

УДК 550.8.053; 004.855.5

СОЗДАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА PERMOFROSTPRO  
ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

А.А. Щербакова, студентка гр. МРГ-22, 2 курс магистратуры (МГРИ);

А.А. Сарыбаева, студентка гр. ИДБ-19-06, 4 курс (МГТУ Станкин)

Пономарева Ольга Евгеньевна, к.г.-м.н., доцент кафедры инженерной геологии МГРИ

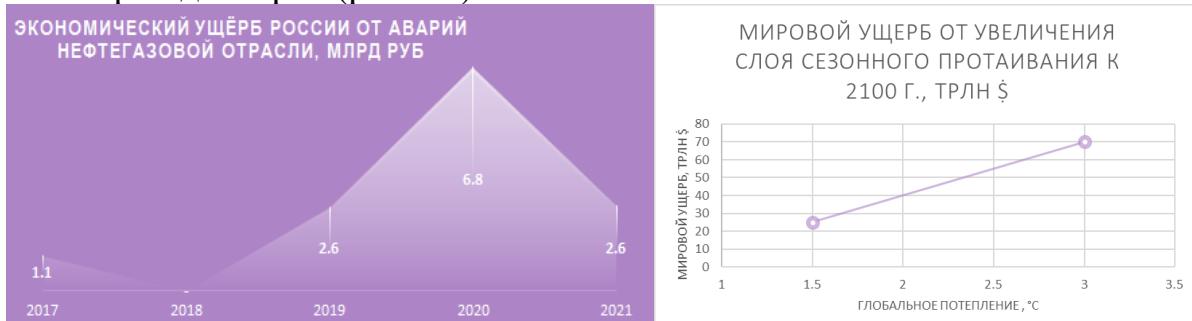
ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет  
имени Серго Орджоникидзе»(МГРИ)

г. Москва

**Аннотация:** Работа выполнялась в рамках студенческого трека ИТ- чемпионата нефтегазовой отрасли по теме: «Формирование интегративной локальной системы комплексного мониторинга многолетнемерзлых грунтов в субъекте Арктической зоны РФ». В результате исследования была посчитана математическая модель и написано приложение для визуализации результата. Полученное решение позволяет внедрить результаты мониторинга в компании топливно-энергетического комплекса, оперирующих в рассматриваемом регионе.

**Ключевые слова:** геокриологический мониторинг, машинное обучение, сезонно-talый слой, многолетнемерзлые породы, градиентный бустинг

Территория России на 70% состоит из многолетнемерзлых пород. Здания и сооружения, построенные в суровых условиях, не справляются с последствиями глобального потепления. Это несёт за собой убытки, в том числе, в нефтегазовом секторе. Сейчас в России ущерб от аварий в нефтегазовой отрасли [2] составляет от 1 млрд рублей в год (рис. 1а). К 2100 году по прогнозам экспертов[1, 3] мировой ущерб от увеличения слоя сезонного протаивания составит от 25 трлн долларов (рис. 1б)



а)

б)

Рис. 1 Экономический ущерб. а) текущий ущерб от нефтегазовой отрасли, б) прогнозный мировой ущерб к 2100 году

Перед авторами была поставлена задача создания приложения для анализа геокриологического мониторинга, с целью минимизации риска техногенных катастроф.

Работа стала продолжением научно-исследовательской работы, выполненной в рамках написания выпускной квалификационной работы одного из авторов. [4]

В работе была предпринята попытка выявить зависимости для моделирования участков, на которых многолетнемерзлые породы (ММП) подвержены образованию мерзлоты несливающегося типа. Для этого были изучены исследования по Надымскому геокриологическому стационару с 1970х годов и сделан вывод о непосредственном влиянии на состояние мерзлоты 4 факторов:

1. снежного покрова, превышающего некую критическую величину,
2. слоя торфа меньше 50 см,
3. наличия надмерзлотного водоносного горизонта, отепляющего деятельный слой
4. ландшафта

Эта взаимосвязь показана на рисунке 2

Математическая модель прогноза состояния многолетнемерзлых пород Тюменской области

