

Особенности инженерно-геологических изысканий на закарстованных территориях

(на примере исследований в Нижегородской области)

и не только ...



М. В. Леоненко

ОАО «Противокарстовая и береговая защита»

Дзержинск

План доклада

ОАО «ПКиБЗ»

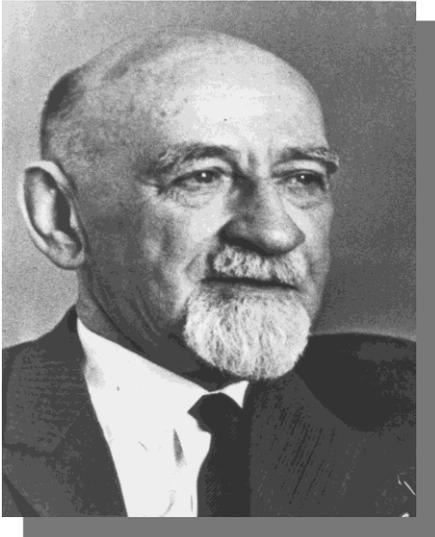
- 1. Общая характеристика карста**
- 2. Типы опасности карста**
- 3. Противокарстовые мероприятия (тип В)**
- 4. Нормативная база**
- 5. Требования заказчиков к проведенным изысканиям**
- 6. Методы оценки карстоопасности**
- 8. Стадийность карстологических исследований (заключение – отчет)**
- 9. Примеры исследований на:**
 - Саров (здание банка) 2011**
 - промкорпус фирмы «Либхер» 2008**
 - Химмаш (промкорпус) 1992**
 - Яльчик (железная дорога) 2000**
 - участок газопровода**
 - Тула (здание бюро) 2005**

**Распоряжение Совета Министров СССР №10759
о создании Дзержинской карстовой станции от 6 мая 1952 г.**

Годы	Подчинённость				
	Лаборатория гидрогеологических проблем АН СССР	ПНИИС Госстроя СССР		Госстрой России, Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству	
1952-1977	<i>Карстовая станция</i>				
1978-1991		<i>Карстовая лаборатория</i>			
1991-1993		<i>«Противокарстовая и береговая защита» Малое госпредприятие</i>			
1993-2001			<i>Государственное предприятие</i>		
2001-2004				<i>Федеральное Государственное унитарное предприятие</i>	
2005-2007				<i>ОАО (100% акций — у государства)</i>	
2007 -					<i>ОАО (частное)</i>

**Распоряжение Совета Министров СССР №10759
о создании Дзержинской карстовой станции от 6 мая 1952 г.**

Дзержинские карстovedы



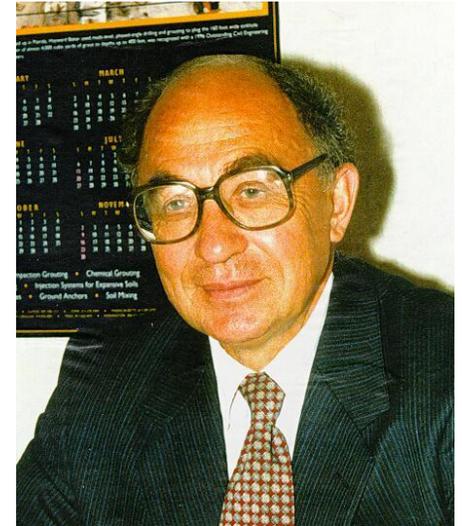
**Попов Иван
Васильевич**



**Ильин
Александр
Николаевич**



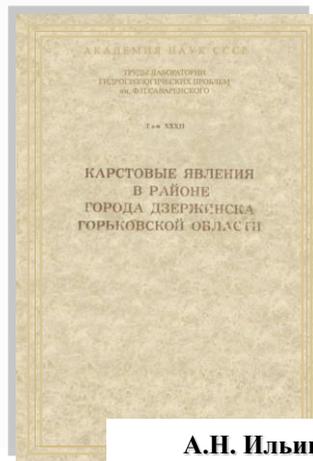
**Саваренский
Игорь
Александрович**



**Толмачев
Владимир
Викторович**



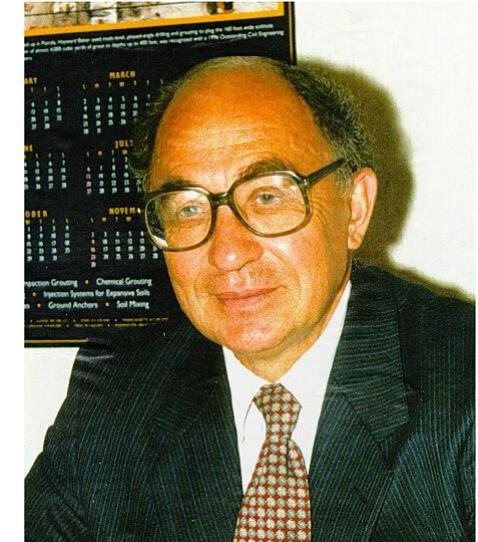
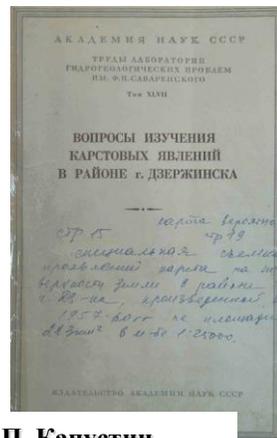
**Ильин
Александр
Николаевич**



**А.Н. Ильин, А. П. Капустин,
Н. А. Прозорова, И.А. Саваренский,
И.В. Попов, И.А. Коган, С.М.
Чихачёв, Иконников Л.Б
1960-1962**



**Саваренский
Игорь
Александрович**



**Толмачев
Владимир
Викторович**



**В.В. Толмачёв
Г.М. Троицкий
В.П. Хоменко
1986 г.**



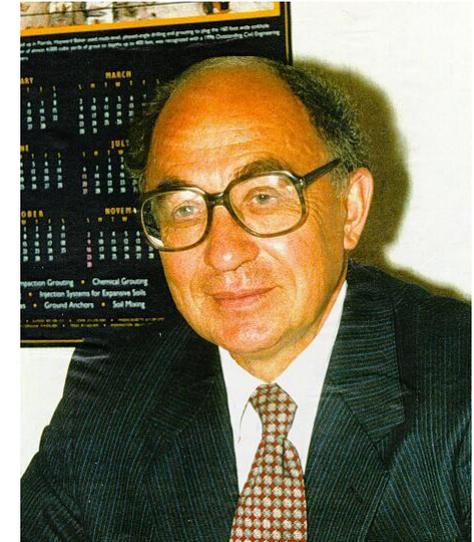
**В.В. Толмачёв
Ф. Ройтер и др.
1990 г.**



