органического вещества в осадках и придонном слое минимальное. В Северном Ледовитом океане донная фауна не опускается ниже 3500м, в Южном – ниже 4500м.

Заключение:

1. Изучение распределения донной фауны в полярных океанах активно ведётся российскими и зарубежными исследователями с 50-х годов прошлого столетия и по настоящее время.

2. Распределение трофических группировок в полярных областях азонально. Наиболее оптимальными условиями существования характеризуются шельфовые районы, то есть периферия в Арктическом бассейне и центральные части - в Антарктическом.

3. В количественном распределении трофических группировок зообентоса в полярных областях наблюдается асимметрия. Наибольшие количественные значения детритофагов, сестонофагов и хищников в Северном Ледовитом океане приурочены к периферии бассейна, в Южном – к центральным частям океана.

4. Донная фауна периферии Северного Ледовитого океана представлена преимущественно сестонофагами, центральная часть океана занята тонкодисперсными фракциями грунта, которая заселена преимущественно детритофагами.

5. Донная фауна периферии Южного океана представлена преимущественно детритофагами, центральная часть океана покрыта осадками крупных фракций и занята преимущественно сестонофагами.

1. Иванова Е.Ю. Геоэкологическое распределение ресурсов пищевых группировок зообентоса полярных областей океанов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. - М.: МГОУ, 2005, 174с.
2. Иванова Е.Ю. Условия распределения зообентоса в полярных областях Мирового океана// "География в школе XXI века", 2005, №7, с. 38-40.
3. Лукьянова Т.С. Закономерности географического распределения ресурсов донной фауны по океанам. Автореф. докт. дис. – М.: 2003, с.30-31.
4. Матишов Г.Г., Бердников С.В., Жичкин А.П., Макаревич П.Р., Дженюк С.Л., Кулыгин В.В., Яицкая Н.А., Поважный В.В., Швердяев И.В., Третьякова И.А., Цыганкова А.Е. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах северного полушария (1878-2013). Ростов-на-Дону, 2014.
5. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Моисеев Д.В. Климат и большие морские экосистемы Арктики.// Вестник Российской академии наук, 2017, Т.87, №2, с. 110-120.
6. Морозов Е.Г., Флинт М.В., Спиридонов В.А., Тараканов Р.Ю. Программа комплексных экспедиционных исследований экосистемы Атлантического сектора Южного океана (декабрь 2019 – март 2020 г.), Океанология, 2019, Т. 59, №6, с. 1086-1088.
7. Морозов Е.Г., Спиридонов В.А., Молодцова Т.Н., Фрей Д.И., Демидова Т.А., Флинт М.В. Исследования экосистемы атлантического сектора Антарктики (79-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш»), Океанология 2020, Т.60. № 5, с. 823-825.

Кубайдуллина У.А., Старостина О.В., Долгонос В.Н.

Георадарный мониторинг на Васильковском карьере АО «Altyntau Kokshetau»

НАО «КарТУ»

(Казахстан, Караганда)

doi: 10.18411/lj-04-2021-68

Аннотация

В статье представлены результаты георадарного мониторинга состояния прибортового массива на Васильковском карьере.

Ключевые слова: мониторинг, радар, геотехнический риск, когерентность, тренд деформации.

Abstract

The article presents the results of GPR monitoring of the state of the instrument array at the Vasilkovsky quarry.

Key words: monitoring, radar, geotechnical threats, coherence, deformation trend.

Сведения получены по результатам мониторинга компанией Ground Probe на карьере Алтынтау на Севере Казахстана в период с 13 по 25 июня 2018г. Были проанализированы данные, собранные радаром SSR336XT.

Задачи мониторинга:

- Выявить и охарактеризовать видимый деформационный процесс в области сканирования.
- Демонстрация возможностей системы SSR для геотехнического мониторинга деформации склона.
- Получить дополнительные рекомендации по настройке системы и анализу данных.

Георадар GroundProbe SSR представляет собой радиолокационную систему, которая может наложить данные деформации непосредственно на фотографию области сканирования. Это дает преимущества с точки зрения способности быстро определять нестабильные области без необходимости использования других методов геолокации, таких как геопривязка и без необходимости импорта цифровых моделей рельефа или моделей карьера из стороннего программного обеспечения. Возможность точно определять фактические нестабильные области по отношению к видимым геологическим и геометрическим признакам на фотографии может быть полезным в плане минимизации геотехнических угроз.

Рисунок 1 иллюстрирует наложение изображения деформации, полученного с радара SSR, на цифровую 3D модель. Оранжевая точка – местоположение радара

Рисунок 1 - цифровая 3D модель с наложенными данными

Изображение, показанное на рисунке 2, демонстрирует область сканирования радара. Зона, выделенная красным, отображает фактическую область сканирования. Дальность сканирования для данного проекта примерно составляла 400-1900 метров от радара.

Рисунок 2 - Область сканирования

Анализ деформации в области исследования при помощи радара

Рисунок 3 показывает визуальное отображение процесса деформации зарегистрированного радаром.

Рисунок 3 - Фотография с наложенными данными деформации

Верхняя часть области около зоны вывала показывает прогрессирующие деформации (области A1 и A2), а также одна область показывает затухающие тренды деформации (область A3). Области, демонстрирующие деформации в течение периода сканирования, непосредственно связанные с технологической деятельностью и ведением горных работ были исключены из анализа.

