

УДК 622.83:528.481

Усанов Сергей Валерьевич

заведующий лабораторией сдвижения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: usv@igduran.ru

Коновалова Юлия Павловна

старший научный сотрудник,
лаборатория сдвижения горных пород, Институт горного дела УрО РАН
e-mail: lisjul@mail.ru

Ногин Святослав Александрович

младший научный сотрудник,
лаборатория сдвижения горных пород, Институт горного дела УрО РАН,
e-mail: nsa@igduran.ru

Зотов Денис Сергеевич

инженер,
лаборатория сдвижения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: zotov@igduran.ru

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ДАННЫХ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА РАЗВИТИЯ СДВИЖЕНИЯ НА ПЕСЧАНСКОМ СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ*

Аннотация:

Песчанское месторождение включает несколько рудных залежей: Северопесчанскую, Южную, Северную и Новопесчанскую. Месторождение разрабатывается подземным способом с 1968 года. При разработке Северопесчанской и Южной залежей процесс сдвижения развивался аномальным образом: имели место случаи сильного сдвижения лежачего бока и выхода обрушения на поверхность от одной камеры с глубины 450 м. Ожидаемые параметры процесса сдвижения на объекте приходилось неоднократно пересматривать, поскольку в каждый момент времени исследователи, в силу объективных причин, вынуждены были оперировать малыми наборами данных.

На данном этапе начаты работы по отработке запасов предохранительного целика под промплощадку шахты «Северопесчанская». В связи с этим для охраны объектов промплощадки реконструирована наблюдательная станция и начаты наблюдения за процессом сдвижения.

Для поиска возможных предикторов аномального развития сдвижения создана база данных, которая охватывает наблюдения с 1974 г. В научный оборот был введен массив данных наблюдений, ранее анализировавшийся лишь фрагментарно в силу достаточности 3–4 серий для удовлетворения требований нормативных документов.

Ключевые слова: сдвижение, исторические данные, мониторинг деформаций, деформации земной поверхности, наблюдательная станция, профильные линии, репер, геодинамика.

DOI: 10.25635/2313-1586.2025.01.025

Usanov Sergey V.

Head of Laboratory of rock displacement,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
58 Mamina-Sibiryaka Str.,
620075 Ekaterinburg
e-mail: usv@igduran.ru

Kononova Julia P.

Senior Researcher,
Laboratory of rock displacement,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: lisjul@mail.ru

Nogin Svyatoslav A.

Junior Researcher,
Laboratory of rock displacement,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: nsa@igduran.ru

Zotov Denis S.

Engineer,
Laboratory of rock displacement,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: zotov@igduran.ru

DATABASE OF LONG-TERM INSTRUMENTAL OBSERVATIONS ON THE PROCESS OF EARTH'S SURFACE MOVEMENT DURING THE DEVELOPMENT OF THE PESCHANSKOYE SKARN-MAGNETITE DEPOSIT

Abstract:

The Peschanskoye deposit includes several ore ledges – Severopeshanskaya, Southern, Northern and Novopeshanskaya. The deposit has been developed by underground method since 1968. During the development of the Severopeshanskaya and the Southern ledges, the rock displacement developed in an anomalous manner: there were cases of significant displacement of the overlying side and caving to the surface from one mining chamber from a depth of 450 meters. The expected parameters of displacement had to be repeatedly revised because at each moment of time the researchers had to operate with small data sets due to objective reasons.

At this stage work has begun on the development of reserves of a safety pillar for the industrial site of the Severopeshanskaya mine. In this regard to protect the facilities of the industrial site the observation station was reconstructed and observations of the movement process began.

To search for possible predictors of anomalous shear development, a database was created that covers observations since 1974. An array of observation data previously analyzed only fragmentarily due to the sufficiency of 3–4 series to meet the requirements of regulatory documents was introduced into scientific circulation.

Key words: displacement, historical data, monitoring of deformations, deformations of the Earth's surface, observation station, profile lines, reference point, geodynamics.

* Исследования выполнены в рамках Госзадания №075-00410-25-00, тема 3 (FUWE-2025-0003), рег. №1022040300093-0-1.5.1.

Введение

На земной поверхности в районах недропользования периодически происходят внезапные аномальные деформационные процессы, подвергающие опасности жизнь и здоровье людей, а также приводящие к повреждению зданий и сооружений [1]. Инструментальные наблюдения за деформациями анализируются, как правило, за промежуток не более 3-х лет, поскольку такой подход соответствует нормативным требованиям [2] и считается практически достаточным. Однако наиболее важные закономерности выявляются при анализе данных за временные циклы различной продолжительности, что требует привлечения больших объемов данных. Этот анализ помогает раскрыть взаимосвязи между пространственными и временными характеристиками деформационных параметров земной поверхности техногенной и природной обусловленности [3, 4].

