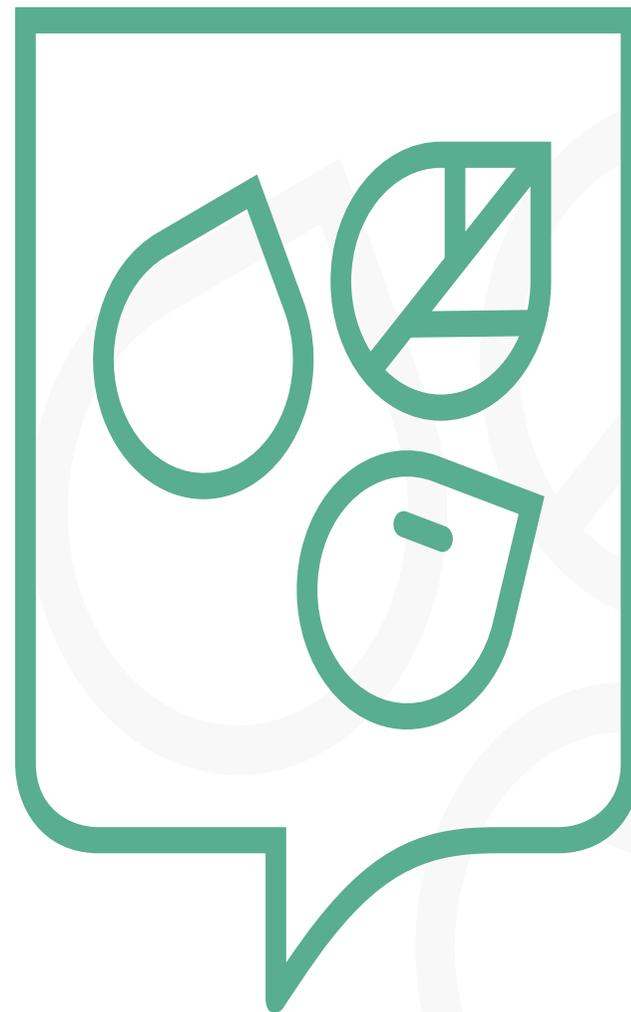


УСТРОЙСТВО СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОПОЛЗНЕВОЙ АКТИВНОСТИ НА ВОРОБЬЕВЫХ ГОРАХ В ГОРОДЕ МОСКВЕ

**Авторы: Батурин В. И.
ГПБУ «Мосэкомониторинг»**

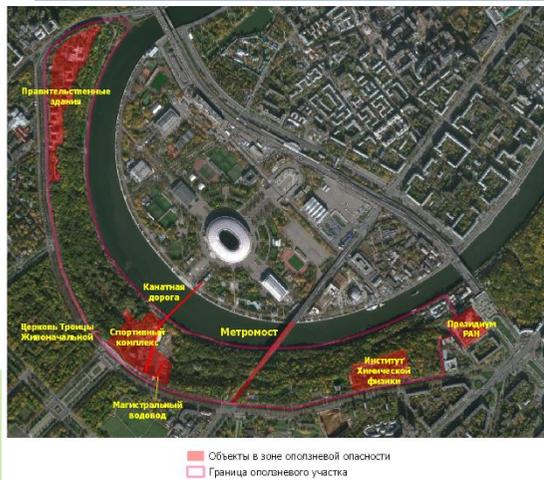




... земля покрылась трещинами до самой реки. Огромный пласт берега, вместе с пристанью и рестораном, высадило в реку. Вода в ней вскипела, взметнулась, и на противоположный берег, зелёный и низменный, выплеснуло речной трамвай с совершенно невредимыми людьми...

Михаил Булгаков - «Мастер и Маргарита»
(глава 31 «На Воробьёвых горах»)

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧАСТКА



Активизация оползня вследствие искусственного оснежения на горнолыжных трассах СК «Воробьевы Горы»



РАСПОЛОЖЕНИЕ

Правый берег Москвы-реки вдоль ул. Косыгина от устья р. Сетунь до Андреевского монастыря ООПТ Природный заказник «Воробьевы Горы»

4,5 км Протяженность участка

300 м Средняя ширина

100 м Максимальная глубина оползневых смещений

30 000 000 м³ Объем оползневых грунтов

7-8 мм/год (до 18 см в год на отдельных участках) Скорость развития оползневых смещений, фиксируются поверхностные проявления оползневого процесса

