопоглощение - $0,14-0,76\%$, коэффициент морозоустойчивости - $0,75-0,96$, предел прочности в водонасыщенном состоянии - $798-2355 \text{ кг/см}^2$. Затронутые выветриванием граносиениты отличаются пониженной прочностью - $697-1450 \text{ кг/см}^2$, их объемный вес составляет $2,66-2,82 \text{ г/см}^3$, водопоглощение - $0,17-0,96\%$. Физико-механические свойства выветрелых гранитов - объемный вес составляет $2,55-2,65 \text{ г/см}^3$, водопоглощение - $0,72-2,05\%$ [3].

Качество щебня, получаемого из граносиенитов Гранитного месторождения, полностью соответствует ГОСТу «Щебень из естественного камня для строительных работ». Такой щебень может быть рекомендован для использования в обычном бетоне марки 300-400 по прочности и марки Мрз-100 по морозостойкости и применяется в промышленном, гражданском и дорожном строительстве [2, 3]. Граносиениты могут быть использованы также для получения бута. Свежие граносиениты с высокой механической прочностью и достаточной размерностью блоков могут быть использованы в качестве облицовочных материалов.

Вывод. В ДНР сейчас ведутся масштабные восстановительные работы, проведение которых невозможно без использования строительных материалов, которыми так богата наша республика. При этом, развитие местного производства стройматериалов не только положительно отразится на темпах и стоимости строительства, но также позволит придать дополнительный импульс экономике ДНР, обеспечивая новые рабочие места и налоговые поступления в местный бюджет.

Перечень ссылок

1. Мінерально-сировинні ресурси у стратегії розвитку економіки Донецької області на період до 2020 року/Жикаляк М.В., Панов Б.С., Стрекозов С.М., Тетянчук П.С.//Наукові праці Донецького державного технічного університету, серія: гірничо-геологічна, вип.45, Донецьк, Донату, 2002. –С.3-10.
2. Гоголь Л.П., Ковешников Е.В., Харечко В.Т. Отчет о геологоразведочных работах на Гранитном месторождении кристаллических пород в Тельмановском районе Донецкой области, том 1 - г. Волноваха, 1972 г. – 154с.
3. Проскурня Ю.А., Тищенко Н.С. Оценка физико-механических свойств кристаллических пород Приазовья (на примере гранитного месторождения граносиенита) // Инновационные перспективы Донбасса, материалы 11-й Межд. науч. практ. конф., г. Донецк, 27-29 мая 2025 г. – Донецк: ДонНТУ, 2024. Т. 6. Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовойотраслях, геодезии и маркшейдерии. – 2025. – с.128-131

УДК 622.1:004.65

**ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ
ДАННЫХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ ДОНБАССА**

С.А. Руссиян, Е.В. Прокопенко

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье предлагается концепция по созданию базы данных для информационной системы породных отвалов, которая позволит обрабатывать и анализировать информацию по каждому породному отвалу в пределах отдельно взятой шахты, а также корректировать информацию, способствуя более эффективному использованию данных и улучшению процессов принятия решений в различных областях.*

***Annotation.** The article proposes a concept for creating a database for the rock dump information system, which will allow processing and analyzing information on each rock dump within a single mine, as well as correcting the information, contributing to more efficient use of data and improving decision-making processes in various fields.*

***Ключевые слова:** породный отвал, база данных, ярус, геоинформационная система, проходческие выработки, шахтное поле*

***Keywords:** rock dump, database, tier, geoinformation system, tunneling, mine field*

Устойчивое развитие горнопромышленных территорий Донбасса возможно при наличии полной, объективной и актуальной информации о состоянии объектов пользования недрами, расположенными на данной территории. В качестве основы информационного обеспечения объектов недропользования (включая добычу, переработку и складирование) предлагается разработать базу пространственных данных. Авторы считают целесообразным дополнить перечень наборов базовых пространственных объектов – набором в виде объектов породных отвалов [1].

Породный отвал представляет собой инженерное сооружение, сформированное совокупностью ярусов (слоёв), каждый из которых обладает индивидуальными геолого-химическими характеристиками.

Очевидно, что комплексная проблема породных отвалов стоит остро не только для Донбасса, а также и для других российских регионов: Ростовская область, Тульская область, Красноярский край, Чукотский автономный округ и ряда других. Этим обусловлена

актуальность и важность проблемы переработки и полной утилизации отходов угледобывающей отрасли.

Согласно [2], для каждого породного отвала обязательно оформление паспорта, в котором отражаются сведения о геометрической форме (высота, площадь основания, объём), сроках ввода в эксплуатацию и консервации, проектных и фактических параметрах, объёме складированной породы, тепловом состоянии (горящий/не горящий), а также сведения о деформационных процессах.

В пределах одной шахты может находиться один или более отвалов. Для учета и контроля за деятельностью каждого отвала должна быть сформирована база данных, которая включала бы всю информацию об отвале. Такая база данных должна предусматривать различные варианты формирования, складирования, состав пород и другую информацию об отвале. Центральным местом формирования информационной базы пространственных данных являются метаданные, т.е. описание структуры хранимой информации, которая и является ядром любой базы данных [3].

Особенностью описываемых базовых пространственных объектов (объектов недропользования) являются пакеты (таблицы), определяющие характеристики предназначенных к разработке, разрабатываемых, либо отработанных месторождений полезных ископаемых. Главными являются пакеты (таблицы), включающие следующую идентификационную информацию: пространственно-временные характеристики горнопромышленных территорий; геологические характеристики месторождений полезных ископаемых; технологические характеристики разрабатываемых месторождений полезных ископаемых; экологические характеристики горнопромышленных территорий, в том числе прошлый накопленный экологический ущерб; реабилитационные характеристики горнопромышленных территорий.

Учитывая вышеизложенное, создание информационной базы данных осуществляется на основе даталогического моделирования, т.е. процесс создания схемы базы данных на основе конкретной модели данных (породных отвалов), с применением реляционной модели данных – СУБД [4].

В контексте реляционной модели организации данных объекты-сущности представляются в виде таблиц (геологических характеристик месторождений полезных ископаемых, технологических и экологических характеристик горнопромышленных территорий и др.) с ключевыми полями,

позволяющими установить связи между таблицами. При формировании ИБД объектов пользования недрами должны быть учтены все особенности определения местоположения базовых пространственных объектов, образующихся при добыче полезных ископаемых и их первичной переработке. В рамках рассматриваемой модели разработана структура пакетов метаданных, определены требования к созданию, обновлению и оценке качества базовых пространственных данных.