Институт горного дела УрО РАН располагает обширной базой данных экспериментальных и аналитических исследований процессов сдвижения на месторождениях Урала и Казахстана [5, 6]. Одним из объектов с представительным объемом данных многолетних мониторинговых наблюдений является Песчанское скарново-магнетитовое месторождение, разрабатываемое с 1968 г. Оно включает несколько рудных залежей: Северопесчанскую, Южную, Северную и Новопесчанскую. При разработке Северопесчанской и Южной залежей процесс сдвижения развивался аномальным образом.

На данном этапе начаты работы по отработке предохранительного целика под промплощадку шахты «Северопесчанская». Организованы инструментальные наблюдения на промплощадке с целью охраны зданий и сооружений при отработке целика. В связи с этим для поиска возможных предикторов аномального развития сдвижения анализ предшествующих данных мониторинга для выявления пространственно-временных зависимостей распределения параметров сдвижений и деформаций по поверхности месторождения является важной задачей. Однако бумажный формат и разрозненность данных по отдельным отчетам не дают возможности анализа всего объема данных, содержащих большие перспективы для исследований геодинамики. В связи с этим цифровизация и систематизация многолетних наблюдений за деформационными процессами на месторождении является актуальной задачей, решение которой позволяет получить новые знания о пространственно-временных характеристиках геодинамической активности, которые можно использовать для повышения безопасности объектов недропользования путем учета опасных геодинамических явлений.

Исследуемый объект

Песчанское скарново-магнетитовое месторождение, располагающееся в 10 км к югу от города Краснотурьинск в Свердловской области, было открыто в 1957 г., а уже в 1968 г. был выдан первый вагон руды.

Шахта «Северопесчанская» разрабатывает Песчанскую группу железорудных месторождений Северного Урала, которая включает Ново-Песчанское, представленное пластообразной залежью, Северопесчанское, основные запасы которого сосредоточены в крутопадающем рудном теле и примыкающем к нему Северном блоке, а также группой линзообразных тел, объединенных в Южнопесчанское месторождение.

Все рудные тела Песчанской группы месторождений – слепые с глубиной залегания от дневной поверхности от 25 до 600 м. Общая протяженность рудоносной толщи по простиранию составляет 3 км.

Северопесчанская залежь представляет собой слепое рудное тело сложной формы с размерами по простиранию до 1500 м и по падению до 800 м, в котором выделяются пологопадающие и крутопадающие участки. Центральная часть залежи, с которой в 1968 г. началась разработка, – крутопадающая, залегает ниже отметки -40 м (глубина 250 м). Мощность залежи достигает 100 м, местами 150 – 200 м, простирание близкое к

меридиональному, падение на восток под углом $70 - 80^\circ$. На флангах участка рудное тело выполаживается, а мощность его снижается до $20 - 30$ м.

Лежащий бок Северопесчанской залежи ниже глубины $410 - 490$ м сложен известняками, выше – порфиритами и их туфами с коэффициентом крепости $f=10\div 12$. Висячем боку ниже глубины $410 - 450$ м залегают однородные диориты с коэффициентом крепости $f=8\div 10$. Выше диориты пересекаются многочисленными прослойками гранатовых и пироксенгранатовых скарнов и дайками диабазовых порфиритов, контакты которых с окружающими породами, как правило, нарушены, а параметры залегания близки к параметрам основных тектонических нарушений [7].

Южная залежь представлена тремя изолированными рудными телами, самое крупное – № 1 расположено в центре, имеет размеры по простиранию 270 м, вкрест простирания – 210 м. Отметка кровли рудного тела -203 м, почвы -420 м. Рудные тела № 2 и 3 имеют незначительные размеры и залегают выше рудного тела № 1. Крепость руд по шкале Протодяконова – $f=9-10$. Вмещающими породами являются в юго-западной части мраморизированные известняки массивной текстуры, лишь на контакте с рудным телом в них слабо заметна полосчатость. Покрывающими и вмещающими по бокам являются диориты средней и мелкозернистой структуры, светло-серого цвета, имеющие склонность к быстрому выветриванию в горных выработках.

Анализ структурно-тектонического строения свидетельствует, что породный массив месторождения является типичным представителем иерархически блочных скальных массивов, характерных для большинства рудных месторождений Урала. Иерархичность его структурного строения проявляется на всех доступных для наблюдений масштабных уровнях.

В целом горно-геологические характеристики массива горных пород месторождения соответствуют средним показателям других железорудных месторождений Урала и Казахстана. Поэтому при проектировании большинство вопросов решалось в обычном порядке по аналогии с другими месторождениями без дополнительных исследований [6].

Добыча на месторождении ведется системами этажного и подэтажного обрушения и направлением отбойки по горизонтам – от центра к флангам.

Сдвигение поверхности при разработке Северопесчанской залежи

В 1973 г. в результате интенсивного развития процесса сдвижения пород лежащего бока и выполаживания углов сдвижения и разрывов до $43 - 49^\circ$ против 60° , принятых в проекте, ряд охраняемых объектов промплощадки претерпел опасные деформации. Обеспечить безопасность капитальных объектов промплощадки удалось с помощью предохранительного целика в лежащем боку на протяжении всей промплощадки (оси $7 - 16$), построенного по скорректированным углам сдвижения, и барьерного целика (оси $8a - 10a$) на всю мощность рудного тела с шириной по простиранию 100 м (рис. 1).