**Ильин
Александр
Николаевич**



**Саваренский
Игорь
Александрович**



**Толмачев
Владимир
Викторович**

*интенсивность
провалообразования
(провалов в год на км²)*

I

*расчетный пролет
карстового
провала*

(l d)

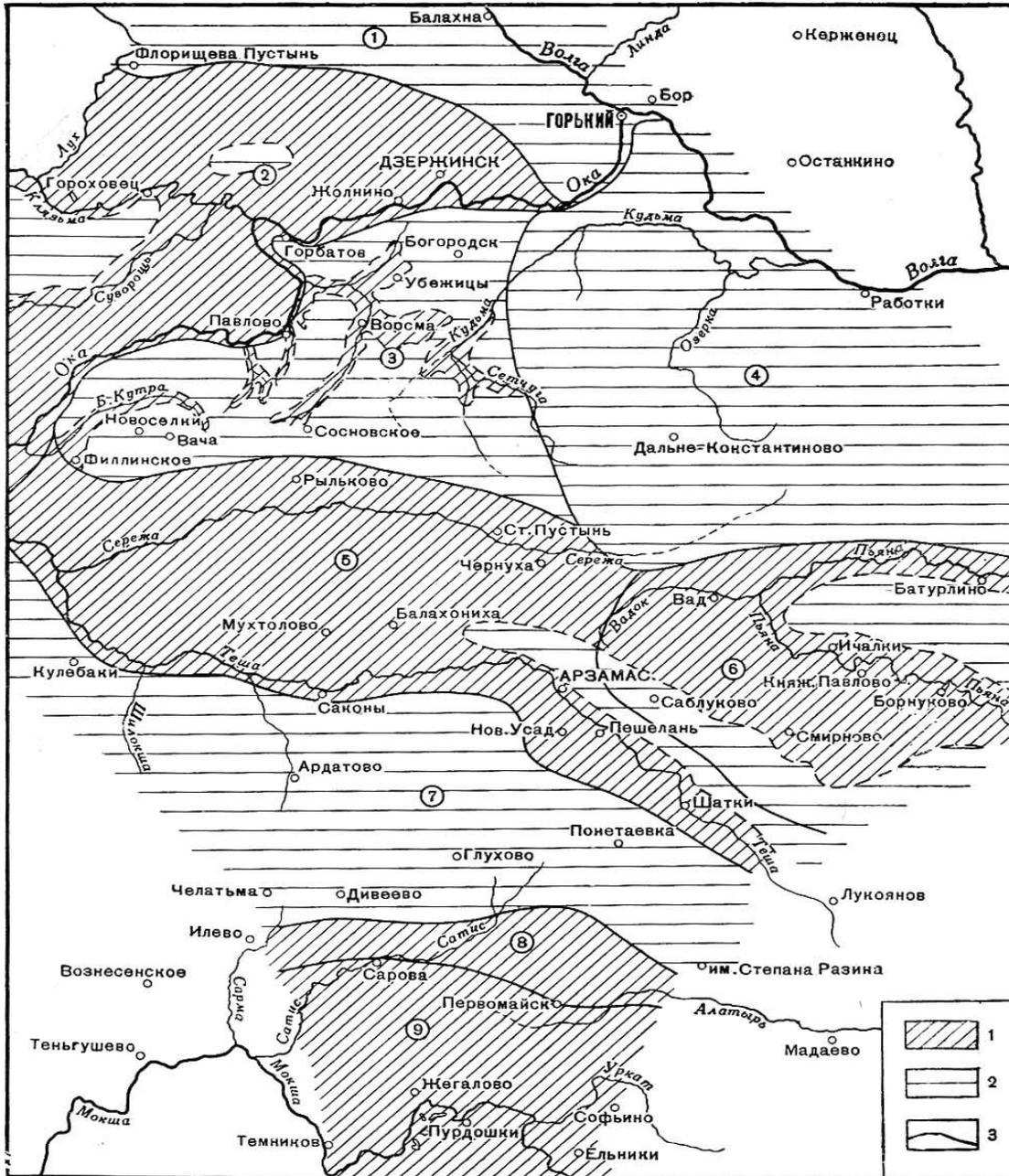


Схема районирования карста по условиям развития 1950-е - 1960-е годы
 Дзержинская карстовая станция АН СССР