Информационные базы данных – это специальные структурированные хранилища информации, которые содержат результаты геологических, маркшейдерских и географических наблюдений. ИБД позволяют хранить, организовывать, обрабатывать и анализировать информацию, делая её доступной для использования в различных областях, включая геологию, геодезию, маркшейдерское и горное дело, географию, экологию и др. ИБД предоставляют средства для выполнения пространственного анализа, моделирования, принятия решений и визуализации данных на географических картах. Также ИБД играют важную роль в управлении информацией, обеспечивая её надёжность, доступность и целостность, являясь мощным инструментом для организации и анализа информации, способствуя более эффективному использованию пространственных данных по улучшению процессов принятия решений в различных областях науки, геоэкологии и управления ресурсами [5].

С другой стороны, база данных должна учитывать количество ярусов отвала, которые регламентируются техническим проектом разработки месторождения. В приказе Ростехнадзора [6] указано, что высота породных отвалов и отвальных ярусов, углы откоса и призмы возможного обрушения, скорость продвижения фронта отвальных работ устанавливаются в проекте разработки месторождения по расчётам). На рисунке 1 показана схема насыпки отвала по ярусам, в соответствии с правилами безопасности. На рисунке 2 показан вид отвала при формировании очередного яруса. Срок формирования ярусов также регламентируется и отражается в паспорте отвала в зависимости от вида месторождения.

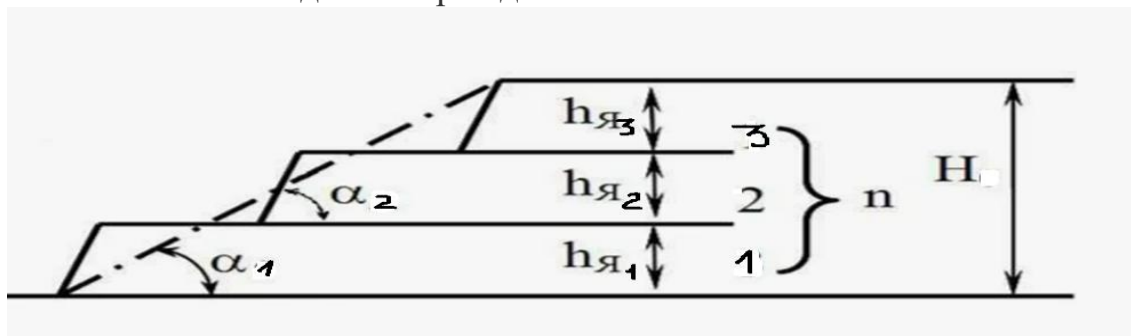


Рисунок 1 – Схема насыпки отвала по ярусам



Рисунок 2 – Вид породного отвала при формировании очередного яруса

Как правило, по высоте отвал состоит из двух - пяти ярусов, высота каждого из которых равна высоте отвального уступа и ограничивается прежде всего условиями безопасного ведения работ. В один отвал может быть разделено и уложено два - четыре вида пород или некондиционных полезных ископаемых. Складирование пород независимо от их физико-механических свойств и качественных характеристик называется валовым.

Также к числу обязательных компонентов базы данных относится количество отрабатываемых на шахте пластов. Данные пласты отображаются на схеме вскрытия шахтного поля. Таким образом, в базе данных к каждой шахте должна быть прикреплена схема вскрытия шахтного поля и информация о структуре разрабатываемых пластов.

Так как в шахтные отвалы, как правило, попадают породы, извлечённые при прохождении подготовительных выработок, необходимо произвести анализ графиков ввода-вывода подготовительных работ за определённый период времени. На шахтах существует форма 177-ОП по объёмам проведения подготовительных выработок за полугодие. Также ведётся учёт фактического и проектного объёма проведения подготовительных работ. На основании графика проведения подготовительных работ можно отследить временную хронологию насыпки пород на отвал и сравнить данный объём с фактическим. Такая информация готовится на шахте в течении всего срока деятельности предприятия, то есть за все годы работы. На каждом графике красным цветом показаны плановые объёмы (в метрах) прохождения подготовительных выработок, а синим цветом - фактическое значение. Фактическое значение передаётся в данный график в результате маркшейдерских замеров горных выработок. Данные замеры наносятся на план горных

выработок в виде эскизов, показывающих подвигание каждой выработки. По данным графика ввода – вывода проходческих выработок можно составить порядок насыпки породы по пластам и по проходческим выработкам. Таким образом, можно сделать следующий вывод: отсыпка пород на отвал происходит не хаотически, а по заранее намеченному графику, который предусматривает прямую зависимость с планограммой отработки пластов. Порода, поступающая из этих выработок, постепенно наслаивается на отвале, формируя, таким образом, отдельный ярус.

Так как порода поступает на отвал по заранее намеченному графику, можно составить схему отсыпки породы из выработок за любой период времени от ввода в эксплуатацию до его консервации. Другими словами, можно составить закономерную картину насыпки породы на отвал, которая в свою очередь и представляет собой карту породного отвала.

Применительно к полученной информации в результате обработки данных по породным отвалам, возникла необходимость систематизировать эти данные. В любой области деятельности часто приходится иметь дело с большими объёмами данных. Основными операциями при этом являются сбор информации, её обработка (поиск требуемых данных), создание форм для просмотра. При создании базы данных по породным отвалам будут рассмотрены несколько базовых модулей, таких как: отвалы, пласты, породы, угли, ярусы.

Для каждого модуля будет создана таблица, включающая специфическую характеристику каждого объекта. Поэтому, чтобы рассмотреть каждый модуль, необходимо войти в главную таблицу, характеризующую конкретную шахту. Каждая шахта имеет определённое количество породных отвалов. Отсыпка пород на конкретный отвал в свою очередь происходит из различных пластов. Зная стратиграфическую характеристику отдельного пласта, можно составить зависимость влияния пород, входящих в пласт, от их химических и физических свойств.

Выводы. Приведённые в работе аргументы определяют высокую степень актуальности темы исследования, так как породные отвалы обеспечивают поступление в экосистему вредных токсичных веществ, которые оказывают отрицательное влияние на окружающую среду и здоровье человека.