ОПОЛЗНЕВОЙ УЧАСТОК ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ –

самый крупный, сложный и опасный участок развития оползневой активности в Москве

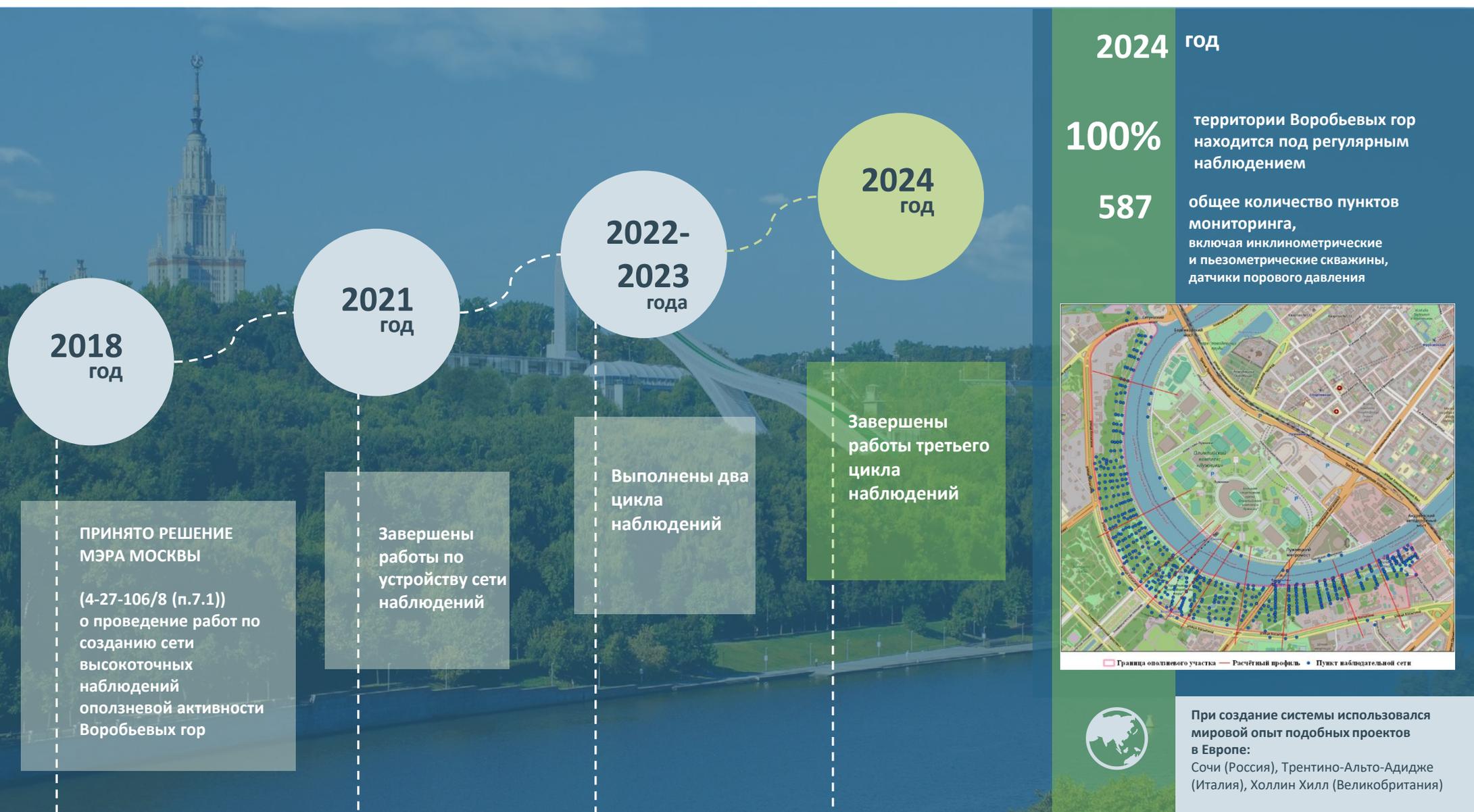
ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

Сложные природные и техногенные условия развития оползневого процесса:

- Смещения в приповерхностной зоне (до 15-20 м)
- Глубинные смещения (до 100 м)
- Ведение хозяйственной деятельности
- Техногенные нагрузки и воздействия
- Сложные гидрогеологические условия

В зоне оползневой опасности находятся: Метромост, Канатная дорога, Рублевский водовод, Храм Живоначальной Троицы, Институт химической физики и Президиум РАН, правительственные здания

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ



СТРУКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

ОСНОВНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ:

01

Мониторинг
поверхностных
смещений

- Применяется **ВЫСОКОТОЧНОЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ** геодезическое оборудование, позволяющее минимизировать погрешность полевых измерений;
- Автоматизирован процесс обработки полевых измерений;
- Графическое представление результатов измерений позволяет визуально определять наиболее опасные участки деформации;
- **527** грунтовых реперов ;
- Минимальная погрешность измерений позволяет выявлять деформации склона на ранних стадиях