В задачу входило поддержание пород лежащего бока и разделение выработанного пространства и зоны обрушения на два локальных участка, чтобы не допустить образования условий полной подработки вмещающих пород и дальнейшего выполаживания углов сдвижения [5]. Таким образом, аномальное развитие процесса сдвижения привело к консервации в целиках более 22 млн т руды. Однако в ходе дальнейшей отработки месторождения в 1974 – 1979 гг. процессы сдвижения породной толщи лежащего бока продолжали развиваться.

Как показали исследования прошлых лет [5], прочностные и структурные особенности массива горных пород не объясняют аномалий процесса сдвижения. Самые крутые углы сдвижения наблюдались в породах с небольшим коэффициентом крепости, и наоборот. Также не установлено зависимости величины углов сдвижения от трещиноватости пород висячего и лежащего боков.

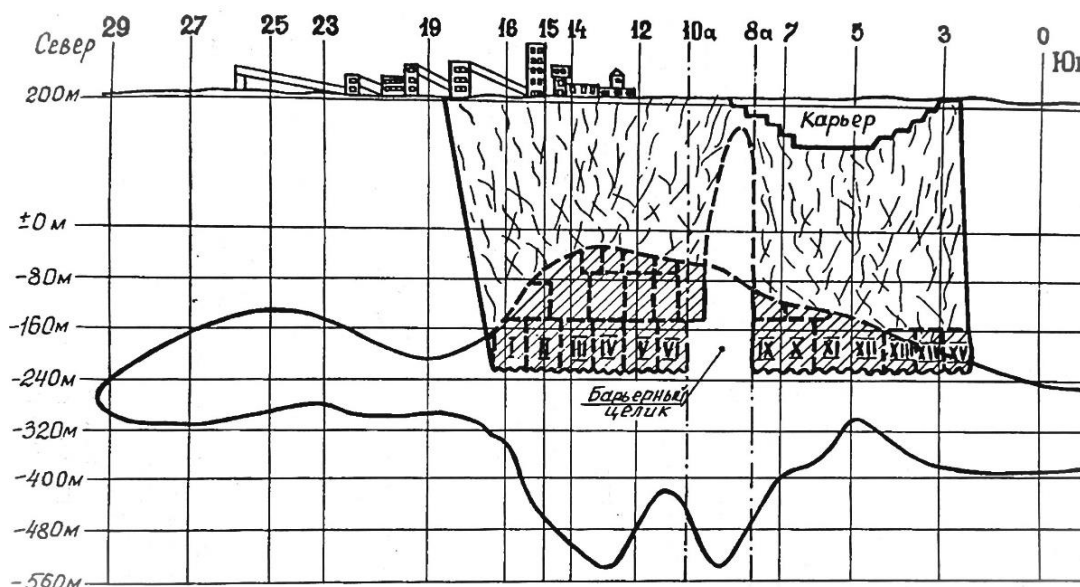


Рис. 1. Продольный разрез рудного тела Северопесчанского месторождения [5]

Наблюдения за сдвижением земной поверхности при отработке Северопесчанской залежи начали проводиться с 1974 г. Наблюдательная станция представлена профильными линиями 19, 15, 12 и 6, заложенными вкрест простирания рудного тела. В 1980 г. заложены линии вдоль простирания рудного тела: 0,8а и 9а (рис. 2). Для наблюдений за деформациями зданий и сооружений на территории промплощадки шахты оборудованы специальные наблюдательные станции в виде стенных реперов.