Используя полученные показатели базы данных по породным отвалам, можно перейти к выработке профилактических мер, и принятию управленческих решений по обеспечению охраны окружающей среды и здоровья людей.

Применение ИБД даёт возможность рассмотреть множество вариантов исходных данных, а также установить закономерности влияния тех или иных параметров на техногенные процессы, протекающие в породном отвале.

Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии

Направлением дальнейших исследований будет являться разработка вероятностно-статистической модели по оценке физико-химических свойств породы угольных шахт Донбасса и обоснованию пространственной методики взятия нужного количества проб породы отвала с целью детализации разработки информационной базы данных.

Перечень ссылок

1. Прокопенко Е.В., Борщевский С.В. Планирование и формирование породных отвалов на основе геометризации свойств пород с целью их рационального использования: монография / Прокопенко Е.В., Борщевский С.В.- Донецк: «Донбасс», 2013- 147с.

2. Приказ Ростехнадзора от 27.11.2020 N Пр-469 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности Инструкция по предупреждению экзогенной и эндогенной пожароопасности на объектах ведения горных работ угольной промышленности (Зарегистрировано в Минюсте России 15.12.2020 N 61466) URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-rostekhnadzora-ot-27112020-n-pr-469-ob/> (дата обращения: 30.03.2026).

3. Градусов, А. Б Базы данных. Проектирование баз данных : учебно-практическое пособие / А. Б Градусов, А. В. Шутов. — Владимир : Издательство Владимирского государственного университета, 2024. — 259 с. — ISBN 978-5-9984-1888-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/152317.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Стасышин, В. М. Разработка информационных систем и баз данных : учебное пособие для СПО / В. М. Стасышин. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2026. — 100 с. — ISBN 978-5-4488-0527-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/153360.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Тедикова, А. А. Методы и средства создания геоинформационных баз данных на основе геолого-маркшейдерских наблюдений : практикум / А. А. Тедикова, М. Д. Климоченков, И. А. Мельниченко. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2024. — 58 с.

6. Приказ Ростехнадзора от 10.11.2020 №436 (ред. от 29.01.2024) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом» URL: <https://expert.ru/uploads/files/docs/ПРИКАЗ%2010.11.2020%20N436%20ФНП%20ПБ%20ПРАВИЛА%20БЕЗОП.ПРИ%20РАЗРАБОТКЕ%20УГОЛЬНЫХ%20МЕСТОРОЖДЕНИЙ%20ОТКРЫТЫМ%20СПОСОБОМ%202024-01-29.pdf> (дата обращения: 30.03.2026).

УДК 553.493(477.62)

**КОНЦЕПЦИЯ ПЛЮМЮМОВОГО МАГМАТИЗМА В
ФОРМИРОВАНИИ РЕДКОМЕТАЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ
МИНЕРАЛИЗАЦИИ КАМЕННОМОГИЛЬСКИХ ГРАНИТОВ**

Е. В. Седова

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассмотрены актуальные вопросы изучения особенностей редкометально-редкоземельной минерализации протерозойских каменномогильских гранитов на основе концепции плюмюмового магматизма, а также черты общности подобной минерализации в других магматических комплексах Восточного Приазовья.*

***Annotation.** The article discusses topical issues of studying the features of rare-earth mineralization of Proterozoic Kamennomogil granites based on the concept of plume magmatism, as well as the commonality features of similar mineralization in other magmatic complexes of the Eastern Azov region.*

***Ключевые слова:** редкометальная минерализация, плюмювый магматизм, каменномогильские граниты, петрогенезис.*

***Keyword:** rare metal mineralization, plume magmatism, kamennomogil granites, petrogenesis.*

Минерально-сырьевая база любой страны, достаточная для обеспечения потребностей народного хозяйства, является необходимым условием экономической и национальной безопасности. Мощный минерально-ресурсный потенциал Донбасса обусловлен разнообразием геологических структур и рудных формаций в определенных геодинамических условиях их развития. Особенное значение имеют редкометально-редкоземельные месторождения, как стратегический вид минерального сырья.

Происхождение редкометальных гранитов каменномогильского комплекса находится в тесной связи с происхождением значительного по площади распространения ареала субщелочного магматизма [1]. Данный процесс нашел свое развитие в виде плутонов в мегаблоках: Приазовского – южнокальчинский и хлебодаровский комплексы Восточного Приазовья; Ингульский – корсунь-новомиргородский комплекс; Северо-Западный – коростенский комплекс. Все редкометальные граниты генетически приурочены к материнским

плутонам, что подтверждает их полное соответствие петрологическим характеристикам. По уровню содержания редких элементов каменноугольские, русскополянские, лезниковские редкометальные граниты относятся к плюмазитовым редкометальным гранитам литий-фтористового типа по классификации Л.В. Таусона [2].

Существующие представления о петрогенезисе каменноугольских гранитоидов.

В 50-60 годы прошлого века довольно широко было распространено представление о генетическом единстве практически всех протерозойских гранитоидных и (щелочных) образований Восточного Приазовья. Здесь выделялся «многоглавый» единый Восточно-Приазовский граносиенитовый батолит на площади около 1600 км², от р. Каратыш на западе и до р. Грузский Еланчик на востоке., а гранитоиды Каменноугольского и других массивов данного комплекса, как и массивы, относимые к южнокальчикскому, октябрьскому, хлебодаровскому, анадольскому комплексам рассматривались как «выступы кровли» этого батолита [3].

Ранее считалось, что к северу этот плутон перекрыт палеозойскими отложениями Донбасса, а южная его граница примерно совпадает с северо-береговой линией Азовского моря [3]. Стоит заметить, что эти представления, хотя и аргументировались данными геолого-геофизических исследований, бурения и другими фактическими данными, основывались на широко распространенных в тот период концепциях о площадном магматическом замещении метаморфических толщ в соответствии с гипотезами гранитизации, в особенности, с концепцией магматического замещения.

В настоящее время эти представления уже утратили свою привлекательность для геологов. Хотя на вопросы о парагенетической и генетической связи между различными палеопротерозойскими магматическими образованиями Восточного Приазовья обращали внимание и другие исследователи [4], указывая на сходство по ряду существенных петрохимических особенностей между гранитами каменноугольского комплекса с одной стороны, и гранитами-рапакиви с другой. Для двух типов пород была предложена модель образования в рамках протерозойской тектоно-магматической активизации Украинского щита, причем выплавление каменноугольских гранитов и гранитов-рапакиви связывалось одновременно и с процессами субдукции, и с воздействием мантийных плюмов [4].