02

Мониторинг
глубинных
деформаций

- Высокоточное геотехническое оборудование позволяет регистрировать смещения с точностью до 1 мм;
- **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ** позволяет заблаговременно выявить признаки активизации глубокого оползня;
- Измерения выполняются в 24 инклинометрических скважинах глубиной от 51 м вблизи набережной до 112 м в верхней части склона

03

Мониторинг
грунтовых вод
и порового давления

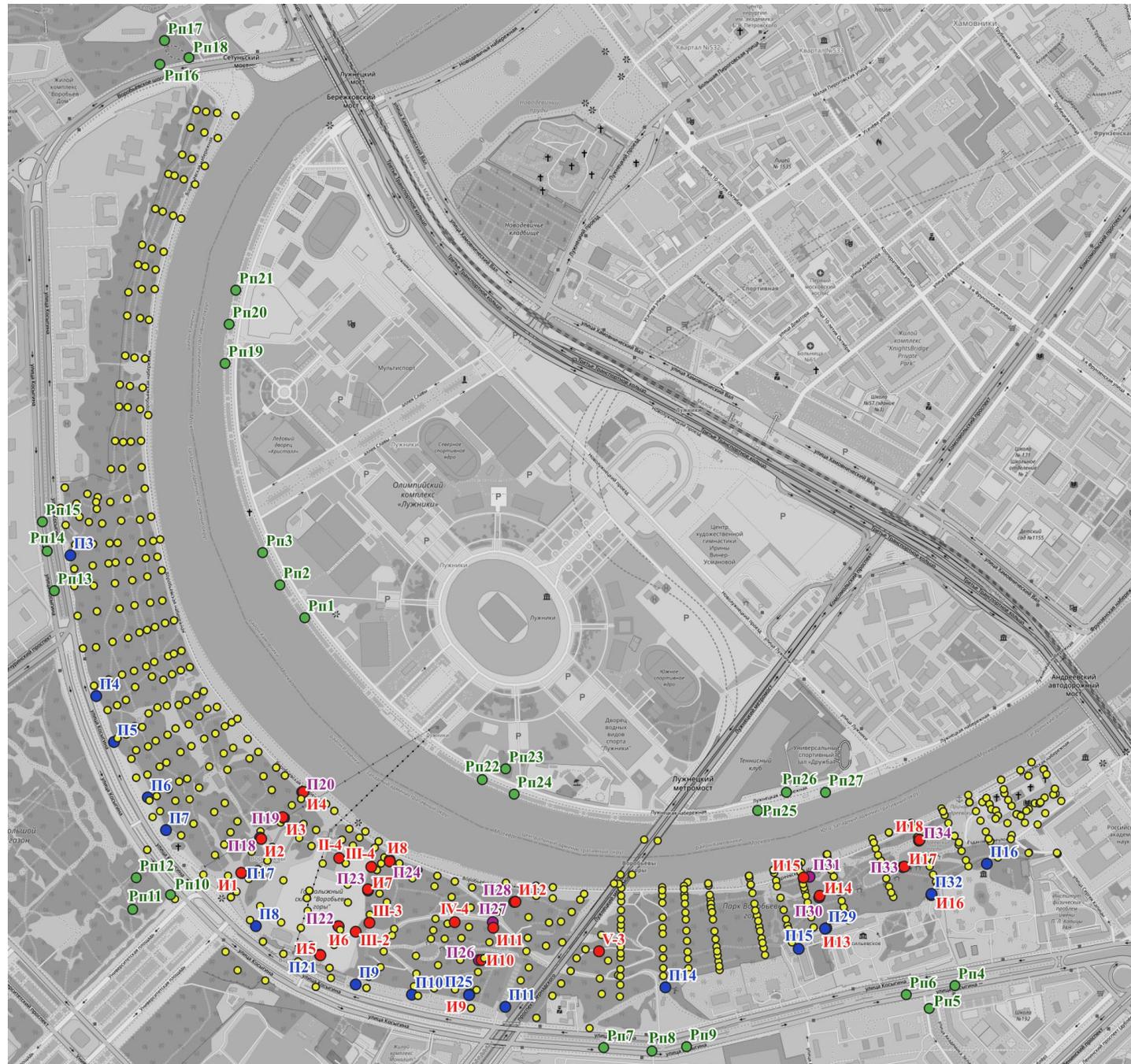
- **30** автоматизированных гидрогеологических наблюдательных скважин, из которых 12 оборудованы датчиками напряженности грунтов (датчики порового давления)
- Отслеживание снижения оползневой устойчивости, вследствие избыточного переувлажнения оползневой массы
- Позволяет на начальной стадии выявить изменения состояния склона, предшествующее началу смещения оползня.