Области, показывающие длительные периоды низкой когерентности, включая области с частым движением горно-транспортного оборудования, такие как дороги и районы с растительностью были исключены. Снижение когерентности может свидетельствовать об обрушениях и поэтому, когерентность является особенно важным параметром для изучения. Большая часть области сканирования показала высокий уровень когерентности в течение периода мониторинга, что свидетельствует о высокой надежности и достоверности собранных данных по деформации.

Анализ деформации Область «A1»

В зоне A1 наблюдаются тенденции переходного или линейного тренда. Смещение было зафиксировано радаром SSR-XT около зоны вывала, которое, вероятно, было вызвано отсыпкой отвала (рисунок 4)

Рисунок 4 - Деформации на фотографии и графиках в области A1

Скорость в области A1 достигает 8,5 мм/день (рисунок 5). Обычно линейный тренд характеризует переходное поведение, которое может трансформироваться в прогрессирующий тренд, ведущий к обрушению. Точка, где тренд сменяется с прогрессивного до обрушения, называется началом обрушения.

Рисунок 5 - График скорости области анализа A1

Анализ деформации Область «A2».

В области A2, расположенной в верхней части области сканирования в районе отвала также наблюдаются тенденции линейного тренда. Средняя скорость существенно ниже, составила 1,7 мм/день, (рисунки 6 и 7). Такая скорость может быть интерпретирована как затухающий тренд. Обычно при сочетании линейных и затухающих трендов необходимо продолжить наблюдение т.к. поведение может измениться на прогрессивный тренд и привести к обрушению.

Рисунок 6 - Изображение деформации на фотографии и графиках в Области A2

Рисунок 7 - График скорости области анализа A2

Анализ деформации Область «А3»

Сочетание затухающих и слабых линейных трендов деформации наблюдаются в области A3, расположенной примерно в середине сканируемой области около отсыпаемого отвала (рисунок 8). При сочетании линейных и затухающих трендов необходимо продолжить наблюдение т.к. поведение может измениться в прогрессивный тренд и привести к обрушению.

Рисунок 8 - Изображение деформации на фотографии и графиках в области A3

Конфигурация аварийных сигналов и классификация TARP

Основные принципы определяют соответствие аварийных сигналов SSR Viewer с планом TARP. Срабатывание аварийных сигналов может быть согласовано с уровнями

рисков по классификации TARP. Аварийные сигналы SSR Viewer разработаны таким образом, чтобы срабатывать в определенной последовательности и на определенных этапах в период до обрушения. Аварийный сигнал деформации срабатывает при превышении порогов совокупной деформации, выбранных пользователем. Этот порог может быть установлен в течение заданного периода времени или с определенного времени, определяемого оператором радара.

Аварийный сигнал скорости срабатывает, когда скорость движения участка борта к радару или от него превышает пороговые значения. Этот параметр может быть установлен с использованием метрических единиц и измеряется в днях или часах.

Аварийный сигнал фактора скорости срабатывает, когда скорость превысит заданное предельное значение.

Аварийные сигналы обратной скорости могут быть установлены, когда борт начинает ускоряться. По мере увеличения скорости к бесконечности, обратная скорость приближается к нулю.

Аварийный сигнал когерентности представляет собой сигнал тревоги на поздней стадии, который может использоваться для предупреждения пользователя о том, что на наблюдаемом объекте происходят значительные изменения. Этот тип аварийного сигнала может предоставлять уведомление о фактическом начале обрушения.

Аварийный сигнал отслеживания используется для областей, которые имеют очень высокую скорость. Этот сигнал может предупредить пользователя, когда радар достигает свой физический предел возможности отслеживания деформации (8 мм/скан).

Выводы

- Система продемонстрировала оптимальную производительность в период наблюдений.
- Определены положение и размеры нестабильных областей, которые показали переходные и затухающие тренды деформации.
- За период мониторинга переходные/линейные тренды деформации наблюдались в областях A1 и A2 в верхней части в районе отвала.
- Сочетание затухающих и слабых линейных трендов деформации наблюдались в области A3, расположенной в средней части зоны сканирования.
- На конец периода отсутствуют признаки постоянно прогрессирующего деформационного процесса, который бы мог привести к обрушению.
- Рекомендуются использовать конфигурацию аварийных сигналов и специальные пороговые значения деформации и скорости для каждого из процессов локальной деформации, которые были идентифицированы в период демонстрации оборудования.

1. Мониторинг устойчивости бортов SSR XT. Отчет по анализу деформации. 2018 06 25 SSR336_Slope monitoring campaign report_RUS. - 10 с.
2. Макаров А.Б., Ананин А.И., Спирин В.И. Радарный мониторинг устойчивости бортов карьеров. «Шаги в будущее: новые исследования в области добычи и переработки цветных металлов и проектирования». сб. науч. тр./ ВНИИцветмет.- Усть- Каменогорск, 2018. - 134 с.
3. Guidelines for open pit slope design. Editors: John Read, Peter Stacey – CSIRO Publishing, 2009 (издано на русском языке: Руководство по проектированию бортов карьеров. Под редакцией Дж. Рид, П. Стейси, А. Макаров - Правовед, Полиметалл, 2015).
4. Antonello, G, Casagli, N, Farina, P, Leva, D, Nico, G, Sieber, AJ & Tarchi, D 2004, «Ground based SAR interferometry for monitoring mass movements», Landslides, vol. 1, no. 1, pp. 21-28.
5. L Leoni., N Coli., P Farina., F Coppi., A Michelini., TA Costa., TAV Costa., F Costa, FMGM 2015 – PM Dight (ed.) © 2015 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-0-9924810-2-5.