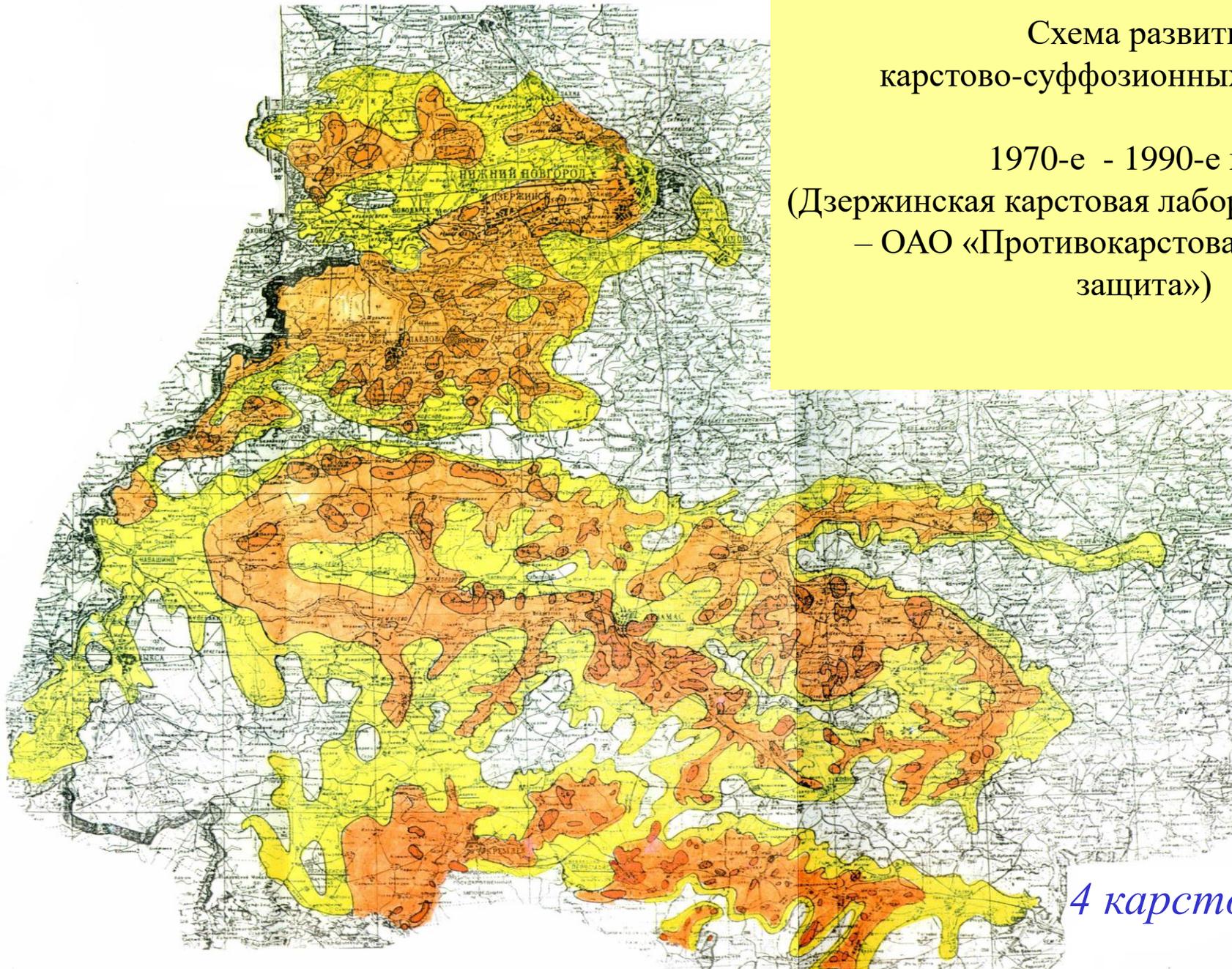
2 карстовых таксона

Выявлялись общие закономерности, качественная характеристика территории НО

Схема развития
карстово-суффозионных процессов

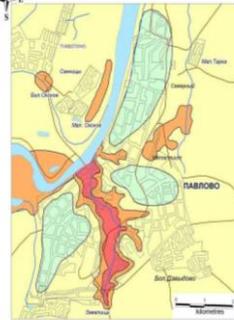
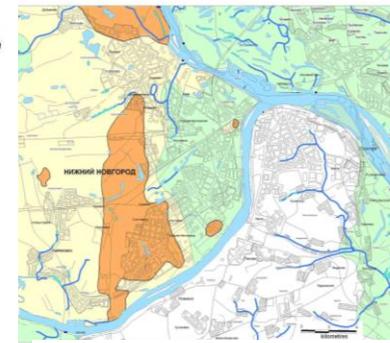
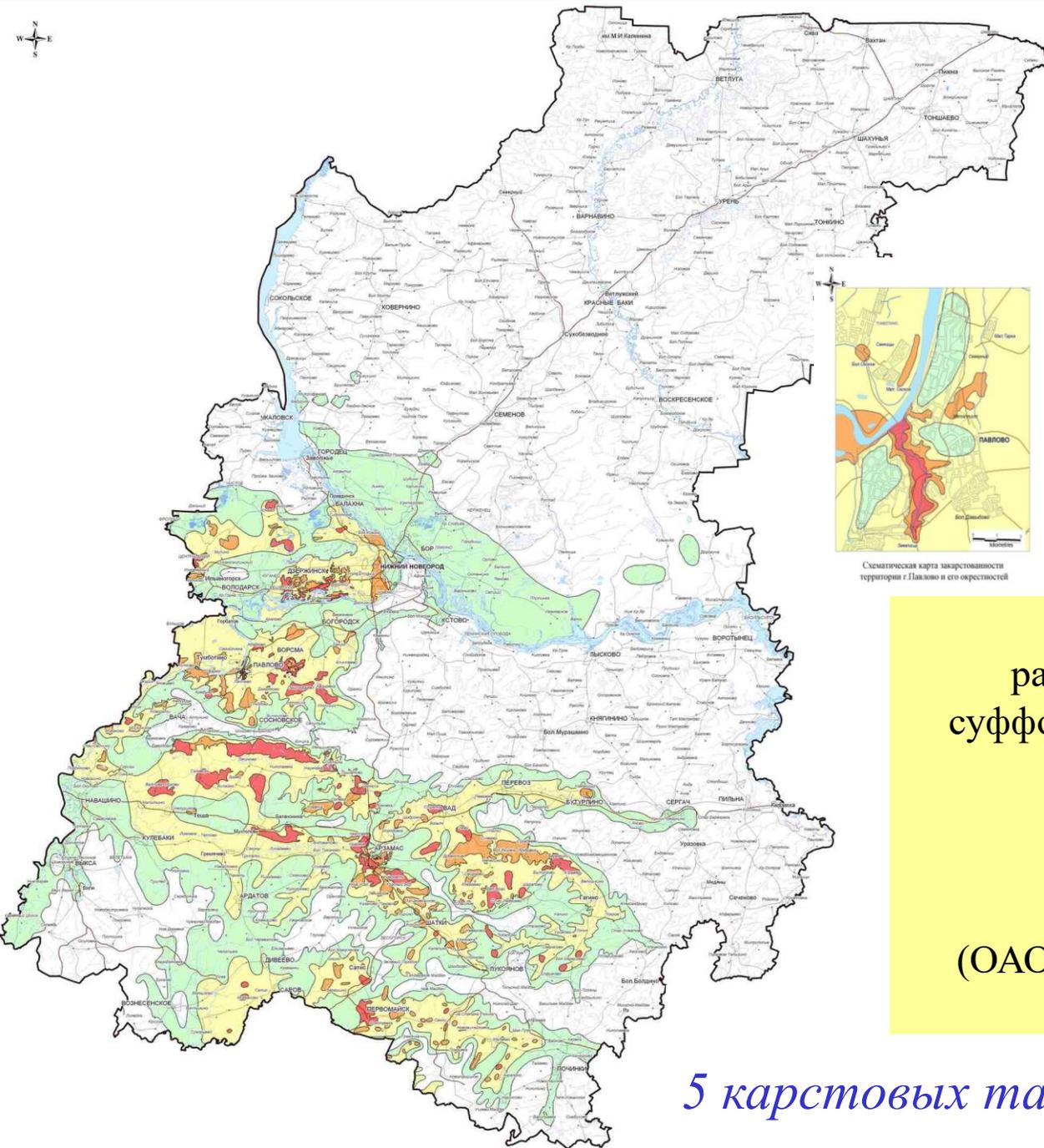
1970-е - 1990-е годы