04

Геотехническое
моделирование

- **10** высокодетализированных двумерных расчетных моделей по характерным профилям
- Единая трехмерная модель всего склона
- Оперативный модельный расчет допустимых динамических и статических нагрузок на различные участки склона

План расположения пунктов мониторинга



01

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ СМЕЩЕНИЙ

ВИЗУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ

Визуальный мониторинг является первичным источником информации о наличии и активности геологических процессов

По результатам визуального мониторинга принимается решение о необходимости **проведения инструментальных наблюдений** на участке

Периодичность проведения визуального мониторинга определяется в зависимости от **активности процесса и возможного ущерба** от его активизации



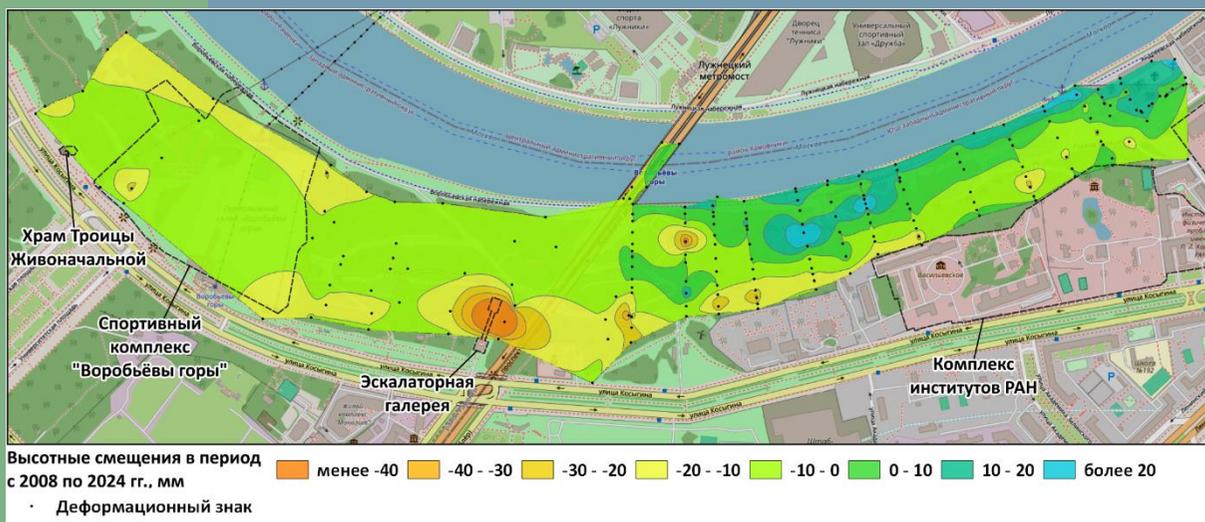
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

РЕЗУЛЬТАТЫ

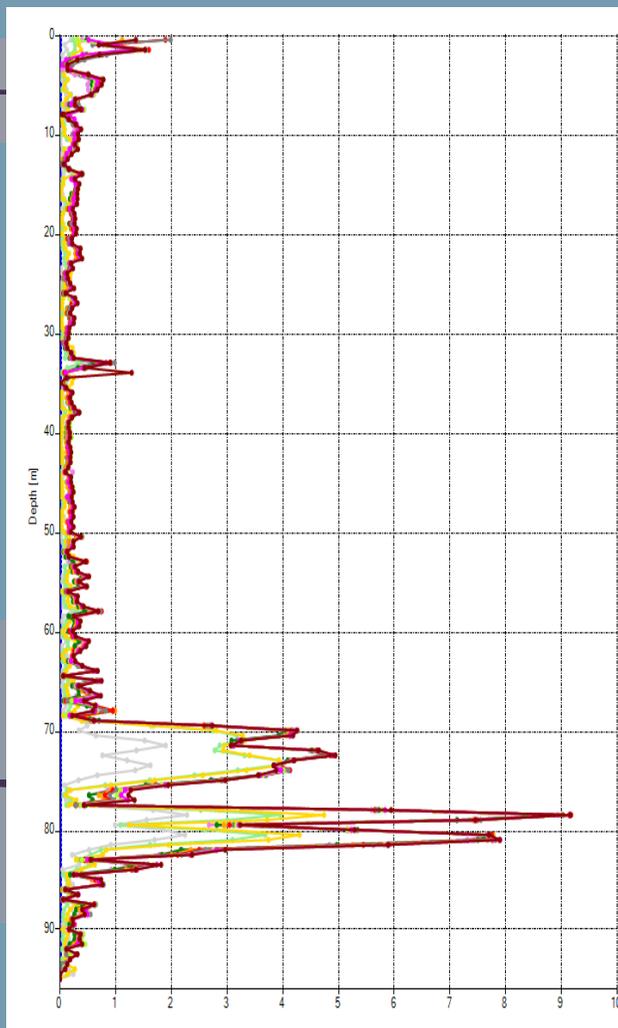
Смещения грунтов в приповерхностной зоне в 2024 году составили **до 22 мм в плане и 14 мм по высоте**. Среднее плановое смещение грунтовых реперов около 6 мм за год. Среднее вертикальное смещение грунтовых реперов в пределах погрешности