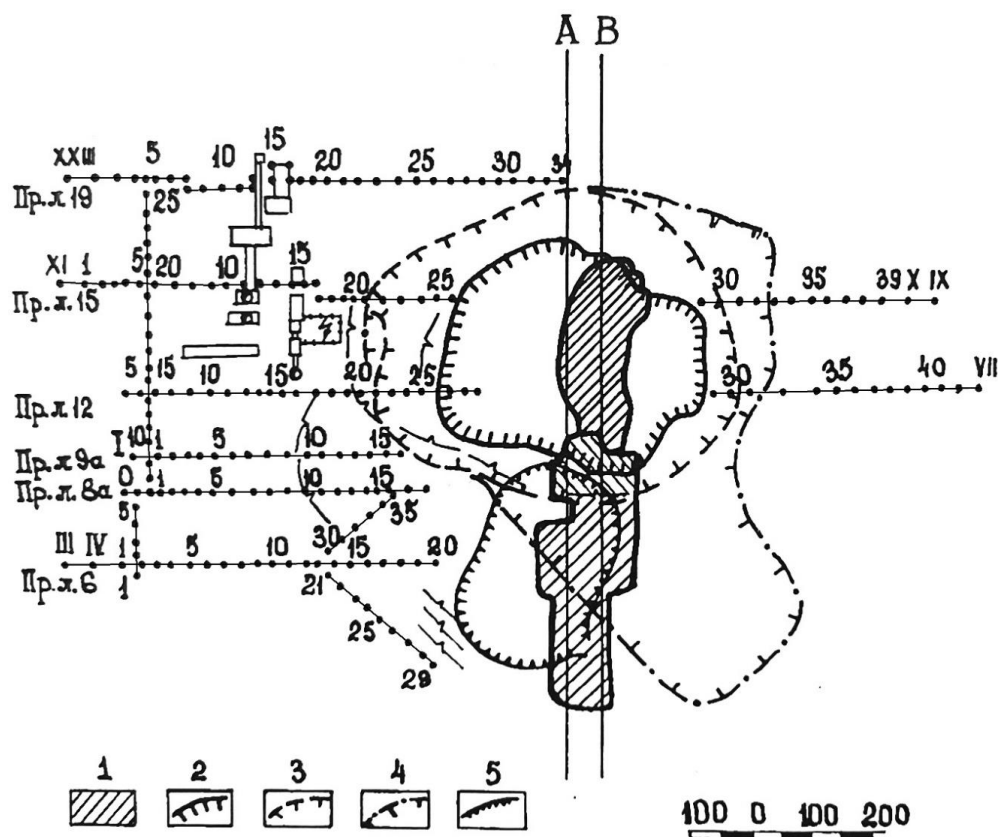


Рис. 2. Наблюдательная станция на Северопесчанском месторождении на момент начала наблюдений [5]:

1— отработанная площадь; 2— граница зоны обрушения на 1973 г.; 3— то же на 1974 г.;
4— то же на 1982 г.; 5— карьер

На основе наблюдений удалось предположить, что аномальному развитию процесса сдвижения способствовала анизотропия первоначального поля напряжения с преобладающим сжатием в меридиональном направлении и особенности формирования вторичного напряженного состояния, определяемые схемой разработки месторождения. Прогнозные оценки показали необходимость отработки барьерного целика и интенсивной отработки южного фланга. Эти меры способствовали сохранению сооружений промплощадки в удовлетворительном состоянии и стабилизации углов сдвижения.

Сдвижение поверхности при разработке Южной залежи

На шахте «Северопесчанская» помимо основной рудоносной залежи велась отработка рудного тела № 1 Южной залежи. Перед началом отработки данной залежи был выполнен расчет о состоянии дневной поверхности на момент отработки всего рудного тела [8]. Данные работы [9] показали, что дневная поверхность при отработке всего тела не подвергнется сдвигению, а коэффициент устойчивости составит 1,6. В горном массиве над выработанным пространством образуется куполообразный свод обрушения вышележащих пород, который локализуется, не достигая границы контакта, и образует потолочину из нетронутого горного массива толщиной 150 м. Эти расчеты свидетельствовали о том, что поверхность будет находиться в устойчивом состоянии и не подвергнется серьезным деформациям. Однако сразу на начальном этапе отработки рудного тела № 1 2010 г. зафиксировано аномальное проявление процесса сдвижения. После отработки первой камеры объемом 271 000 м³ с глубины 400 м на поверхность вышло обрушение. В провал попала автодорога Краснотурьинск – Воронцовск [10]. При дальнейшей разработке Южной залежи зона обрушения расширилась до 1,5 ГА [9].

Систематические наблюдения за процессом сдвижения на Южной залежи были начаты в 2010 г., спустя год после начала отработки рудного тела № 1 и развития аномального процесса деформирования земной поверхности – выхода воронки обрушения на дневную поверхность.