(Дзержинская карстовая лаборатория ПНИИИС
– ОАО «Противокарстовая и береговая
защита»)

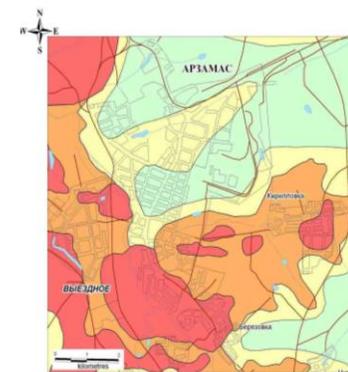


4 карстовых таксона

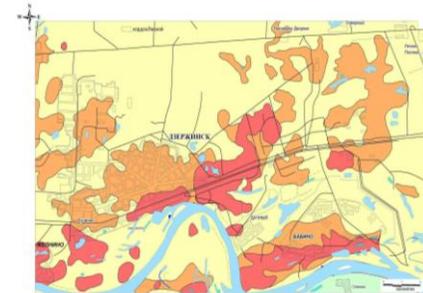
Работы проводились по заданию облисполкома Горьковской области



Схематическая карта закарстованности территории г. Павлово и его окрестностей



Схематическая карта закарстованности территории г. Арзамаса и его окрестностей



Схематическая карта закарстованности территории г. Дзержинска и его окрестностей
Масштаб: 1:100 000

Схематические карты врезки на крупные города

Карта развития карстовых (карстово-суффозионных) процессов территории Нижегородской области

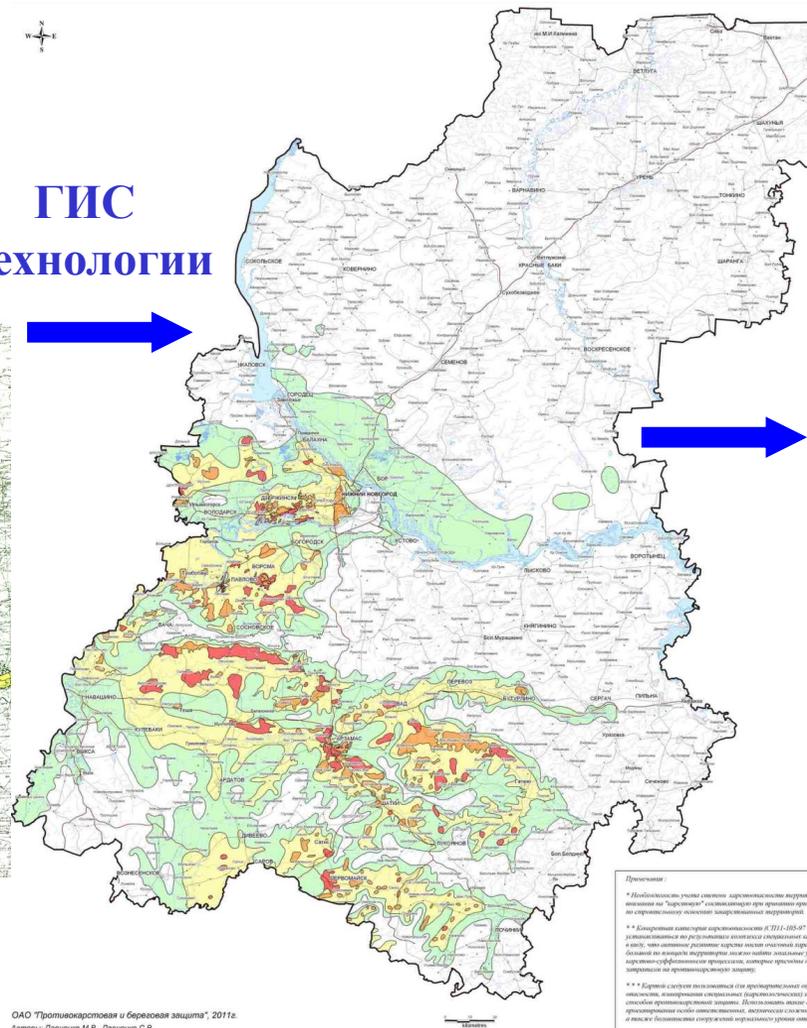
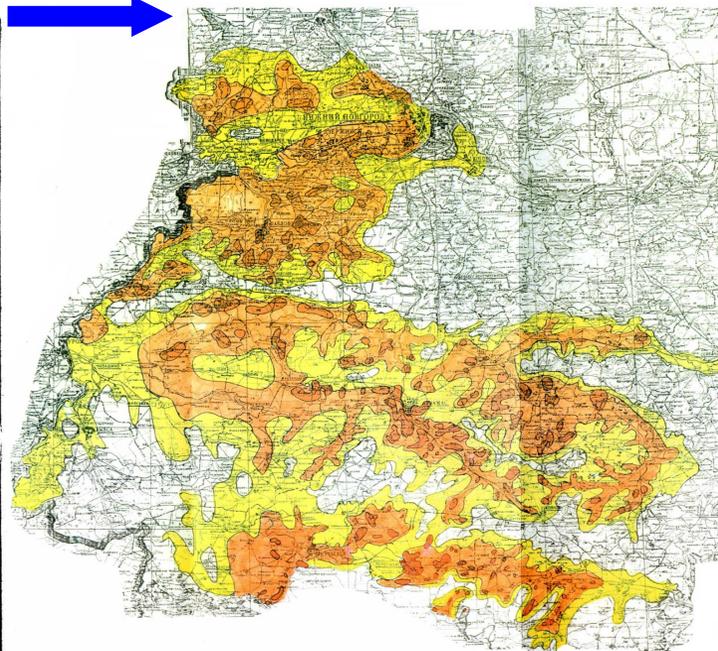
2011 год

(ОАО «Противокарстовая и береговая защита»)

5 карстовых таксонов

*Количественная характеристика карстовой опасности (типа В)
Работы проводятся по заданию правительства Нижегородской области*

Карстологические съёмки масштабов 1:5 000 – 1:500 000



Примечание:
* Небольшие участки с наличием карстовых воронок и трещин на территории "карстового" массива являются его границами при отсутствии данных о наличии карстовых воронок и трещин.
* * Карстовые воронки и трещины на территории "карстового" массива являются его границами при отсутствии данных о наличии карстовых воронок и трещин.
* * Карстовые воронки и трещины на территории "карстового" массива являются его границами при отсутствии данных о наличии карстовых воронок и трещин.