Скорости приповерхностных деформаций **соответствуют среднегодовым значениям**

Выделяется участок повышенных многолетних скоростей смещений - территория между СК «Воробьевы горы» с метромостом, включая, участок эскалаторной галереи



Смещения грунтов
в приповерхностной зоне



Интервал
залегания
юрских глин

Глубинные смещения
в уровнях залегания
юрских глин

02

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГЛУБИННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ РЕЗУЛЬТАТЫ

Максимальные грунтовые смещения составили 9,3 мм за 3 года и наблюдались на уровне юрских глин (в интервале 68-83м в верхней части склона).

В соответствии с классификацией оползневой активности зарегистрированные скорости глубинных деформаций относятся к **экстремально медленным** (СП 420.1325800.2018)

Среднее смещение в грунтовом массиве за период наблюдения с июля 2022 составило 0,4 мм

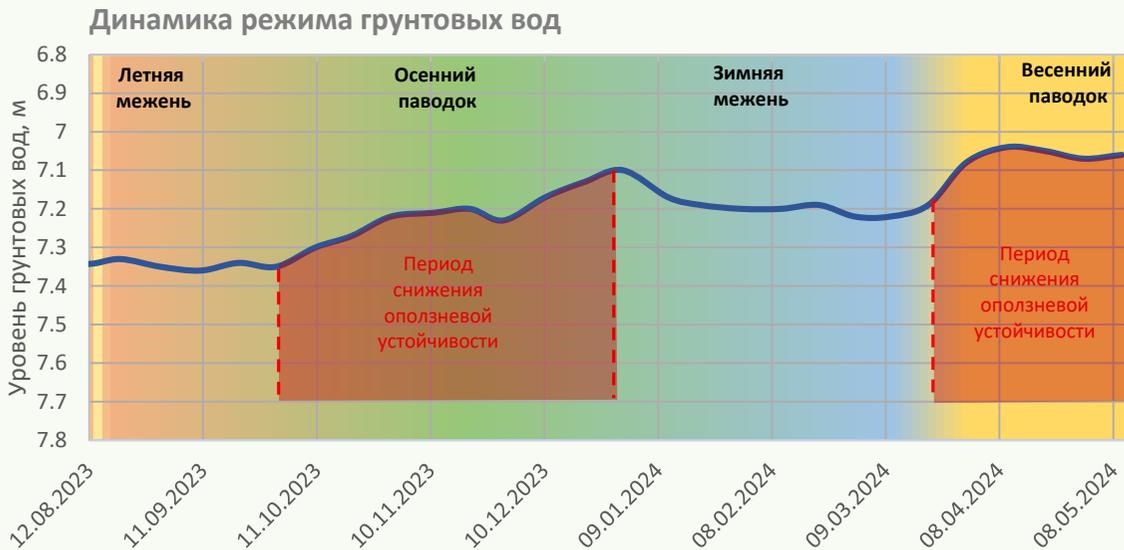
Средняя скорость смещение в грунтовом массиве за последний год составила 0,2 мм/год

Наибольшая скорость смещения в грунтовом массиве за последний год составила 1,9 мм/год

03

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГРУНТОВЫХ ВОД И ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ



Синхронные изменения напряженности грунтов (порового давления) и уровня грунтовых вод



Снижение оползневой устойчивости вследствие избыточного переувлажнения склона **приходится на период с максимальными уровнями грунтовых вод (преимущественно с февраля по июнь)**