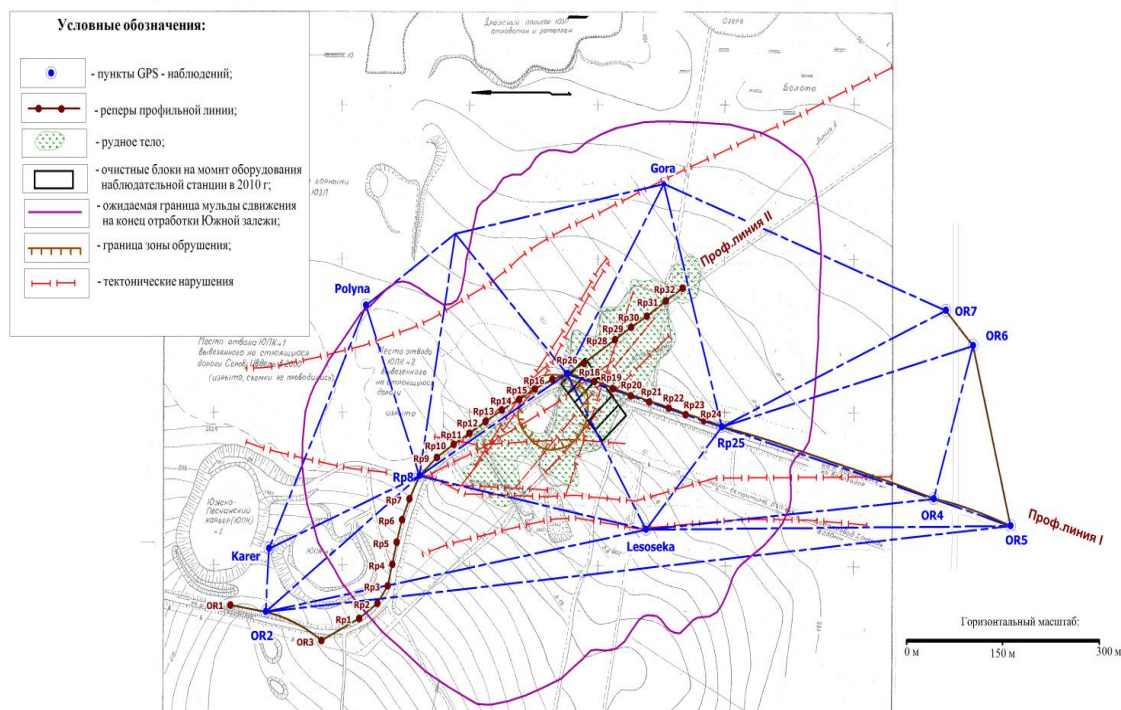


Рис. 3. Наблюдательная станция при отработке Южной залежи шахты «Северопесчанская»

С учетом реальных условий местности наблюдательная станция над Южной залежью состояла из 32 рабочих и 10 опорных реперов (рис. 3). Инструментальные наблюдения проводились дважды в год с использованием как традиционных, так и спутниковых методов. Деформации и границы зон сдвижения определялись исходя из наблюдений по профильным линиям традиционными геодезическими методами, а также на пунктах организованного геодезического полигона, в котором были задействованы реперы профильных линий наблюдательной станции, а также реперы, располагающиеся за границей расчетной мульды сдвижения при отработке всего рудного тела № 1. Наблюдения на геодезическом полигоне проводились с помощью ГНСС методов. Результаты, полученные в течение четырех лет наблюдений, позволили выявить зоны, характеризующие активное развитие процесса сдвижения [9].

Современный этап развития сдвижения

В 2020 г. разработка Северопесчанского участка месторождения находилась в завершающей фазе. Отработаны и погашены запасы горизонтов: 40, –80, –160 и –240 м за исключением запасов, законсервированных в предохранительном целике, оставленном в процессе разработки месторождения для предотвращения вредного влияния подземных горных работ на стволы, здания и сооружения промплощадки шахты «Северопесчанская». Существующая наблюдательная станция к 2020 г. находилась в неудовлетворительном состоянии, большая часть реперов была уничтожена. В неполном количестве сохранились реперы профильной линии 12, а также часть реперов профильной линии 6а. Сохранился ряд ственных реперов в 9 охраняемых объектах.

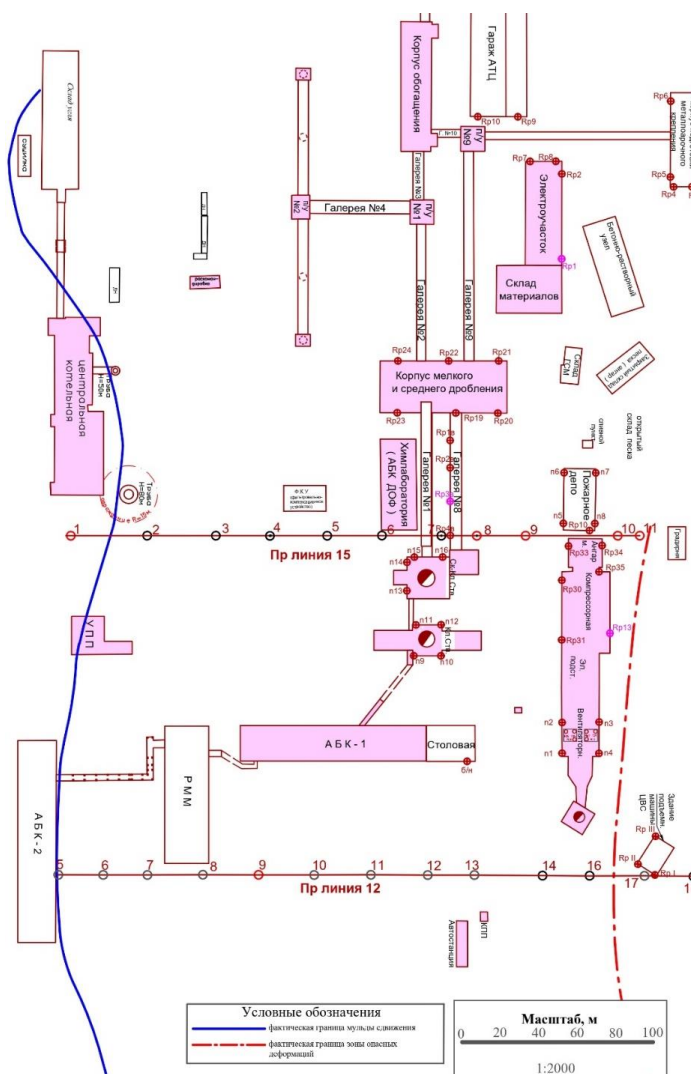


Рис. 4. Схема наблюдательной станции для мониторинга процесса сдвижения и охраны объектов промплощадки при отработке предохранительного целика на 2024 г.