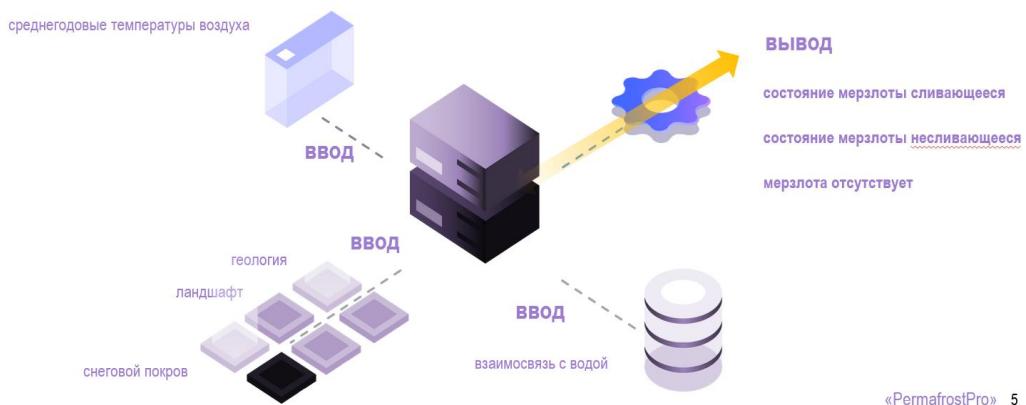


Рис.2. Математическая модель прогноза состояния ММП

На начальном этапе была сформирована гипотеза вида данных после цифровизации массива мерзлотных исследований. На основе гипотезы сгенерированы данные и предобучена математическая модель методом градиентного бустинга, которая по результатам обработки данных определяет состояние мерзлоты в грунтах. Результат показан на рисунке 3.

	df					
	снежный покров см	торф	взаимосвязь с водой	температура воздуха	ландшафт	результат
0	24.0	75	да	9.75	болото	0
1	56.0	179	нет	-8.21333	бугор пучения	2
2	65.0	23	нет	1.353333	торфяник	0
3	299.0	75	нет	-1.14833	торфяник	1
4	90.0	50	да	8.61	озеро	0
...	...	...	...	...	...	...
21004	311.0	76.75	да	-6.73	озеро	0
21005	29.0	179	нет	-6.32	лес	2
21006	175.0	49	нет	-0.52833	бугор пучения	1
21007	70.0	30	да	0	озеро	0
21008	111.0	67	нет	-0.20833	торфяник	1

21009 rows × 6 columns

Рис.3. Демонстрация работы предобученной модели  
Результат интерпретируется в соответствии с таблицей:

Табл. Интерпретация данных

0	нет мерзлоты
1	несливающаяся мерзлота
2	сливающаяся мерзлота

Преимуществом системы является выявление фактора, больше всего влияющего на модель. Из рисунка 4 видно, что таким фактором оказался торф.

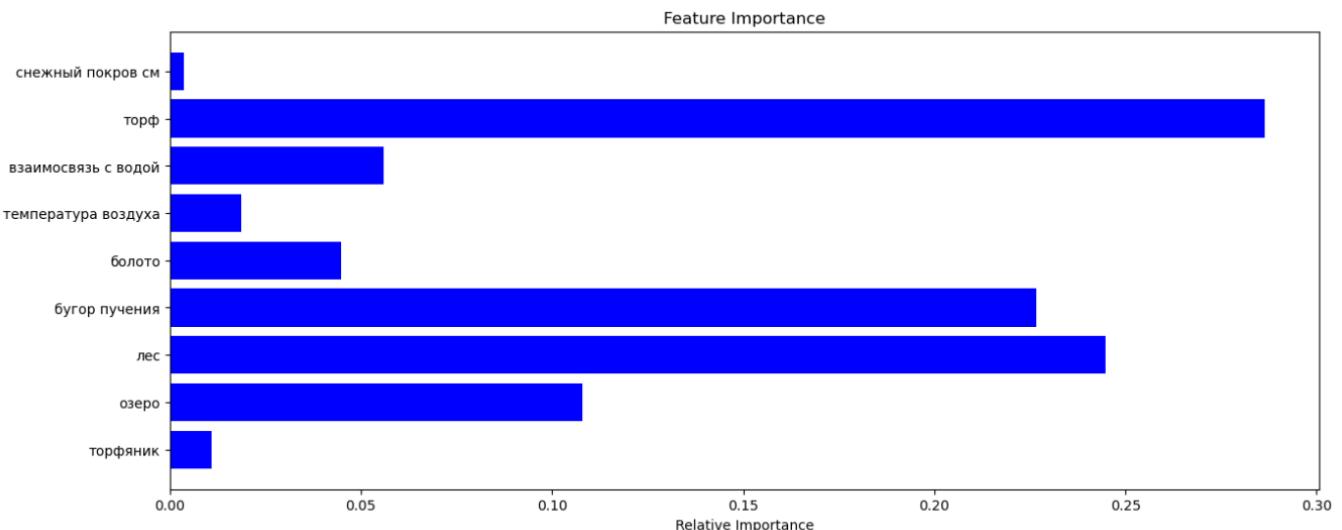


Рис.4. Зависимости факторов на результат обучения модели

Было разработано веб-приложение, использующее предобученную бустинговую модель. Это приложение предсказывает тип мерзлоты (сливающаяся, несливающаяся или отсутствующая) для заданной географической координаты на основе характеристик. Кроме того, каждая обработанная пространственная координата отображается на карте определенным цветом, соответствующим типу мерзлоты. (рис.5).