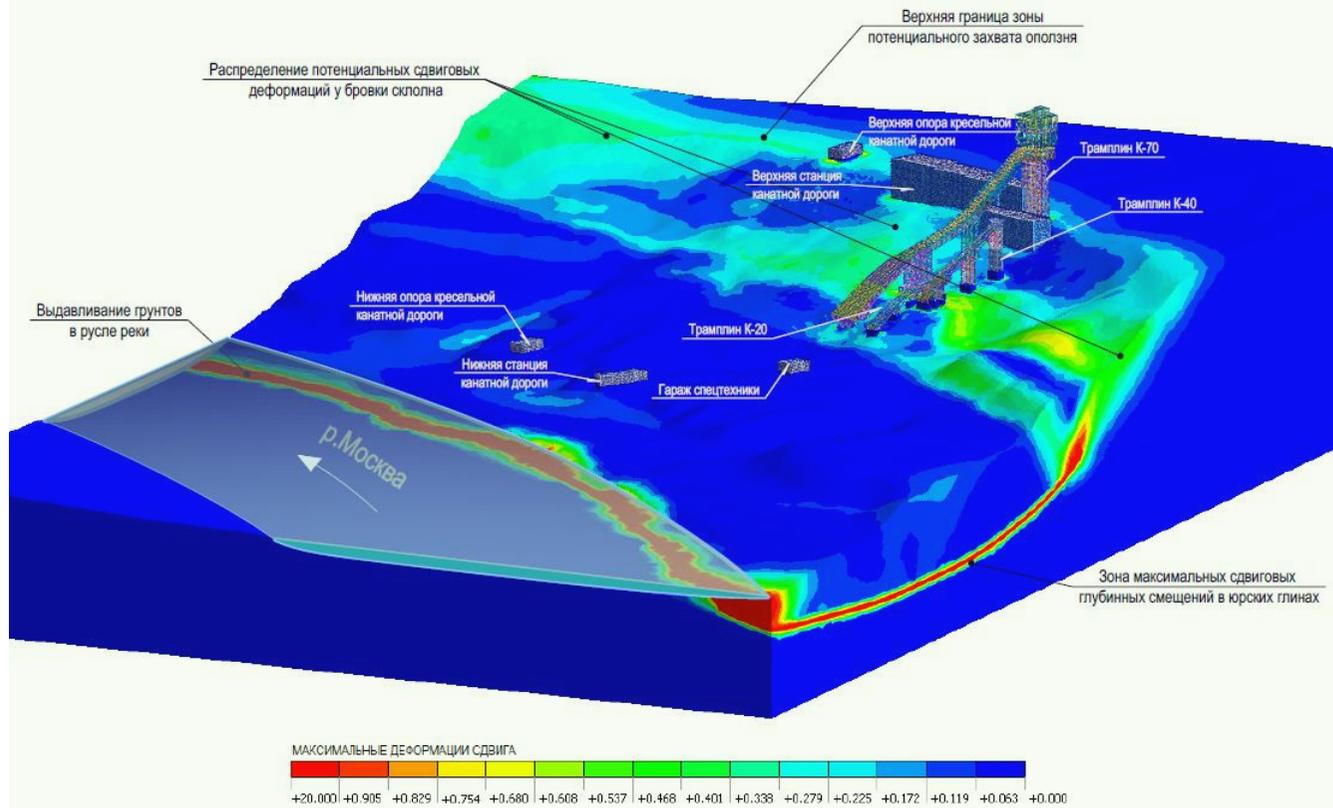
Стабилизация датчиков порового давления позволила осуществлять непрерывный мониторинг резких скачков порового давления, предшествующих началу смещения оползня

Уровень грунтовых вод напрямую зависит от количества осадков

04

ПОДСИСТЕМА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ОБЛАСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ГРУНТАХ



РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчетная **глубина захвата** оползня достигает 100 м

Продолжается верификация модели по данным поступающих наблюдений

Расчётный запас устойчивости **склона разных участков** составляет от **1 до 22%**