В 2020 г. в связи с началом отработки предохранительного целика был разработан проект реконструкции наблюдательной станции. Проектом реконструкции предусматривается частичное восстановление наблюдательной грунтовой станции и специальных станций из стенных реперов на территории промплощадки шахты в лежащем боку Северопесчанской залежи вдоль разведочных осей, в пределах которых находятся все основные охраняемые сооружения и запланирована отработка предохранительного целика.

Станция состоит из двух восстановленных профильных линий (12 и 15) и специальных наблюдательных станций, состоящих из системы стенных и грунтовых реперов для контроля деформаций в охраняемых объектах промплощадки шахты. Профильные линии имеют протяженность от фактической границы мульды сдвижения, отстроенной по результатам инструментальных наблюдений, на западе промплощадки до границы зоны обрушения на востоке.

Общее количество реперов на линиях – 26 шт., из которых 17 шт. – новые реперы; общее количество стенных реперов – 69 шт., из которых 35 шт. являются вновь заложёнными (рис. 4). На данный момент продолжаются работы в целике, наблюдения проводятся по реперам станции, предусмотренной проектом 2020 г.

Новый подход к анализу данных мониторинга

В условиях нового сложного этапа разработки запасов предохранительного целика критически важно учесть опыт прошлых лет, чтобы вовремя и адекватно реагировать на процессы сдвижения земной поверхности, в том числе аномального характера.

На основе базы данных [11], содержащей сведения о 745 НИР по объектам мониторинга сдвижения и деформаций земной поверхности под воздействием горных разработок, обработанных Институтом горного дела УрО РАН за период 1940 - 2024 гг., было выделено 28 работ с данными мониторинга сдвижения поверхности на Песчанском месторождении [12]. Часть из них, затрагивающая замеры после реконструкции 2020 г., была оцифрована ранее [13]. В рамках данной работы оцифрован основной массив данных более ранних лет – с 1974 г.

Согласно разработанной методике [14] в новый датасет для каждой серии наблюдений вносятся идентификаторы и наименования реперов, их высотные отметки и длины интервалов, полученные в результате первичной камеральной обработки результатов полевых наблюдений (рис. 5).

Разработанные принципы систематизации и организации данных многолетнего мониторинга процесса сдвижения [14] открывают возможности для оперативного математического анализа инструментальных наблюдений (статистического, гармонического и т.д.), который позволяет выявить пространственно-временные зависимости распределения деформационных параметров по поверхности месторождения, комплексно оценить воздействие природных и техногенных факторов на процессы сдвижения и установить особенности их взаимного влияния, способствующие возникновению аварийных деформационных явлений в толще массива и на поверхности.

Положительный опыт такого подхода к анализу данных наблюдений был получен на Сарановском хромитовом месторождении. Результатом применяемых методов стало районирование территории месторождения по риску возникновения внезапных геодинамических явлений.

колонка идентификаторов
 реперы
 координаты
 колонки высот
 колонки дистанций

строка дат
 строки данных

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	id	name	x	y	d0	h0	d1	h1	d2
2						07.1979		1980	
3	1	OP1				442,317		442,317	
4					52,963		52,958		52,958
5	2	OP2				446,039		446,039	
6					56,064		56,054		56,041
7	3	OP3	603 101,0	6 492 927,6		450,817		450,817	
8					49,599		49,604		49,589
9	4	1	603 068,2	6 492 890,4		454,587		454,587	
10					20,893		20,890		
11	5	2				456,349		456,351	
12					25,019		25,014		45,892
13	6	3	603 037,0	6 492 856,7		458,279		458,281	

идентификаторы
 реперы
 годы существования
 пометки

строки данных

	id	name	год закладки	последняя фиксация	примечание
2	72	OP-1a	2006		не найден (2009–2012)
3	44	OP-1	1979		не найден (2020)
27	73	19	2006		
28	66	20	1979	1980	уничтожен строительством емкостей резервуара
29	67	21	1979	1980	уничтожен строительством емкостей резервуара
30	74	OP4	2006	2007	
31	68	22	1979	1993	не найден (1984, 1987–1990), погнут (1988)
32	77	OP4	2013	2018	
33	75	OP5	2006	2018	
34	76	OP6	2006	2019	
35	69	OP-4	1979	1993	
36	70	OP-5	1979	1993	не найден (1987), без дистанции (1990)
37	71	OP-6	1979	1993	не найден (1987–1990)

Рис. 5. Фрагмент организации базы данных инструментальных наблюдений [14]

Заключение

За 50-летнюю историю разработки Песчанской группы месторождений накоплен большой опыт на основании значительного объема данных инструментальных наблюдений за развитием процесса сдвижения. Факты его аномального развития, представленные в статье, оставили открытым ряд вопросов, касающихся причин возникновения таких ситуаций. В связи с началом отработки предохранительного целика Северопесчанской залежи под промплощадку шахты эти вопросы вновь обрели свою значимость и актуальность.