ОАО "Промышленность и береговая защита", 2011г.
Авторы: Леонович М.В., Леонович С.В.

Процесс изучения далеко не закончен ...

КАРСТ

представляет собой совокупность геологических, гидрогеологических и (или) техногенных процессов и явлений, обусловленных растворением скальных или полускальных горных пород, в результате которых происходят изменения структуры и состояния этих и вышележащих пород, образование каверн, полостей, трещиноватых зон и связанные с ними деформации оснований сооружений и земной поверхности (провалы, оседания и т.п.).

Условия развития карста

(по Кухареву Н.М и Соколову Д.С.)

- 1) Наличие растворимых (*карстующихся*) пород
- 2) Водопроницаемость карстующихся пород
- 3) Наличие движущихся вод
- 4) Растворяющая способность вод

Карст развивается в тех местах, где все такие условия одновременно соблюдаются

1) Наличие растворимых (карстующихся) пород

галоидный (соляной) - каменная соль,

сульфатный – гипс и ангидрит,

карбонатный – известняк, доломит, мел

Определяется геологической историей развития территории

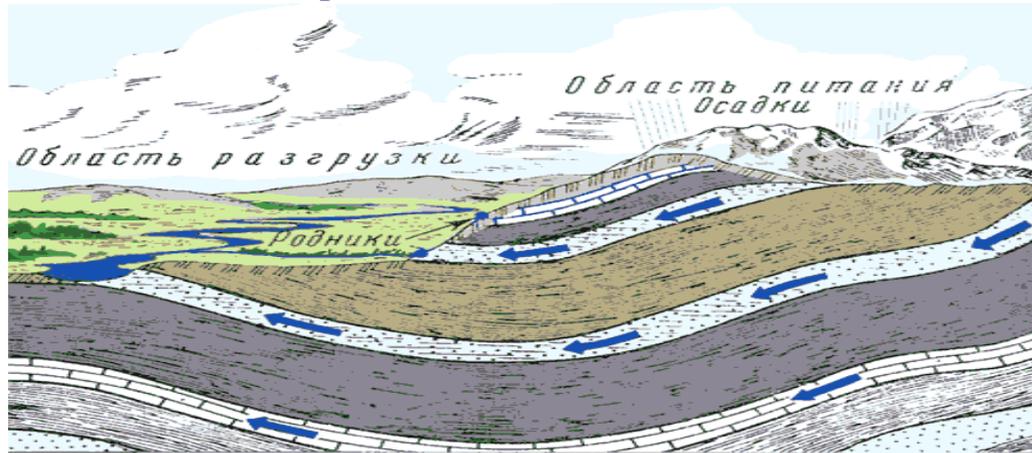
2) Водопроницаемость карстующихся пород

пористость и трещиноватость

Определяется составом пород, условиями образования, тектоникой и историей геологического развития