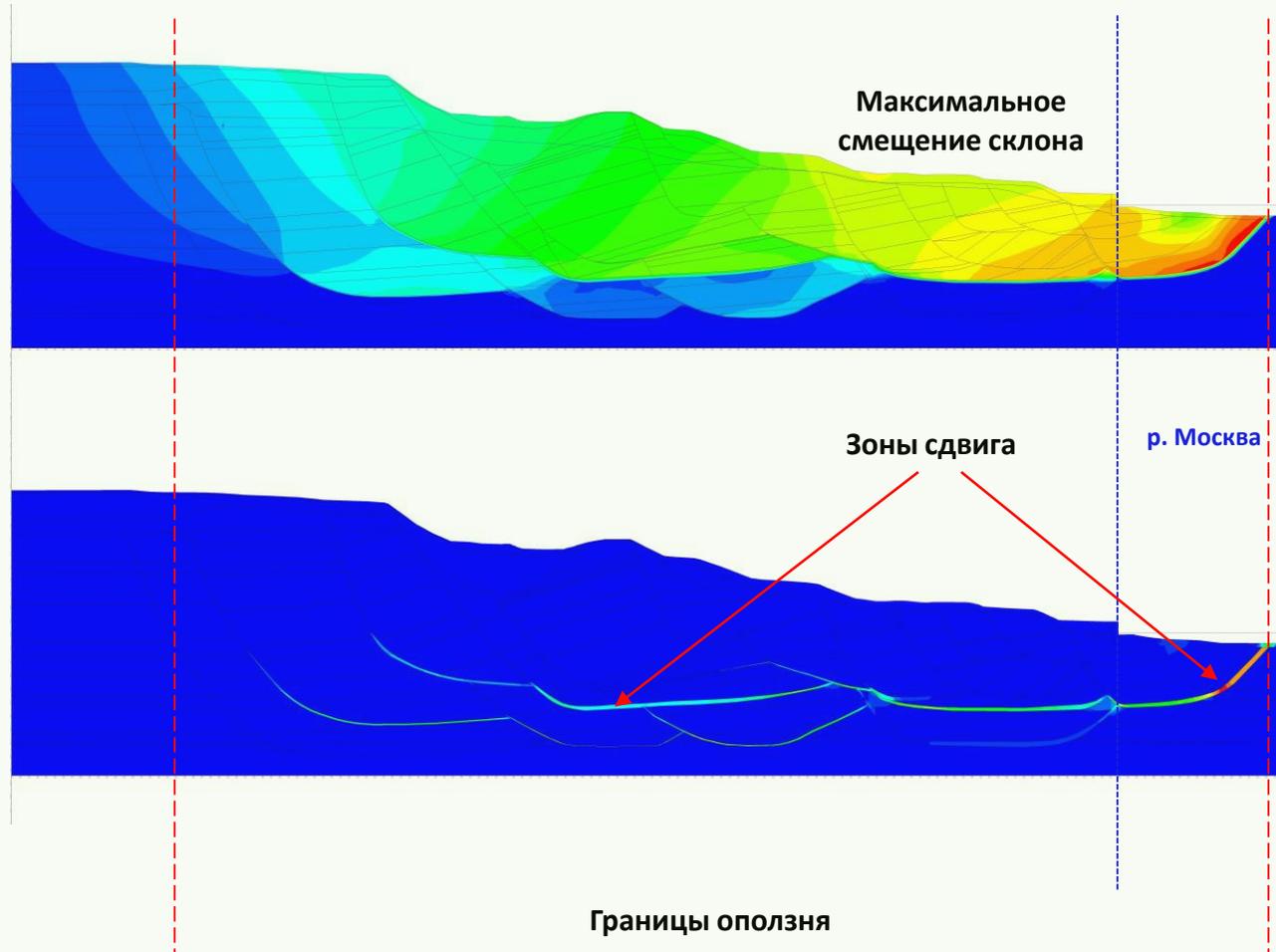
* - В соответствии с СП 116.13330.2012 нормативный запас устойчивости такого склона, при наличии сооружений повышенного уровня ответственности, должен составлять **не менее 39%**

04

ПОДСИСТЕМА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

РЕЗУЛЬТАТЫ

ОБЛАСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В ГРУНТАХ



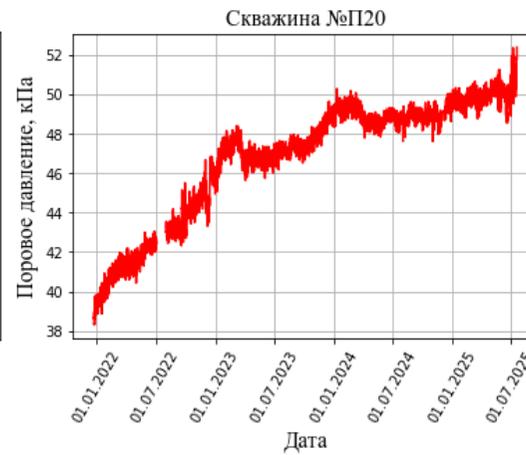
По результатам расчета коэффициента устойчивости склона, **большая часть склона характеризуется пониженной оползневой устойчивостью**

Отдельные участки находятся в состоянии, близком к **динамическому равновесию**

Наименее устойчивыми являются участки склона в районе центра Химической физики РАН и участком между строительной площадкой спортивного комплекса и метрополитеном

Имеющиеся геотехнические модели могут быть использованы для предварительных расчетов допустимых нагрузок на склон и разработки противооползневых мероприятий

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОСТУПАЮЩИХ ДАННЫХ И ПЕРВЫЕ ВЫВОДЫ



Устойчивость склона в целом остается на характерных уровнях

На участках склона вблизи эскалаторной галереи и института Химической физики им. Н.Н. Семенова фиксируются признаки изменения состояния склона, свидетельствующие **о локальном снижении его устойчивости** за время ведения мониторинга:

- **Снижение эффективного напряжения** в массиве грунтов составляет около 1%
- Автоматическими инклинометрами регистрируется **замедление скорости глубинных смещений** в течении 2025 года
- Данные участки предварительно были выделены как **наименее устойчивые** по результатам геотехнических расчетов