Стоит заметить, что по состоянию рассматриваемого вопроса на 80-е годы, образование плутонов рапакиви связывалось во всем мире с

субдукцией. Однако позднее стало ясно, что становление комплексов рапакиви — это анорогенный внутриплитный процесс, не связанный с коллизией и субдукцией. С современной точки зрения, гранитоидные и щелочные магматические образования раннего протерозоя Восточного Приазовья рассматриваются как продукты анорогенного магматизма во внутриплитных условиях, вероятно связанных с рифтогенезом.

В настоящее время разработаны и широко используются петрохимические и геохимические критерии принадлежности гранитоидов как к продуктам внутриплитного плюмового магматизма, так и к другим типам (по источникам и геодинамическим условиям образования). На их основе разработана специальная классификация, имеющая огромное значение и с металлогенической точки зрения. Все перечисленные признаки, относящиеся к главным петрогенным и редкоэлементным компонентам, достаточно определенно указывают на принадлежность гранитов каменномогильского комплекса к гранитоидам А-типа (анорогенные) «алфавитной» классификации [5].

О петрогенезисе каменномогильских гранитоидов.

Каменномогильский комплекс завершает протерозойскую магматическую активизацию в Приазовском блоке. Эволюция гранитоидного магматизма Приазовского блока в протерозое в целом отвечает наиболее общим закономерностям, установленным для всех древних щитов. Этим закономерностям соответствует и появление внутриплитных анорогенных гранитов (гранитоидов А-типа), формирующихся в уже консолидированной континентальной коре, под воздействием поднимающихся от границы переходной зоны мантии (или возможно границы мантии и ядра) мантийных плюмов. Каменномогильский комплекс по всем признакам является типичным представителем таких внутриплитных анорогенных гранитов. Он пространственно ассоциирует с граносиенитовым южнокальчикским комплексом и щелочно-сиенитовым октябрьским.

Эта тесная пространственная связь (все указанные комплексы располагаются по соседству друг с другом, на ограниченной территории менее 1,5 тыс. км²) сочетается с одним и тем же временным интервалом формирования всех трех комплексов и единым петроструктурным планом. Временной интервал — это близкий, в пределах возможных оценок геохронологических определений, возраст формирования всех указанных образований, который в [1] охватывает период в 1800 – 1750 млн лет. Единый петроструктурный план — это единые петроструктурные признаки (тектоническая трещиноватость и планпараллельные ориентировки

кристаллов полевых шпатов) каменноугольных гранитов с сиенитами Володарского массива южнокальчикского комплекса и Октябрьского массива одноименного комплекса и обособление этой группы от анадольских гранитов более раннего возраста. Становление граносиенитовых комплексов и каменноугольных гранитов контролировалось уже возникшей складчатой системой, имеющей карельский возраст, в условиях перестраивающегося напряженного состояния горного массива. И, наконец, структурная связь между комплексами состоит в том, что все они приурочены к одним и тем же разломам диагональной сети разломов, рассекающих Приазовских блок. Эти же разломные структуры вмещают дайковые пояса. Массивы имеют сходную редкометальную геохимическую специализацию.

Стоит отметить, что все три интрузивных комплекса сформировались в сходных гипабиссальных условиях. На это указывают многие особенности их вещественного состава, в частности, широкое развитие в их породах флюорита [1].

Можно говорить о формационном парагенезисе внутриплитных магматических образований, который представляют указанные комплексы. Все три комплекса по современным представлениям являются продуктами плюмового или инициированного плюмом магматизма. При этом мантийная составляющая во всех трех случаях разная. Она присутствует во всех трех комплексах, обуславливая, в частности, их близкую редкометально-редкоземельную металлогеническую специализацию. Редкометально-редкоземельная минерализация или специализация определяет профиль Приазовской металлогенической провинции [1].

Формационные парагенезисы, более или менее близкие в Восточном Приазовье, характерны для многих докембрийских и фанерозойских областей с консолидированной континентальной корой. Особенностью формационного парагенезиса в данном случае является количественное преобладание продуктов граносиенитового и щелочно-сиенитового магматизма над редкометальным гранитоидным магматизмом, что, возможно, связано с глубоким эрозионным срезом докембрийской коры в той части Восточного Приазовья, которая расположена за пределами проявления гипабиссальных интрузий (каменноугольный комплекс) в Мангушском синклинии. Для большинства фанерозойских внутриплитных анорогенных образований (Монголия, Забайкалье, герциниды Западной Европы и др.), напротив, характерно преобладание редкометальных гранитов. Можно предполагать, что на более глубоких уровнях земной коры

также широко представлены щелочно-сиенитовые и габбро-сиенит-щелочногранитные плутоны.

Отмеченное сходство каменноугольских гранитов с лезниковскими гранитами Коростенского массива рапакиви в петрохимическом отношении – это основа для решения проблем формационной принадлежности, геохимического типа, геодинамических условий выплавления и петрогенезиса каменноугольских гранитов в целом. Аналогия между расплавами, давшими каменноугольские граниты и граниты рапакиви очень полезна для целей исследований в двух отношениях:

1. Тренд дифференциации в массивах рапакиви (имеются в виду собственно гранитные плутоны или гранитные части «бимодальных» плутонов) примерно таков же, как и предполагаемый в массивах каменноугольского комплекса: от амфиболовых гранитов (местами также и граносиенитов) до топазовых литий-фтористых лейкогранитов.

2. Материнские расплавы рапакиви обогащены Zr, Y, PЗЭ. Менее дифференцированные породы в комплексах рапакиви могут иметь редкоземельную специализацию, тогда как наиболее высокодифференцированные разности – редкометальную.

Анорогенный характер гранитоидов А-типа, формирующихся вне связи с процессами субдукции и коллизии литосферных плит, их локализация внутри плит – в зонах рифтогенеза, областях растяжения литосферы и т.п., их тесная пространственная и временная ассоциация с продуктами щелочного базальтоидного магматизма, а также ряд особенностей их химизма находят в настоящее время объяснение в рамках модели мантийных плюмов.

