

Геотехнические мероприятия при проектировании автодорог на закарстованных территориях

Леонтьев Григорий Владимирович
Генеральный директор ООО «ПК и БЗ»



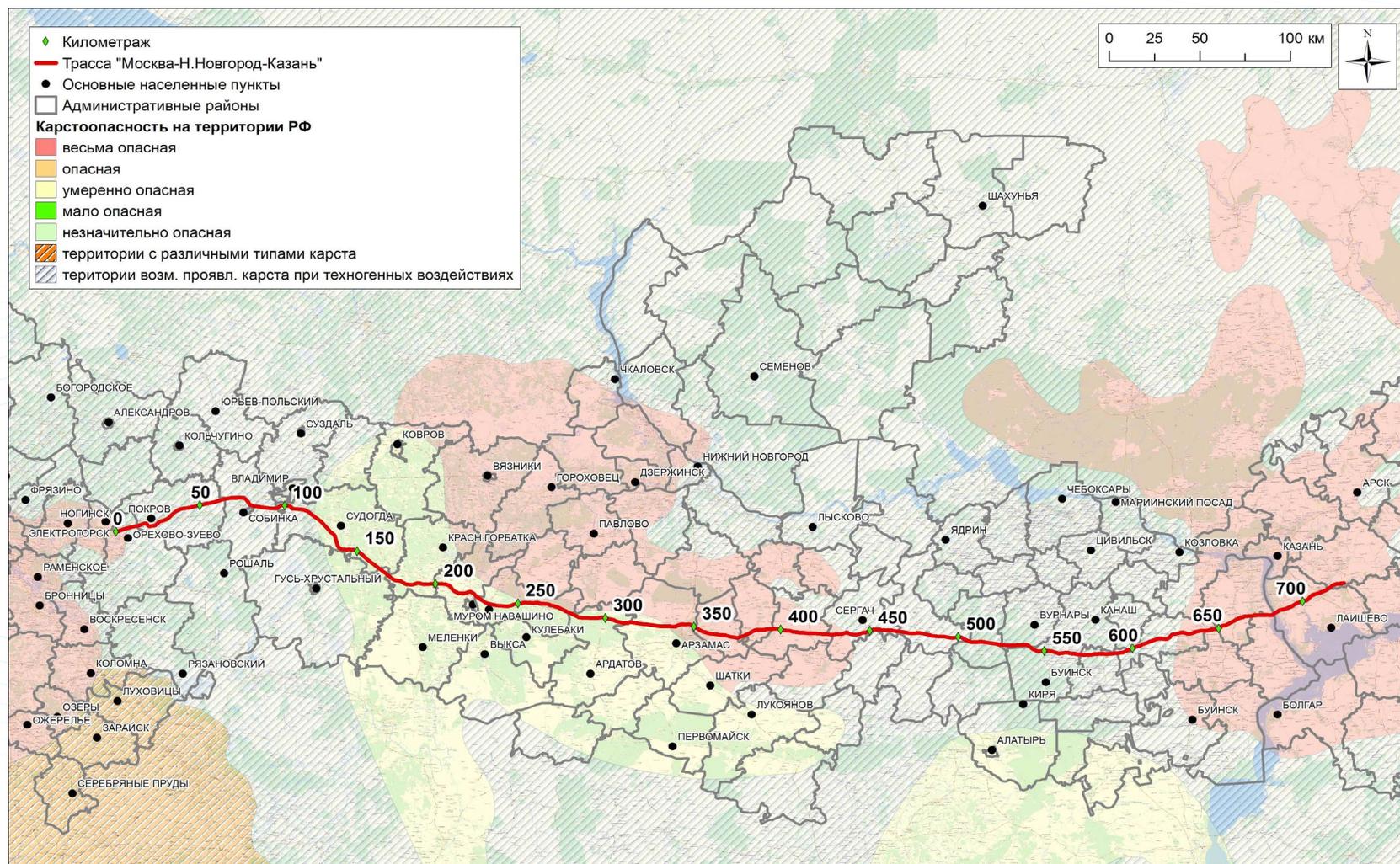
ЗАКАРСТОВАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ

Карст – процесс, связанный с растворением водой грунтов и образованием в них подземных полостей, обрушение которых ведет к образованию оседаний и провалов на поверхности земли.