3) Наличие движущихся вод

Определяется особенностями геологического строения территории

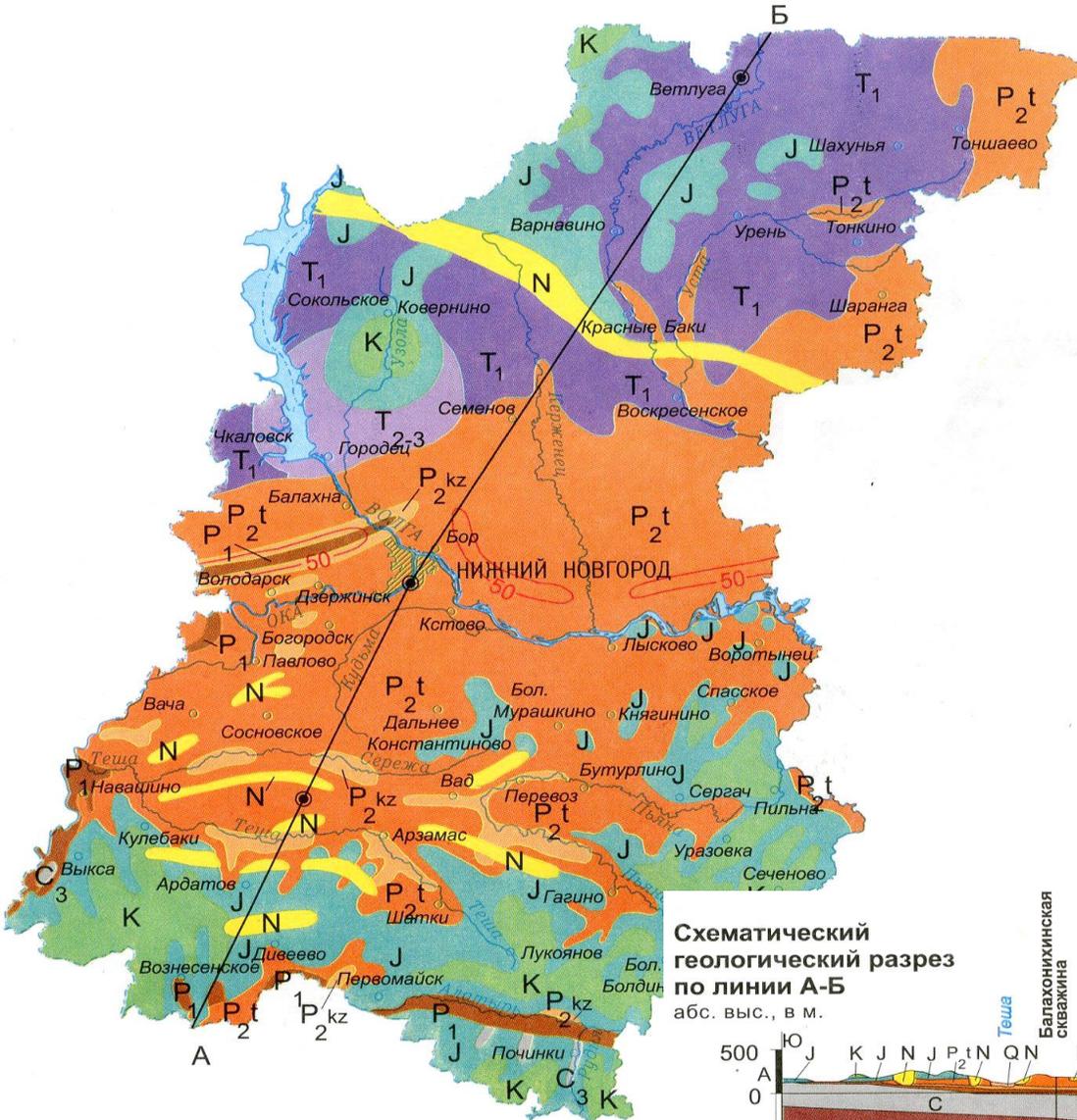


4) Растворяющая способность вод

свойство породы растворить в 1 литре дистиллированной воды при 20 С:

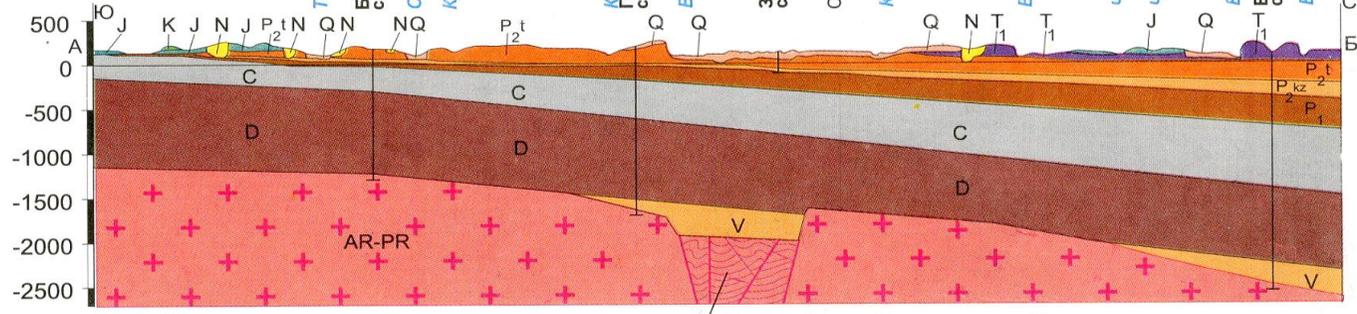
~300г каменной соли, ~2г гипса и 0,02г известняка