Таким образом, концепция плюмового магматизма находит в Восточном Приазовье, в ассоциации (формационном парагенезисе) палео-, мезо-, протерозойских магматических образований свое подтверждение. Она включает момент инициирования магматизма поступлением в низы коры инъекций мантийных щелочных базальтоидных расплавов, вызывающее этим плавление нижней коры и формирования разнотипных субщелочных и щелочных гранитоидных магматических комплексов на фоне непрерывного поступления из мантии щелочных компонентов и флюидов (мантийный метасоматоз).

Эта концепция способна объяснить черты общности редкометально-редкоземельной минерализации в различных по составу магматических комплексах Восточного Приазовья, таких как каменноугольский, октябрьский и южнокальчикский.

Перечень ссылок

1. Шеремет, Е. М. Редкометальные граниты Украинского щита (петрология, геохимия, геофизика и рудоносность) / Е. М. Шеремет, С. Г. Кривдик, Е. В. Седова. - Донецк: «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2014. - 250 с.

2. Таусон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов / Л.В. Таусон. – М.: Наука, 1977. – 280 с.
3. Кармазин, П.С. Приазовский батолит, его структурное и возрастное положение / П.С. Кармазин // Геол. журн. – 1970. – Т.30, №5. – С. 137-143.
4. Шеремет, Е.М. Прогнозирование рудопроявлений редких элементов Украинского щита / [Е.М. Шеремет, С.Н. Стрекозов, С.Г. Кривдик и др.]; под ред. С.Г. Кривдика. – Донецк: „Вебер” (Донецкое отделение), 2007. – 220 с.
5. Седова, Е.В. Региональный прогноз поисков редкометально-редкоземельной металлогенической специализации на примере акцессорных минералов гранитов Восточного Приазовья / Е.В. Седова. – Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 26-28 мая 2021 г. - Донецк: ДОННТУ, 2021. Т. 6: 1. Перспективные технологии в геологоразведочной и нефтегазовой отраслях, геодезии и маркшейдерии. – 2021.

УДК 622.623.618

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
В ГИПСОМЕТРИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ: НОВЫЕ
ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

А.В. Тонофа, И.В. Филатова

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР

***Аннотация.** В статье рассматриваются современные тенденции и перспективы развития статистических методов в гипсометрии угольных пластов. Особое внимание уделено новым подходам, основанным на интеграции геостатистики, машинного обучения и цифровых технологий. Описаны методы повышения точности построения гипсометрических карт, оптимизации разведочных сетей и оценки неопределённости.*

***Abstract.** The article examines current trends and prospects for the development of statistical methods in the hypsometry of coal seams. Special attention is given to new approaches based on the integration of geostatistics, machine learning, and digital technologies. Methods for improving the accuracy of hypsometric mapping, optimizing exploration networks, and assessing uncertainty are described.*

***Ключевые слова:** гипсометрия угольных пластов, статистические методы, геостатистика, цифровые двойники*

***Keywords:** hypsometry of coal seams, statistical methods, geostatistics, digital twins*

Угольная промышленность занимает важное место в экономике России, и точность оценки запасов угля является ключевым фактором для эффективного управления ресурсами. Современные методы повышения достоверности геометризации и оценки запасов угольных месторождений направлены на минимизацию рисков и повышение точности проектных решений. В данной статье рассматриваются новейшие подходы и технологии, применяемые в этой области.

Точность гипсометрических построений напрямую влияет на качество проектирования горных работ, безопасность эксплуатации и экономическую эффективность добычи. Традиционные методы гипсометрии, основанные на ручной интерпретации данных разведочного бурения и маркшейдерских съёмок, не всегда позволяют учесть сложную изменчивость геологических структур и оценить достоверность получаемых моделей. В последние годы наблюдается

стремительное развитие статистических методов и цифровых технологий, открывающих новые горизонты для гипсометрии. Внедрение геостатистики, методов машинного обучения (Machine Learning), нейросетевых алгоритмов и создание цифровых двойников месторождений позволяет перейти от детерминированных построений к вероятностным моделям, что существенно повышает точность и надёжность оценки запасов [1].

Геостатистика стала основой для количественной оценки пространственной изменчивости угольных пластов. Вариограммный анализ позволяет количественно описать пространственную корреляцию гипсометрических отметок (глубины залегания пласта) и выявить структурные особенности месторождения. Кригинг (Kriging): семейство методов оптимальной интерполяции. В отличие от простых методов (обратных расстояний), кригинг учитывает пространственную структуру данных, минимизируя дисперсию ошибки. Условное моделирование (Conditional Simulation): генерация множества равновероятных реализаций гипсометрической поверхности. Это позволяет не просто построить одну карту, а оценить диапазон возможных вариантов и построить доверительные интервалы для глубины залегания в любой точке.

Искусственный интеллект находит всё более широкое применение в анализе геолого-маркшейдерской информации. Нейронные сети (CNN) используются для автоматического распознавания тектонических нарушений, сбросов, взбросов по данным сейсморазведки 3D, фотографиям керна и данным лазерного сканирования выработок. Алгоритмы регрессионного анализа (Random Forest, Gradient Boosting) способны строить сложные нелинейные зависимости между гипсометрическими отметками и пространственными координатами, учитывая влияние множества факторов. Системы на основе ИИ позволяют автоматизировать оцифровку данных с бумажных планшето, распознавание слоистости и выделение контактов пластов на цифровых изображениях.

Статистические методы позволяют оптимизировать размещение разведочной сети. С помощью методов Монте-Карло и условного моделирования оценивается, как добавление новой скважины в определённую точку повлияет на снижение неопределённости гипсометрической модели. Это позволяет планировать доразведку максимально эффективно, минимизируя затраты [2].

Одним из самых перспективных направлений в гипсометрии угольных пластов является создание цифровых двойников месторождений. Цифровой двойник - это динамическая 3D-модель,

которая не только отражает текущее состояние залежи, но и обновляется по мере поступления новых данных (разведка, добыча, мониторинг). В отличие от статических карт и моделей, цифровой двойник позволяет визуализировать гипсометрическую поверхность в 3D вместе с геологическими разломами, тектоническими нарушениями и изменениями мощности пласта, проводить виртуальные эксперименты: моделировать различные сценарии отработки, оценивать влияние новых выработок на устойчивость массива, интегрировать данные из разных источников (бурение, геофизика, маркшейдерия, производственный мониторинг) в единую информационную среду, автоматизировать обновление модели при поступлении новых данных, что особенно важно для месторождений с высокой изменчивостью [3].