Карст развит более чем на 50% территории Российской Федерации и на 20% территории представляет реальную опасность.



АВТОМАГИСТРАЛЬ М-12 «МОСКВА-КАЗАНЬ»

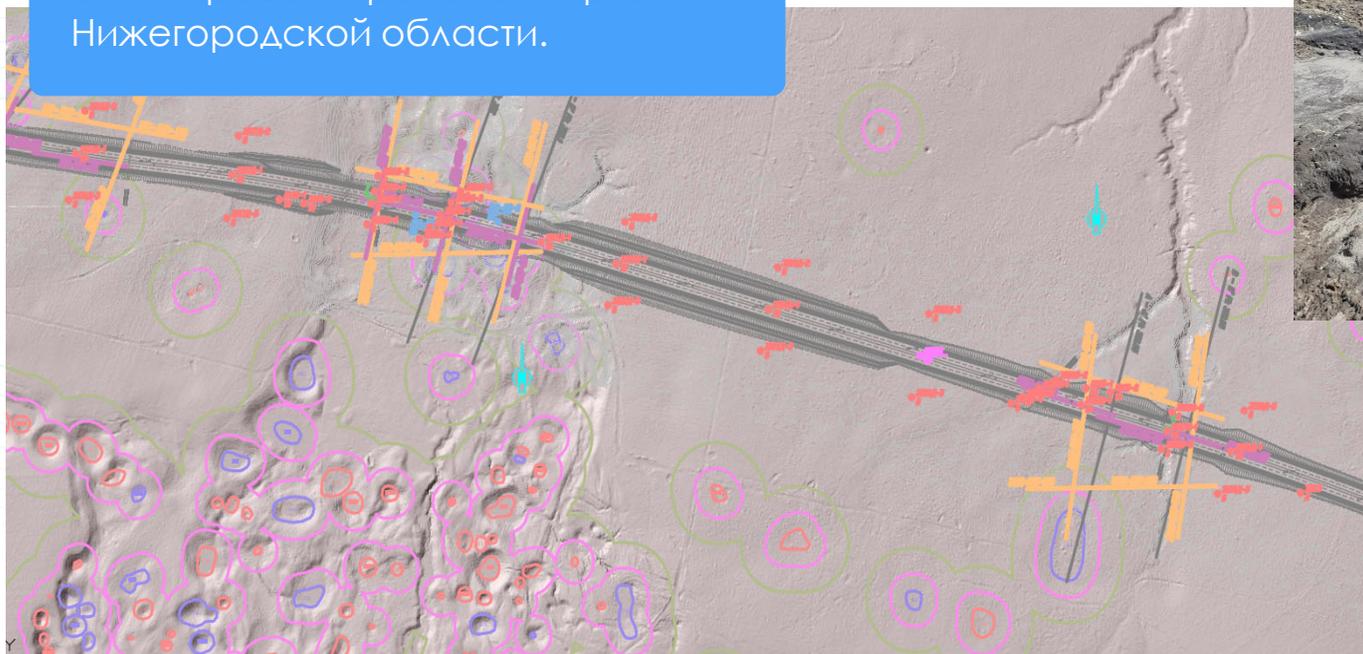


Автомобильная магистраль М-12 «Москва-Казань» на половине своего пути пересекает территории развития карста.

На участках общей протяженностью более 200 км, вблизи оси трассы развиты карстовые воронки и свежие карстовые провалы.