Для учета опыта прошлых лет представляется важным проведение комплексного ретроспективного анализа инструментальных наблюдений на основе математических методов для выявления пространственно-временных зависимостей распределения деформационных параметров по поверхности месторождения. Для этого разработаны принципы систематизации и организации данных мониторинга, которые стали основой для создания базы данных Песчанской группы месторождений. Реализация такого подхода станет еще одним шагом в понимании природно-техногенных процессов при разработке месторождений.

Список литературы

1. Усанов С.В., Коновалова Ю.П., Ефремов Е.Ю., Харисова О.Д., Усанова А.В., 2022. Внезапные деформационные процессы в горном массиве при недропользовании: факторы проявления и возможности предупреждения. *Горная промышленность*, 1S, № 111-118. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1S-111-118.
2. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений: утверждена Госгортехнадзором СССР 3 июля 1986 г. Москва: Недра, 1988, 112 с.
3. Space Geodesy Data Implementation for Earth System Geodynamics Monitoring: A Case Study of the Aegean Microplate. December 2024. *Civil and Environmental Engineering*, 20(2):1203-1220. DOI: 10.2478/cee-2024-0088. Daša Smrčková, Jakub Chromčák, Juraj Mužík, Jan Kostelecký.
4. Kuzmin Yu.O., 2016. Recent geodynamics of dangerous faults. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, V. 52, № 5, P. 709-722.
5. Сашурин А.Д., 1999. *Сдвигение горных пород на рудниках черной металлургии*. Ответственный редактор д.т.н. А.В. Зубков. Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 268 с.
6. Борщ-Компониец В.И., Батугина И.М., Варлашкин В.М. и др., 1984. *Сдвигение горных пород и земной поверхности при подземных разработках*. Под общ. ред. В.А. Букринского, Г.В. Орлова. Москва: Недра, 247 с.
7. Тагильцев С.Н., Кибанова Т.Н., 2017. Закономерности поля тектонических напряжений в геологической среде Краснотурьинского рудного района. *Известия Уральского государственного горного университета*, № 2(46), С. 43-46. DOI 10.21440/2307-2091-2017-2-43-46. – EDN YSSFBN.
8. Сашурин А.Д., 2004. *Прогноз развития процесса сдвижения и положение границ зоны обрушения с целью минимизации размеров земельного отвода и оценки влияния горных работ на автодорогу и водопровод при отработке Южной залежи на их. «Северопесчанская»*. Отчет о НИР. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, С. 18.
9. Ручкин В.И., Коновалова Ю.П., 2016. Зависимость динамики напряженно-деформированного состояния геологической среды от техногенного воздействия на естественное тектоническое состояние массива горных пород на горнодобывающих предприятиях. *Горный информационно-аналитический бюллетень*, № 1, С. 250-259.
10. Далатказин Т.Ш., Коновалова Ю.П., Ручкин В.И., Зуев П.И., 2019. Исследования по модернизации использования эманационной съемки в качестве экспресс-метода при геодинимической диагностике. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, №4, С. 206 –220.
11. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622918 Российская Федерация. База данных объектов мониторинга сдвижения и деформаций земной поверхности под воздействием горных разработок за 1940–2021 гг. на территории Российской Федерации: № 2022622674 : заявл. 18.10.2022 : опубл. 16.11.2022 / С.В. Усанов, С.А. Ногин, Ю.П. Коновалова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук.
12. Усанов С.В., Коновалова Ю.П., Ногин С.А., Панжина Н.А., 2023. К проблеме взаимосвязей между деформационными процессами земной поверхности природного и техногенного генеза. *Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле*, № 4, С. 286-295.
13. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622239 Российская Федерация. Данные наблюдений за процессом сдвижения на Северопесчанском месторождении хромитов за 2021–2022 гг : № 2023621896 : заявл. 21.06.2023 : опубл. 05.07.2023 / С. В. Усанов, С. А. Ногин, Ю. П. Коновалова [и др.]; заявитель Фе-

деральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук.

14. Ногин С.А., 2024. Организация датасета на основе данных маркшейдерских наблюдений. *Проблемы недропользования*, № 4(43), С. 127-134. DOI 10.25635/2313-1586.2024.04.127.