Внедрение цифровых двойников позволяет не только повысить точность гипсометрических построений, но и существенно снизить риски при проектировании и эксплуатации шахт. Например, инженер может заранее оценить вероятность встречи с тектоническим нарушением или резким изменением мощности пласта, а также оптимизировать последовательность отработки запасов.

В России внедрение современных статистических методов и цифровых технологий в гипсометрии поддерживается методическими рекомендациями ведущих научных центров (ФИЦ УУХ СО РАН, КузГТУ, ДонНТУ). Кодекс НАЭН гармонизирован с международными стандартами CRIRSCO, что позволяет использовать результаты вероятностного моделирования и цифровых двойников для отчётности перед инвесторами, банками и государственными органами [3].

Однако на практике внедрение новых методов сталкивается с рядом трудностей: необходимость подтверждения результатов моделирования традиционными методами (например, полигональным подсчётом запасов), требования государственной экспертизы к формату и структуре представляемых моделей, необходимость обучения специалистов работе с современным ПО и интерпретации вероятностных результатов.

Тем не менее, опыт ведущих угольных компаний показывает, что применение статистических методов, машинного обучения и цифровых двойников позволяет повысить точность оценки запасов на 10–20% по сравнению с традиционными методами и снизить затраты на доразведку за счёт оптимизации разведочной сети, а также повысить безопасность горных работ за счёт более точного прогноза геологических рисков.

Будущее гипсометрии угольных пластов связано с дальнейшим развитием гибридных моделей, объединяющих геостатистику, машинное обучение и физические модели массива. Ожидается, что искусственный интеллект будет всё шире применяться для автоматического анализа керна, сейсморазведки и мониторинга состояния массива. Цифровые двойники станут обязательным элементом управления крупными угольными проектами. Интеграция с промышленным IoT (интернет вещей) позволит строить гипсометрические модели в режиме реального времени.

Современные методы гипсометрии угольных пластов - это синтез классических маркшейдерских подходов, передовой статистики и цифровых технологий. Переход от детерминированных карт к вероятностным моделям и цифровым двойникам позволяет не только повысить точность оценки запасов, но и управлять рисками на всех этапах жизненного цикла месторождения. Внедрение этих технологий - залог повышения эффективности, безопасности и конкурентоспособности угольной промышленности России.

Перечень ссылок

1. Шаклеин С.В. Построение гипсометрических планов угольных пластов Учеб. пособие / М-во науки, высш. шк. и техн. политики Рос. Федерации. Кузбас. политехн. ин-т. - Кемерово : Кузбас. политехн. ин-т, 2022. 35-57 с.
2. Рогова Т. Б. Геометрия недр. Особенности геометризации угольных месторождений : учеб. пособие / Т. Б. Рогова, С. В. Шаклеин ; КузГТУ. - Кемерово, 2018. 120-154 с.
3. Журбицкий Б.И. Информационная технология геологического моделирования угольных месторождений на основе баз данных по скважинам для подсчета запасов и оценки ресурсов / Б.И. Журбицкий, В.Н. Микерова, Т.В. Бударина, В.Н. Фролов. / Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального природопользования // Сб. Междунар. науч.-практ. конф. - ЮРГТУ, Новочеркасск, 2011. - С. 140-146.

УДК 528.9:332.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАТИКИ ДЛЯ РАБОТЫ С СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

Я.А. Цяпа

ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»,
г. Донецк, ДНР, Россия

Аннотация. *Статья рассматривает возможности геоинформатики как инструмента анализа социально-экономических данных. Охарактеризованы направления применения ГИС: пространственная визуализация, геокодирование, пространственно-статистический анализ и пространственное моделирование. Представлены прикладные примеры использования ГИС-технологий в оценке регионального неравенства, доступности социальной инфраструктуры, прогнозировании розничных продаж и анализе рынка труда.*

Abstract. *The article examines the capabilities of geoinformatics as an analytical tool for processing socio-economic data. The key areas of GIS application are characterised: spatial visualisation, geocoding, spatial statistical analysis, and spatial modelling. Practical examples of GIS technology use are presented in the context of regional inequality assessment, social infrastructure accessibility evaluation, retail sales forecasting, and labour market analysis.*

Ключевые слова: *геоинформационные системы, пространственный анализ, социально-экономические данные, геокодирование, пространственная автокорреляция, региональное неравенство, географически взвешенная регрессия.*

Keywords: *geographic information systems, spatial analysis, socio-economic data, geocoding, spatial autocorrelation, regional inequality, geographically weighted regression.*

В наше время социально-экономическая информация становится всё более массивной, разнообразной и пространственно распределённой. Традиционные статистические методы, основанные на табличных данных, часто не справляются с выявлением скрытых закономерностей, связанных с их географическим расположением. Решением этой задачи выступает геоинформатика – междисциплинарная область, объединяющая географические информационные системы, дистанционное зондирование и методы пространственного анализа [1]. Цель настоящего доклада –

проанализировать основные возможности геоинформатики для обработки, визуализации и анализа социально-экономических данных, а также привести примеры её практического применения.

Актуальность темы обусловлена переходом большинства государственных и корпоративных систем к управлению, основанному на пространственных данных. Главная задача современной России - обоснование стратегического выбора социально-экономического развития, а планирование и прогнозирование играют ключевую роль в определении направлений будущего развития страны [5]. Геоинформатика позволяет наглядно представить социально-экономические данные на карте, связать их с инфраструктурой и природно-климатическими условиями, что даёт возможность взглянуть на ситуацию с качественно нового ракурса.

Использование геоинформатики в этой области можно разделить на четыре основные направления: пространственная визуализация, геокодирование и объединение пространственных данных, пространственно-статистический анализ и пространственное моделирование.

Пространственная визуализация предоставляет возможность отображать социально-экономические показатели с помощью картограмм, карт плотности точек, трёхмерных диаграмм. Для примера: цветовое разграничение регионов по уровню средней зарплаты моментально выявляет экономические центры благополучия и зоны депрессии.

Геокодирование превращает текстовые данные из переписей населения, налоговых баз или медицинских карт в пространственные объекты. После этой процедуры данные могут быть сгруппированы по произвольным пространственным единицам - кварталам, избирательным округам, почтовым индексам или буферным зонам вокруг социальных объектов [2].