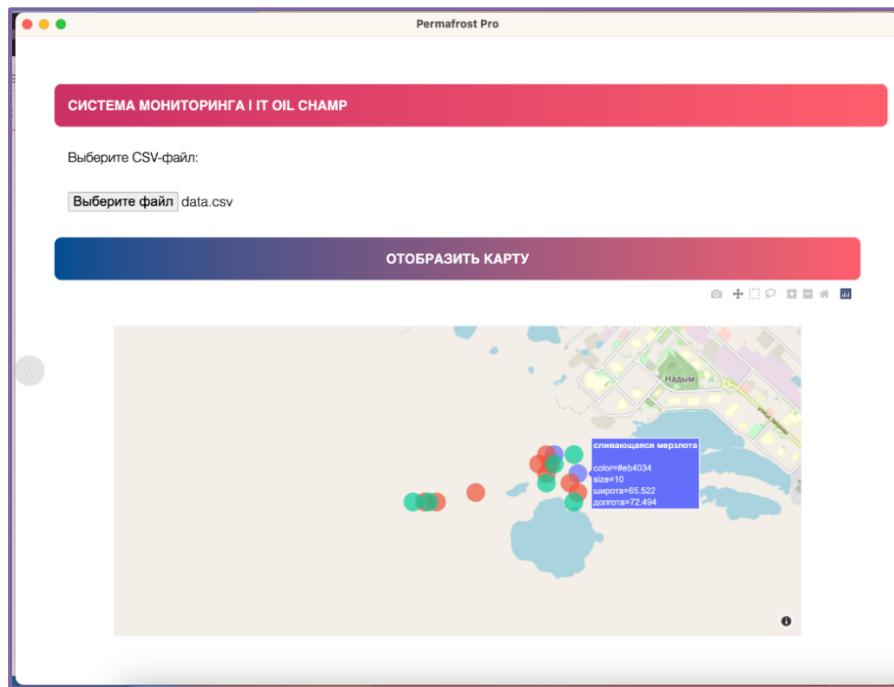


Рис.5 Внешний вид приложения

Для построения бустинговой модели использовался алгоритм XGBoost, а разработка проводилась с использованием языка программирования Python в среде Jupyter Notebook. Веб-интерфейс был реализован с помощью языка программирования Python и библиотеки Eel, которая обеспечивает интеграцию с JavaScript. Для графической визуализации данных были использованы библиотеки Matplotlib и Plotly. Для привязки данных к пространственным координатам была использована библиотека Geopy.

Таким образом было создано веб-приложение, которое работает на основе метода машинного обучения.

Технология имеет недостатки и преимущества.

Недостатки заключаются в том, что

1. данные необходимо приводить к единому виду;
2. технология тестировалась на сгенерированных данных;
3. для внедрения технологии машинного обучения необходим большой массив данных;
4. для грамотной визуализации информации должна быть использована современная ландшафтная карта-основа.

Преимущества заключаются, в том, что

1. Открываются новые возможности для предотвращения техногенных аварий;
2. Экономический ущерб от нефтегазовой отрасли станет меньше;
3. Такая архитектура приложения объединяет преимущества предобученной модели и удобство веб-интерфейса, позволяя пользователям получать предсказания по типу мерзлоты для выбранных географических координат и визуализировать результаты на карте;
4. Технологию можно распространять на другие регионы.

Выражается благодарность Анастасии Григорьевой и Даниилу Шерки, за вклад в развитие проекта и совместную разработку прототипа.

Список литературы:

1. Интернет-источник: URL: <https://goarctic.ru/news/ushcherb-ot-potepleniya-v-arktike/?ysclid=ln9dk2cjs1588579797> (дата обращения: 30.11.2023)
2. Интернет-источник: URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2022-god/index.php> (дата обращения: 30.11.2023)
3. Капитонова Т.А., Стручкова Г.П., Тарская Л.Е., Ефремов П.В. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА ТРУБОПРОВОДОВ, ПРОЛОЖЕННЫХ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5-5. – С. 954-958; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34025> (дата обращения: 30.11.2023)
4. Щербакова А.А. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД НАДЫМСКОГО ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА В ЯНАО. 2022. 49 с.