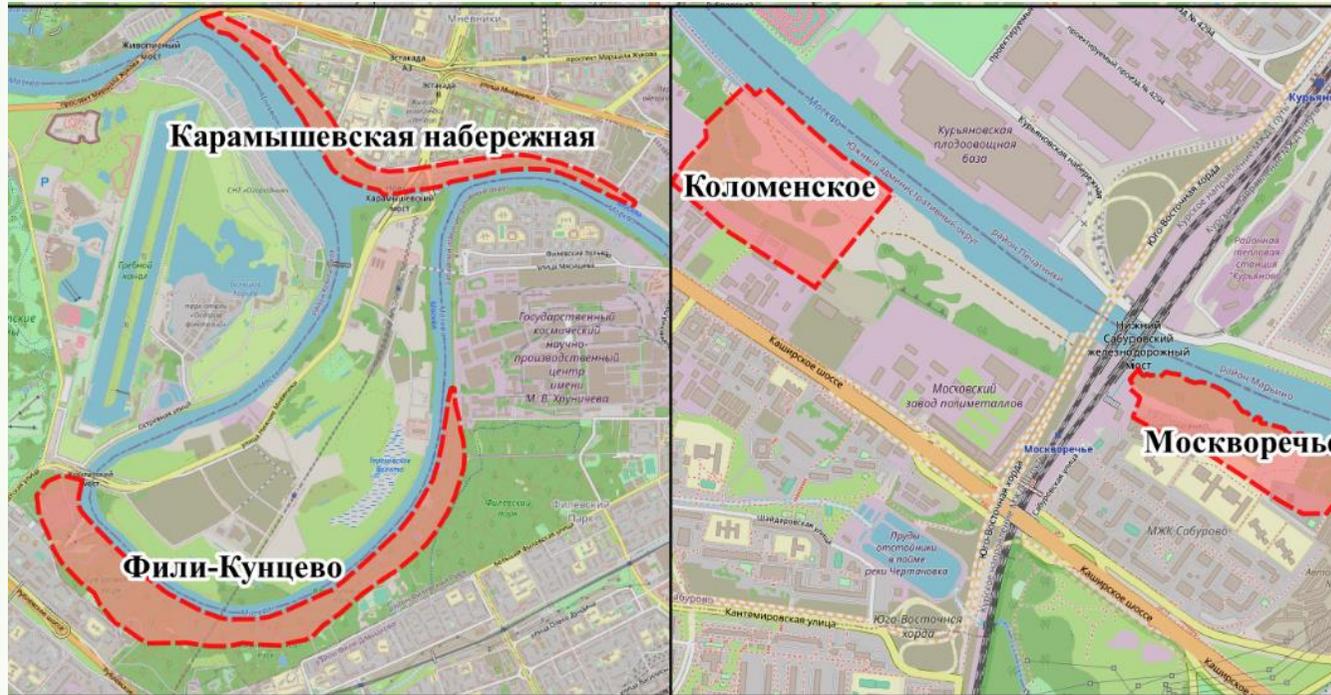
Ввиду **низких величин** наблюдаемых деформаций и малой продолжительности наблюдений делается вывод о **необходимости продолжения наблюдений** для принятия решений по проведению противооползневых мероприятий

ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ МЕДЛЕННОЕ РАЗВИТИЕ ГЛУБИННОГО ОПОЛЗНЯ, ТРЕБУЮЩЕГО ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО УСИЛЕНИЮ СКЛОНА В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ОТСУТСТВУЕТ

ДРУГИЕ ОПОЛЗНЕВЫЕ УЧАСТКИ

4 активных оползневых участка



Подготовлены проекты развития сетей мониторинга на других оползневых участках в городе Москве

КОЛОМЕНСКОЕ

- Площадь 16 Га, глубина захвата до 40 м,
- Оползневые деформации существующей застройки
- Бирюлевская ветка метро пройдет прямо под телом оползня

ФИЛИ-КУНЦЕВО

- Площадь 88 Га, глубина захвата до 65 м,
- БКЛ метро под телом оползня
- Усадьба Нарышкиных в зоне влияния

КАРАМЫШЕВСКАЯ НАБЕРЕЖНАЯ

- Площадь 40 Га, глубина захвата до 30 м,
- БКЛ метро под телом оползня
- Храм Троицы Живоначальной (федеральный памятник), ЖК «Годуново», прочие здания и сооружения в зоне влияния

МОСКВОРЕЧЬЕ

- Площадь 8 Га, глубина захвата до 35 м,
- Трасса МЦК, Церковь Николая Мирликийского в зоне влияния

Спасибо за внимание!



Заместитель начальника управления геологического мониторинга

ГПБУ «Мосэкомониторинг»

Батурин Вячеслав Игоревич

BaturinVI@eco.mos.ru