АВТОМАГИСТРАЛЬ М-12 «МОСКВА-КАЗАНЬ»

На участках общей протяженностью более 200 км, вблизи оси трассы развиты карстовые воронки и свежие карстовые провалы. Особенно интенсивно воронки развиты на 5 этапе трассы в районе г. Арзамас Нижегородской области.



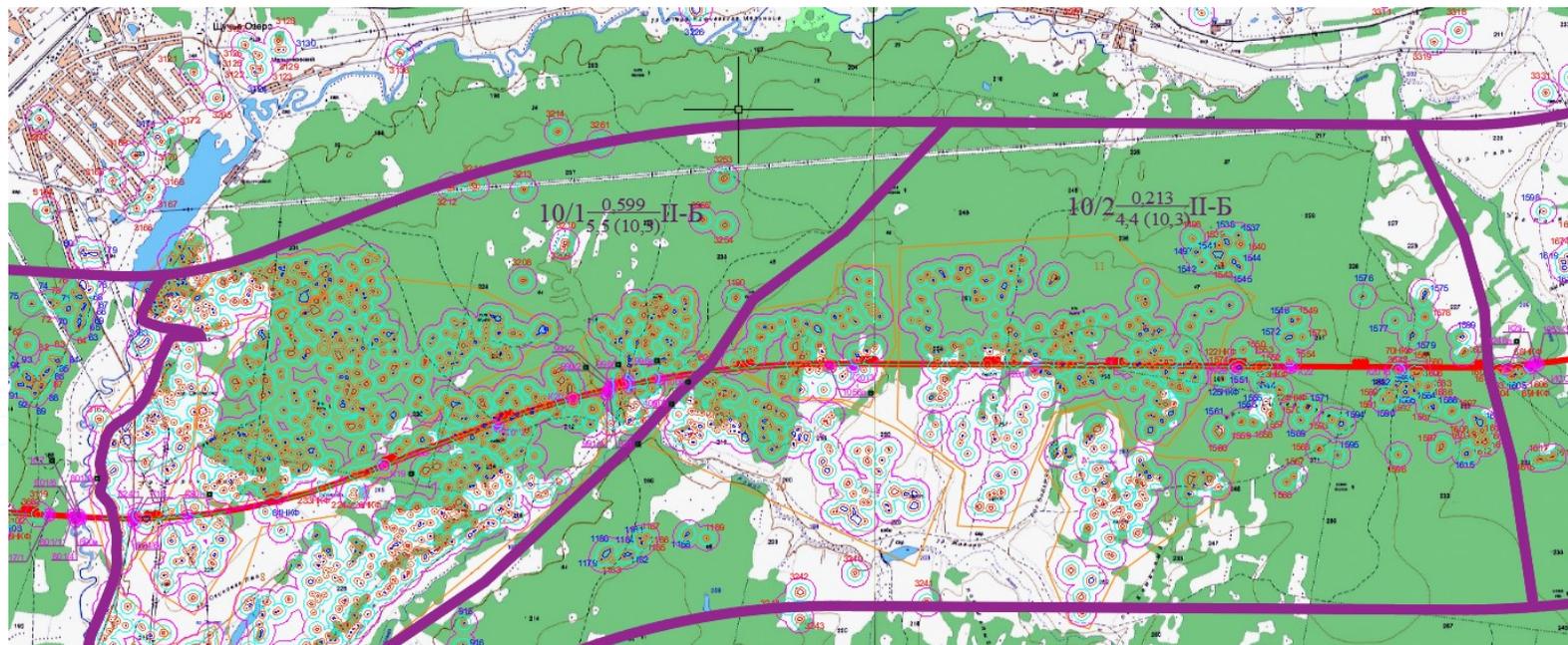
В ходе строительных работ происходит активизация карста. Образовались свежие провалы непосредственно на участках строительства земляного полотна.