Схематическая геологическая карта Нижегородской области



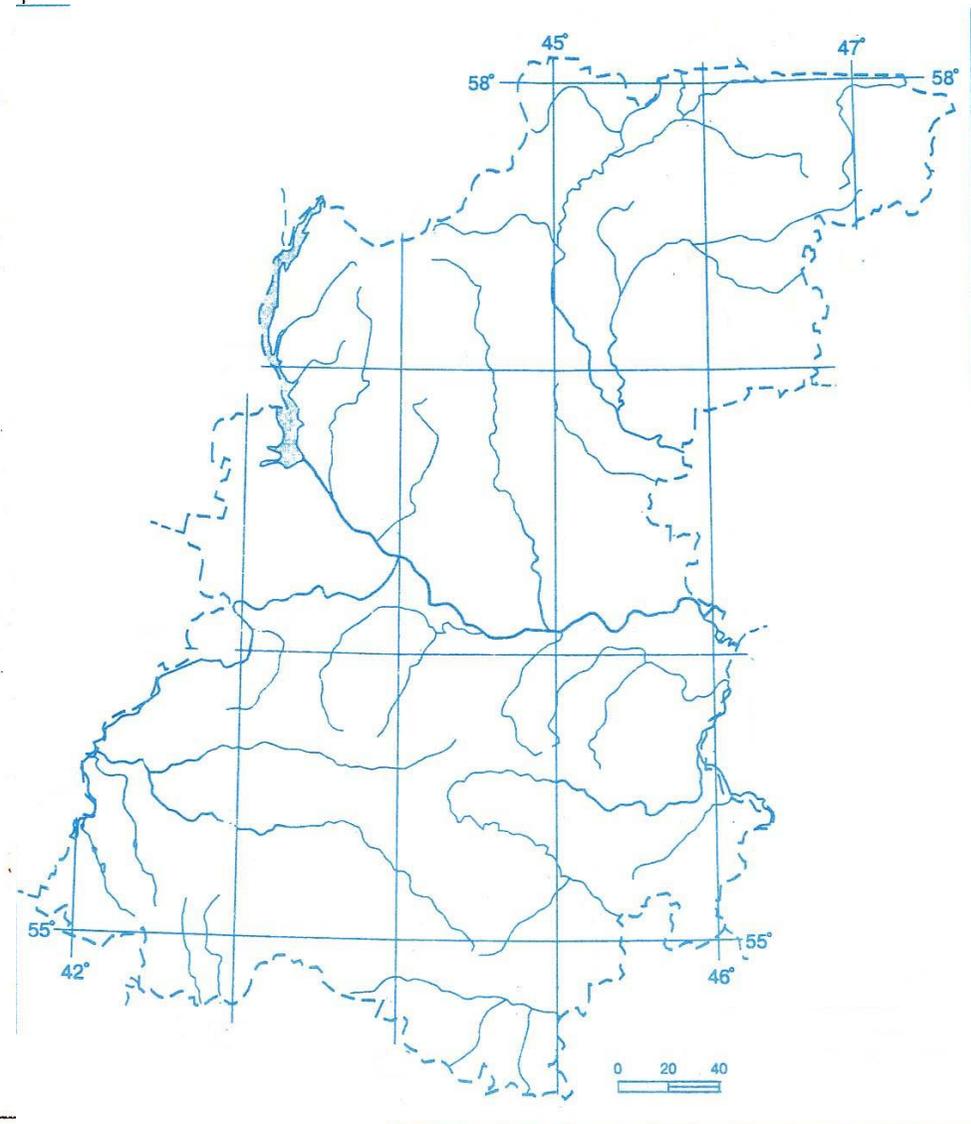
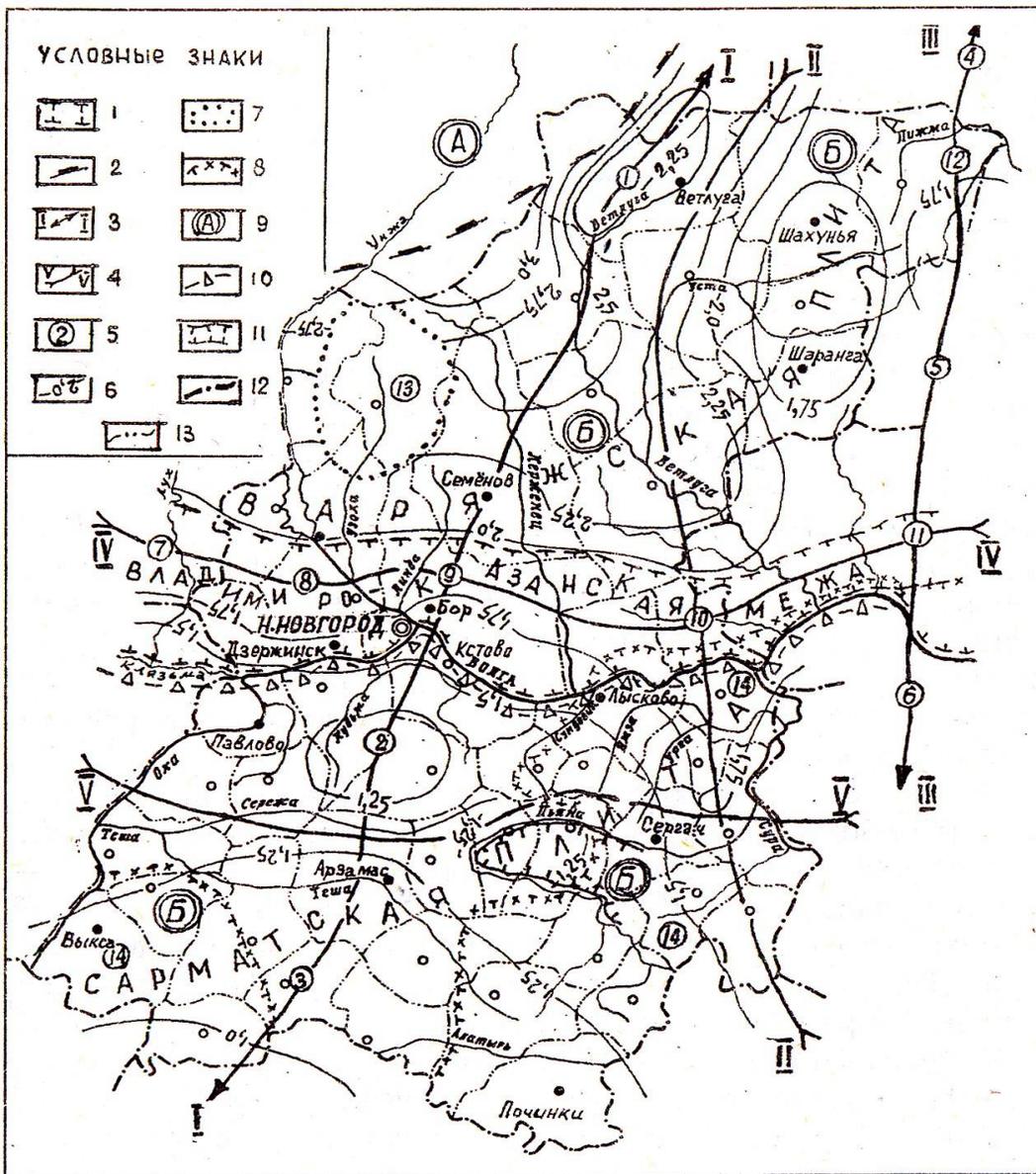
- | | | |
|---|--|--|
| P₂ Пермская система, верхний отдел, татарский ярус | P₁ Пермская система нижний отдел
Гипсы, ангидриты | C Каменноугольная система |
| P_{kz} Пермская система верхний отдел, казанский ярус
Известняки, доломиты | C₃ Каменноугольная система, верхний отдел
Известняки, доломиты | D Девонская система |
| Q Четвертичная система (только на разрезе) | J Юрская система | V Вендская система |
| N Неогеновая система | T₂₋₃ Триасовая система, средний и верхний отделы | AR-PR Кристаллический фундамент (архей-протерозой); гранит гнейсы |
| K Меловая система | T₁ Триасовая система, нижний отдел | + Разломы фундамент |
| | | ~ Зона дробления порк фундамент |
| | | ● Скважины |
| | | 50 Изопахиты четвертичных отложений с мощностью более 50 метров |

Схематический геологический разрез по линии А-Б
абс. выс., в м.



Геологический разрез

Наличие растворимых (карстуемых) пород определяется историей геологического развития территории