Объединение пространственных данных способствует глубокому контекстному анализу. Для каждой точки рассчитываются характеристики окружающей территории - средний доход жителей в радиусе 500 метров, количество конкурентов в километровой зоне, наличие остановок общественного транспорта.

Пространственно-статистический анализ включает методы, учитывающие пространственную автокорреляцию - феномен, при котором объекты, расположенные близко друг к другу, оказываются более похожими, чем удалённые. Индексы Морана и Гетиса-Орда дают инструмент для формальной проверки кластеризации высоких значений показателя и выделения «горячих» и «холодных» точек [3].

Пространственное моделирование задействует географические переменные как предикторы в регрессионных моделях. Географически взвешенная регрессия (GWR) позволяет определить, как зависит связь между доходом и стоимостью недвижимости от района внутри города - невозможная задача для классической линейной регрессии.

Для выполнения вышеозначенных задач используются различные программные платформы: от настольных ГИС (ArcGIS, QGIS, MapInfo) до языков программирования (Python с библиотеками GeoPandas, Shapely, PySAL; R с пакетами sf, spdep). Всё более популярны веб-ГИС приложения (ArcGIS Online, Leaflet, Deck.gl), которые дают возможность создавать интерактивные социально-экономические атласы.

Источники данных принимают три основные формы:

1. Официальные статистические данные с геопривязкой - материалы Росстата, налоговых органов, пенсионных фондов, служб занятости.

2. Переписи и микропереписи - предоставляющие детальную информацию о домохозяйствах, требующих анонимизации и геокодирования по точечным или переписным участкам.

3. Неструктурированные пространственные данные - геолокации из соцсетей, GPS-треки транспорта, объявления о недвижимости, спутниковые снимки ночных огней [4].

Отдельного внимания заслуживают открытые городские данные в форматах GeoJSON или Shapefile, выпускаемые по стандартам «Открытых бюджетов» и «Умных городов».

В России создание национальной инфраструктуры пространственных данных сопровождается административными сложностями, но процесс развивается, и разработки научного сообщества могут стать значительным шагом вперёд [4].

Для иллюстрации практического использования рассмотрим несколько конкретных задач, где геоинформатика продемонстрировала высокую эффективность.

Анализ региональных неравенств. Используя панельные данные, ГИС позволяет визуализировать динамику коэффициента Джини или индекса человеческого развития в разрезе территорий. Наложение карт бюджетного обеспечения и транспортной доступности выявляет «полюса роста» и «депрессивные периферии», что становится основой для корректировки межбюджетных трансфертов [5].

Оценка доступности социальных услуг. С помощью сетевого анализа вычисляется доля населения, находящегося вне доступности

школ, медицинских учреждений, отделений полиции или центров занятости. Например, в Москве подобные модели применяются для оптимизации маршрутов скорой помощи; в сельской местности — для принятия решений по закрытию или сохранению малокомплектных школ [1].

Прогнозирование розничных продаж. Ритейлеры с помощью ГИС подбирают места открытия новых торговых точек. Объединяя данные о доходах, возрасте, конкурентной среде, транспортных потоках и плотности населения во взвешенных буферных зонах, множественная регрессия в ГИС позволяет прогнозировать товарооборот с точностью до 70-80%.

Анализ рынка труда. Сопоставление карт вакансий и резюме с транспортной сетью помогает оценить пространственное несоответствие — когда вакансии есть, но соискатели не могут добраться до работы за разумное время. Это служит основой для решений по маршрутам общественного транспорта или развитию удалённой занятости [5].

Социальная эпидемиология. Во время эпидемий сочетание данных заболеваемости с картами плотности населения, скоплений людей и уровнем бедности позволяет не только ретроспективно анализировать очаги, но и прогнозировать новые вспышки. Геостатистические методы используются для сглаживания шумных данных по мелким территориям [2].

Несмотря на значительный потенциал, применение геоинформатики в социально-экономической сфере сталкивается с несколькими серьёзными вызовами.

Качество и неоднородность исходных данных. Социально-экономические показатели часто агрегируются по не сопоставимым пространственным единицам. Временные ряды бывают с пропусками. Геокодирование в России осложнено неполными адресными реестрами и нестандартными написаниями адресов.

Проблема модифицируемой площади (MAUP). Результаты пространственного анализа могут парадоксально меняться в зависимости от того, как делится территория на регионы. Если границы кварталов изменяются, индекс пространственной автокорреляции может даже менять знак [3]. Это требует предельной осторожности в интерпретации.

Вопросы конфиденциальности и этики. Работа с точными геоданными домохозяйств несёт риск деанонимизации. Методы пространственного сокрытия обязательны, но снижают точность анализа.

Высокий порог вхождения. Для эффективного использования геоинформатики необходимо одновременно владеть знаниями в статистике, программировании, географии и профильной области. Многие экономисты и социологи не обладают пространственным мышлением, что приводит к ошибочным построениям и поверхностным выводам.

Геоинформатика перестала быть исключительно инструментом географов и картографов - сегодня это мощный аналитический ресурс для экономистов, социологов, управленцев и бизнес-аналитиков. Пространственный подход к социально-экономическим данным позволяет не просто визуализировать цифры, а выявлять механизмы неравенства, оценивать доступность инфраструктуры и принимать обоснованные решения по размещению объектов. С развитием технологий ГИС становятся всё более доступными.

Однако ключевым фактором остаются не программные инструменты, а методологическая компетентность. Слепое применение пространственных методов без понимания эффекта MAUP, пространственной автокорреляции и особенностей проекций чревато ошибками. Поэтому внедрение геоинформатики в социально-экономические исследования должно сопровождаться повышением квалификации специалистов и стандартизацией пространственных метаданных.

В итоге можно констатировать: геоинформатика — это не просто дополнительный инструмент, а неотъемлемая часть современного социально-экономического анализа. В эпоху больших данных и повсеместной геолокации игнорирование пространственного измерения означает сознательный отказ от значительной части информации, заложенной в исходных данных. Будущее связано с интеграцией методов пространственной эконометрики, машинного обучения и интерактивной картографии — именно такой синтез позволит перейти от простого констатирования фактов к пространственному прогнозированию и действительно эффективному управлению территориями [1, 5].