References

1. Usanov S.V., Konovalova Yu.P., Efremov E.Yu., Kharisova O.D., Usanova A.V., 2022. Vnezapnye deformatsionnye protsessy v gornom massive pri nedropol'zovanii: faktory proyavleniya i vozmozhnosti preduprezhdeniya [Sudden deformation processes in the mining environment during subsurface use: factors of manifestation and possibilities of prevention]. *Gornaya promyshlennost'*, 1S, № 111-118. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-1S-111-118.
2. Instruksiya po nablyudeniya za sdvizheniem gornykh porod i zemnoi poverkhnosti pri podzemnoi razrabotke rudnykh mestorozhdenii: utverzhdena Gosgortekhnadzorom SSSR 3 iyulya 1986 g. . [Instructions for monitoring the movement of rocks and the earth's surface during underground mining of ore deposits: approved by Gosgortekhnadzor of the USSR on July 3, 1986]. Moscow: Nedra, 1988, 112 p.
3. Space Geodesy Data Implementation for Earth System Geodynamics Monitoring: A Case Study of the Aegean Microplate. December 2024. *Civil and Environmental Engineering*, 20(2):1203-1220. DOI: 10.2478/cee-2024-0088. Daša Smrčková, Jakub Chromčák, Juraj Mužík, Jan Kostelecký.
4. Kuzmin Yu.O., 2016. Recent geodynamics of dangerous faults. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, V. 52, № 5, P. 709-722.
5. Sashurin A.D., 1999. Sdvizhenie gornykh porod na rudnikakh chernoi metallurgii [Displacement of rocks in the mines of ferrous metallurgy]. *Otvetstvennyi redaktor d.t.n. A.V. Zubkov*. Ekaterinburg: Ural'skoe otделение RAN, 268 p.
6. Borshch-Komponiets V.I., Batugina I.M., Varlashkin V.M. i dr., 1984. Sdvizhenie gornykh porod i zemnoi poverkhnosti pri podzemnykh razrabotkakh [Displacement of rocks and the earth's surface during underground mining]. *Pod obshch. red. V.A. Bukrinskogo, G.V. Orlova*. Moscow: Nedra, 247 p.
7. Tagil'tsev S.N., Kibanova T.N., 2017. Zakonomernosti polya tektonicheskikh napryazhenii v geologicheskoi srede Krasnotur'inskogo rudnogo raiona [Patterns of the tectonic stress field in the geological environment of the Krasnoturyinsky ore region]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta*, № 2(46), S. 43-46. DOI 10.21440/2307-2091-2017-2-43-46. – EDN YSSFBN.
8. Sashurin A.D., 2004. Prognoz razvitiya protsessa sdvizheniya i polozhenie granits zony obrusheniya s tsel'yu minimizatsii razmerov zemel'nogo otvoda i otsenki vliyaniya gornykh rabot na avtodorogu i vodoprovod pri otrabotke Yuzhnoi zalezhi na shk. "Severopeschanskaya" [Forecast of development of the process of displacement and the location of the boundaries of the collapse zone in order to minimize the size of the land allotment and to assess the impact of mining operations on the highway and water supply during the development of the Southern deposit on the mine "Severopeschanskaya"]. *Otchet o NIR*. Ekaterinburg: IGD UrO RAN, P. 18.
9. Ruchkin V.I., Konovalova Yu.P., 2016. Zavisimost' dinamiki napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya geologicheskoi sredy ot tekhnogenno-vozddeystviya na estestvennoe tektonicheskoe sostoyanie massiva gornykh porod na gornodobyvayushchikh predpriyatiyakh [Dependences in the dynamics of the stress-strain state of the geological environment for the technological impact on the natural tectonic state of the rock mass at mining enterprises]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, № 1, P. 250-259.
10. Dalatkazin T.Sh., Konovalova Yu.P., Ruchkin V.I., Zuev P.I., 2019. Issledovaniya po modernizatsii ispol'zovaniya emanatsionnoi s'emki v kachestve ekspress-metoda pri geodinamicheskoi diagnostike [Research on the modernization of the use of emanation survey as

an express method in geodynamic diagnostics]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, No4, P. 206–220.

11. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2022622918 Rossiiskaya Federatsiya. Baza dannykh ob"ektov monitoringa sdvizheniya i deformatsii zemnoi poverkhnosti pod vozeistviem gornykh razrabotok za 1940–2021 gg. na territorii Rossiiskoi Federatsii [Database of objects for monitoring the displacement and deformation of the Earth's surface under the influence of mining operations for 1940-2021 in the territory of the Russian Federation]: № 2022622674 : zayavl. 18.10.2022 : opubl. 16.11.2022 / S.V. Usanov, S.A. Nogin, Yu.P. Konovalova [i dr.]; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut gornogo dela Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk .

12. Usanov S.V., Konovalova Yu.P., Nogin S.A., Panzhina N.A., 2023. K probleme vzaimosvyazei mezhdue deformatsionnymi protsessami zemnoi poverkhnosti prirodnogo i tekhnogen'nogo geneza [On the problem of the interrelationships between the deformation processes of the Earth's surface of natural and man-made origin]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, № 4, P. 286-295.

13. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2023622239 Rossiiskaya Federatsiya. Dannye nablyudenii za protsessom sdvizheniya na Severopeschanskome mestorozhdenii khromitov za 2021–2022 gg. [Observation data on the displacement process at the Severopeschansk chromite deposit for 2021-2022]: № 2023621896 : zayavl. 21.06.2023 : opubl. 05.07.2023 / S. V. Usanov, S. A. Nogin, Yu. P. Konovalova [i dr.]; zayavitel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut gornogo dela Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk.

14. Nogin S.A., 2024. Organizatsiya dataseta na osnove dannykh marksheiderskikh nablyudenii [Organization of a dataset based on the data of surveying observations]. *Problemy nedropol'zovaniya*, № 4(43), P. 127-134. DOI 10.25635/2313-1586.2024.04.127.