АВТОМАГИСТРАЛЬ М-12 «КАЗАНЬ-ЕКАТЕРИНБУРГ»



Автомагистраль М-12 «Казань-Екатеринбург» в Пермском крае на протяжении 60 км, при общей длине 90 км, пересекает карстоопасные участки.

АВТОМАГИСТРАЛЬ М-12 «КАЗАНЬ-ЕКАТЕРИНБУРГ»



На протяжении более 20 км (в районе пос. Щучье Озеро) трасса пересекает сплошное поле развития карстовых воронок, многие из которых попадают в полосу отвода.

Интенсивность образования новых провалов на протяжении 20 км за 100 лет составляет 20-60 штук. Столь высокие показатели негативным образом влияют на безопасность эксплуатации трассы.



КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ И ИХ УЧЕТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

На участках повышенного скопления воронок и подземных карстовых пустот карст представляет реальную опасность для строящихся и существующих дорог.

50% новых провалов формируются в местах длительно развивающихся оседаний поверхности грунта.

Однако вторые 50% случаев образования новых провалов происходят без проявления первичных симптомов в виде растянутых во времени оседаний грунта.

В обоих случаях образование провала происходит стремительно и единомоментно.

Проектирование, строительство и эксплуатация сооружений (в том числе автодорожной инфраструктуры) на территории Российской Федерации регламентируется 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», а также серией обязательных к применению сводов правил (СП).

Отправной точкой при проектировании служит **расчетный диаметр карстового провала.**

Комплекс применяемых мероприятий для защиты автодорог от карста, обеспечивающих их безопасную эксплуатацию, принципиально различен для земляного полотна и искусственных сооружений (ИССО).



ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ



ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ



Применяется принцип безусловной защиты, при этом используются следующие способы защиты:

- конструктивные – усиление фундаментов опор, применимы при диаметрах провалов, не превышающих 3-5 м;
- геотехнические – закрепление грунтов и тампонируание полостей цементными растворами, эффективны при больших провалах (5 м и более);
- сигнальные – устройство датчиков, фиксирующих деформации несущих конструкций.



ЗЕМПОЛОТНО



Принцип безусловной защиты применим для провалов, не превышающих 3 м. В остальных случаях проектирование ведется с учетом уровня риска в соответствии с 384-ФЗ. В качестве основных мер защиты и предупреждения применяются:

- конструктивные – укладка ж/б плит или геосинтетических материалов в основании и/или теле земполотна;
- геотехнические – закрепление грунтов и тампонируание полостей;
- сигнальные – устройство оптической кабельной линии сигнализации в основании или теле земполотна, отслеживающей деформации грунтов.

ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ЗЕМПОЛОТНА

Вид защиты	Ориентировочная стоимость на 1 км трассы, млн. руб.	Сроки строительства	100% гарантия защиты
Ж/б плиты (провал менее 5 м)	150-500	++++	●
Ж/б плиты (провал более 5 м)	более 500	++++	●
Геотекстиль (провал менее 3 м)	40-80	+	●
Геотекстиль (провал 3-5 м)	80-200	++	●
Геотекстиль (провал более 5 м)	200-400 и более	+++	●
Закрепление грунтов цементной инъекцией	1000-1500 и более	+++++	●
Устройство оптоволоконной сигнальной линии	от 5-10	+	-

Устройство оптоволоконной сигнальной линии следует применять в случаях, когда принятый вид защиты не обеспечивает 100% безопасность.

Выбор конкретных проектных решений и их комплексирование всегда уникально и зависит от типа дороги, инженерно-геологических условий и степени карстовой опасности.



ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ИССО

Вид защиты	Ориентировочная стоимость на 1 опору, млн. руб.	Сроки строительства	100% гарантия защиты
Закрепление грунтов цементной инъекцией с тампонируванием пустот в основании опор и под острием свай	40-100 и более	+++	●
Тампонирувание полостей в основании опор и под острием свай	10-20 и более	++	●●
Конструктивная защита фундаментов	в 2-5 раз дороже стандартных решений без защиты от карста	+	●
Устройство сигнальных датчиков на несущих конструкциях	от 0,5-1	+	-

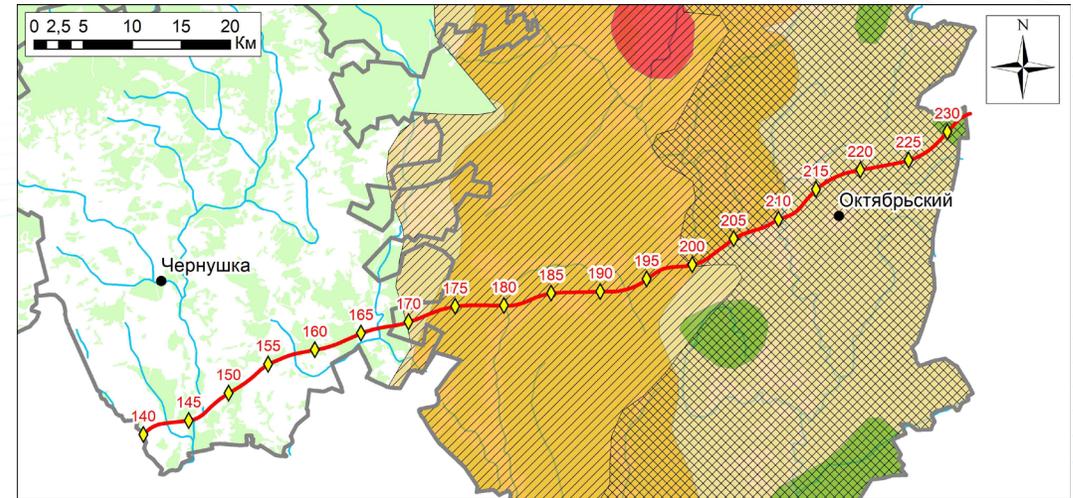
Устройство сигнальных датчиков на несущих конструкциях применяется в условиях высокой карстовой опасности (II-III категории устойчивости по федеральным нормативам).

Выбор конкретных проектных решений и их комплексирование всегда уникально и зависит от типа ИССО, фундамента, проектных нагрузок, инженерно-геологических условий и степени карстовой опасности.

ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ на примере М-12 «Казань-Екатеринбург» этап 2 Пермский край



* Ценовые показатели приведены на момент разработки проектной документации



- 17 ИССО – геотехническое закрепление грунтов
- 14 участков земполотна – тампонирувание полостей
- 40 км земполотна – укладка геосинтетических материалов
- 60 км земполотна – устройство сигнальной линии защиты



ВЫВОДЫ

Карст является одним из основных природных явлений, оказывающих существенное влияние на выбор проектно-строительных решений, обеспечивающих безопасную эксплуатацию дорожной сети согласно 384-ФЗ.

Для защиты от карста земполотна и ИССО применяются геотехнические мероприятия – тампонирование пустот и цементационное закрепление грунтов, геосинтетические материалы и/или ж/б плиты, а также сигнальные кабельные линии.

Выбор конкретных проектных решений и их комплексирование всегда уникально и зависит от типа дороги (ИССО), инженерно-геологических условий и степени карстовой опасности.

Геотехническая защита ИССО и армирование земполотна геосинтетическими материалами в условиях карста в значительной степени влияет **на увеличение сроков строительства и общей сметной стоимости** производства строительных работ.

На примере трассы М-12 «Казань-Екатеринбург» в Пермском крае применение противокарстовой защиты в разных вариациях приводит **к увеличению стоимости строительства на 5-10%**.

Карст и его развитие **следует учитывать на ранних стадиях проектирования** и обоснования инвестиций. Трассирование по участкам с минимальной карстовой опасностью может в значительной степени сократить временные и финансовые затраты на противокарстовую защиту строящихся дорог.



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