Перечень ссылок

1. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. Основы. – М.: Дата+, 1999. – 506 с.
2. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 с.
3. Фишер М.М., Гетис А. Справочник по прикладному пространственному анализу. – М.: Springer, 2010. – 480 с.
4. Самсонов Т.Е., Балдина Е.А. Геоинформационные технологии в экономических и социальных исследованиях // Пространственные данные. – 2019. – №4. – С. 22–29.
5. Сугимото А., Окабе Т. Географически взвешенная регрессия для социально-экономических данных // Журнал географических систем. – 2020. – Т. 22. – С. 145–168.

УДК. 622.276

**ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ОХВАТА ПЛАСТА ПРИ
ЗАВОДНЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ЯЧЕЙКИ ХЕЛЕ–ШОУ**

Е.А. Шевалдин, И.Р. Раупов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы
Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург

Аннотация Рассмотрены подходы к определению коэффициента охвата пласта как ключевой параметр нефтеизвлечения. Показаны ограничения лабораторных и расчетных методов. Предложена оценка коэффициента охвата на основе физического моделирования в ячейке Хеле-Шоу. Проведен эксперимент с моделью пятиточечной системы разработки месторождения, выполнена обработка изображений и получены зависимости изменения коэффициента охвата и фрактальной размерности фронта. Установлена нелинейная динамика процесса вытеснения с флуктуациями, обусловленными неустойчивостью Саффмана-Тейлора. Результаты могут быть использованы для уточнения модели вытеснения высоковязкой нефти водой.

Annotation Approaches to determining displacement and sweep efficiency as key oil recovery parameters are considered. Limitations of laboratory and analytical methods are highlighted. A method for estimating sweep efficiency based on physical modeling in a Hele–Shaw cell is proposed. An experiment with a five-spot pattern was conducted, including image processing and analysis of sweep efficiency and fractal dimension. Non-linear behavior with fluctuations caused by Saffman–Taylor instability was observed. The results can be used to improve reservoir development models.

Ключевые слова: Коэффициент охвата, нефтеизвлечение, ячейка Хеле-Шоу, высоковязкая нефть, фрактальная размерность, вытеснение, заводнение, гидродинамическое моделирование.

Key words: Displacement efficiency, sweep efficiency, oil recovery factor, Hele-Shaw cell, fractal dimension, waterflooding, reservoir modeling

Разработка нефтяных месторождений направлена на повышение коэффициента нефтеизвлечения, который рассматривается как произведение коэффициентов вытеснения и охвата пласта. Первый

характеризует эффективность вытеснения нефти на микроуровне, второй - степень вовлечения порового объема в фильтрацию.

Коэффициент вытеснения определяется преимущественно лабораторными методами на керновом материале, как отношение извлеченной нефти к ее начальному объему. Однако данный подход ограничен невозможностью учета полной геологической неоднородности и масштабных эффектов [1]. Коэффициент охвата ($K_{охв}$) является более сложной характеристикой и оценивается косвенными методами, включая гидродинамические и трассерные исследования, а также численное моделирование, которые не всегда отражают реальную динамику фильтрационных потоков [2].

Одним из ключевых факторов, влияющих на $K_{охв}$, является неустойчивость фронта вытеснения, обусловленная контрастом вязкостей фаз и приводящая к формированию «пальцеобразных» структур, описываемых неустойчивостью Сафмана-Тейлора [3]. Количественной характеристикой процесса служит фрактальная размерность границы раздела фаз.

Для исследования данных эффектов проведен эксперимент в ячейке Хеле-Шоу - квазидвумерной модели фильтрации, описываемой законом Дарси, с конфигурацией модели пятиточечной системы разработки (масштаб 1:1000). В качестве модели нефти использовано силиконовое масло ПМС-100 (100 мПа·с), вытесняющей фазой - вода с метиленовым синим для создания контрастности. Обработка изображений выполнялась программно с использованием методов сегментации и морфологического анализа.

Коэффициент охвата определялся как отношение площади, занятой вытесняющей фазой, к общей площади области анализа. Дополнительно рассчитывалась фрактальная размерность фронта методом покрытия, что позволило количественно описать степень его изрезанности.

Результаты эксперимента показали, что изменение коэффициента охвата носит нелинейный характер и хорошо аппроксимируется сигмоидальной зависимостью. При этом наблюдаются флуктуации, связанные с перераспределением потоков и конкуренцией каналов фильтрации. Установлено, что процесс вытеснения характеризуется чередованием стадий усложнения и упрощения фронта.

Дополнительно была выполнена оценка распределения остаточной нефти. Показано, что максимальная концентрация неизвлеченных запасов формируется на удалении 23 см (в масштабе указать в м) от нагнетательной скважины, что связано с особенностями радиальной фильтрации и неравномерностью охвата.

Дополнительно на основе полученных результатов предлагается алгоритм повышения эффективности охвата пласта заводнением, ориентированный на вовлечение зон остаточной высоковязкой нефти.

Алгоритм включает: идентификацию зон локализации остаточных запасов на основе анализа радиальных профилей охвата; разработку продвигаемой системы, обеспечивающей формирование экрана в процессе фильтрации; физическое моделирование процессов вытеснения с оценкой влияния экрана на структуру фронта; количественную оценку изменения коэффициента охвата.

В качестве дальнейшего направления исследований рассматривается применение продвигаемых эмульсионных систем, формирующих экран в процессе фильтрации. Предполагается, что такой подход позволит селективно увеличивать фильтрационное сопротивление в высокопроницаемых каналах, перераспределять потоки и вовлекать ранее неохваченные зоны пласта.

Таким образом, физическое моделирование в ячейке Хеле-Шоу позволяет получить более детальное представление о механизмах вытеснения и структуре фронта, что может быть использовано для уточнения гидродинамических моделей и повышения достоверности прогноза нефтеотдачи.

Перечень ссылок

1. Нефть. Метод определения коэффициента вытеснения нефти водой в лабораторных условиях: Отраслевой стандарт ОСТ 39-195-86. Москва: Министерство нефтяной промышленности СССР, 1986.
2. Методические указания по геолого-промысловому анализу разработки нефтяных и газонефтяных месторождений: РД 153-39.0-110-01. Москва: Министерство энергетики Российской Федерации, 2002.
3. Saffman P. G., Taylor G. The Penetration of a Fluid into a Porous Medium or Hele-Shaw Cell Containing a More Viscous Liquid // Proc. R. Soc. Lond. Ser. A. 1958. T. 245. C. 312–329.