Тектоническая схема Нижегородской области

Речная сеть Нижегородской области

Московская
синеклиза

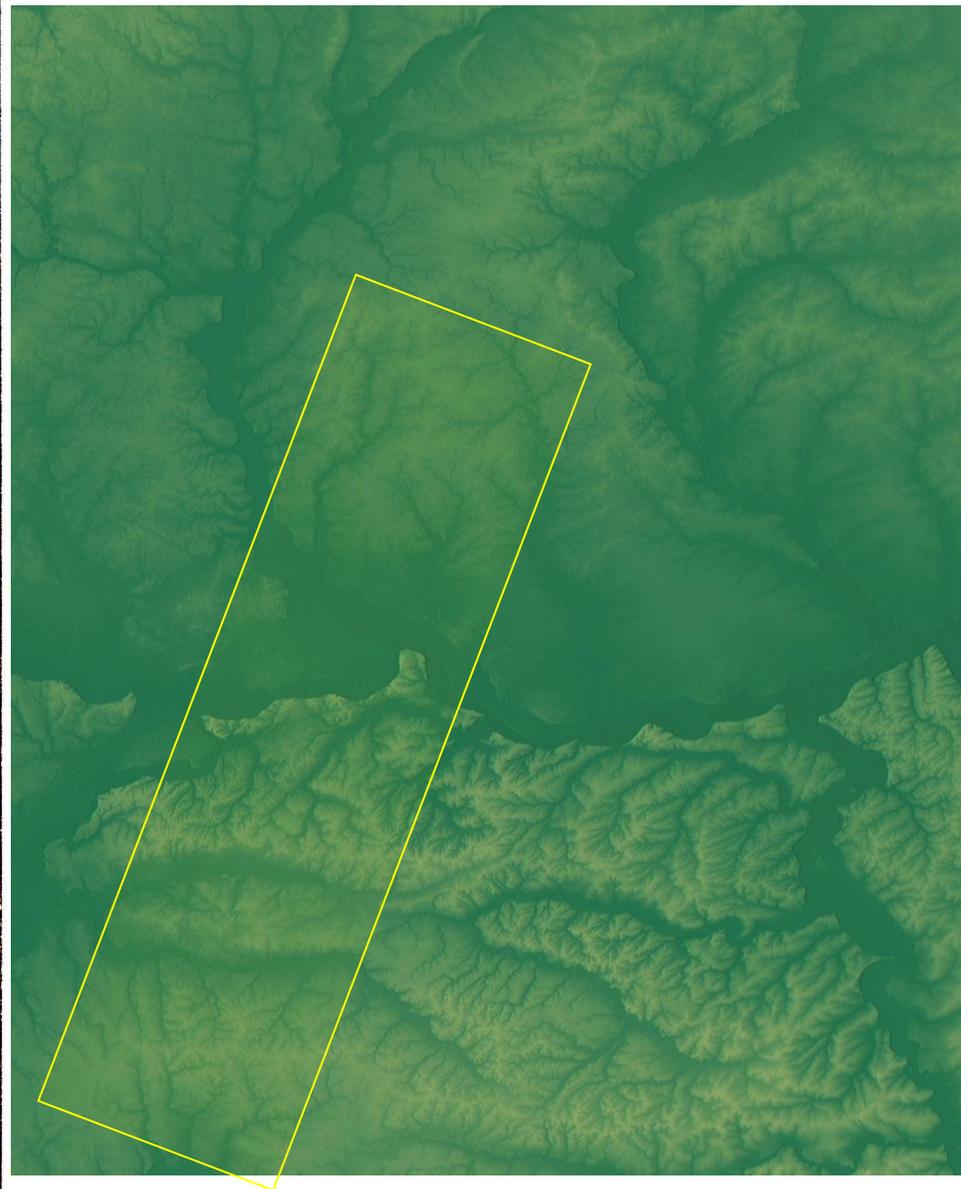
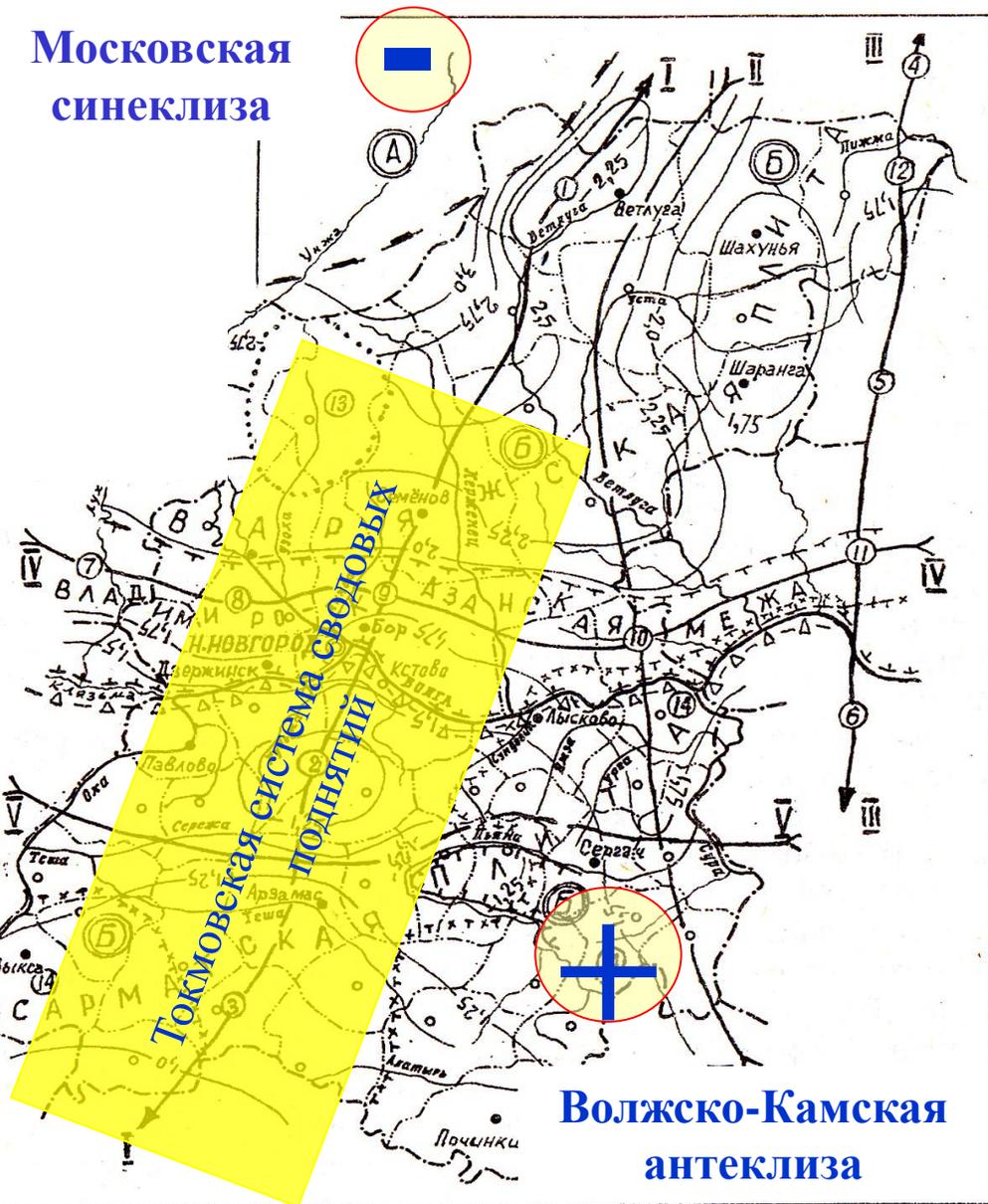


Рис. 7. Тектоническая карта кристаллического фундамента
(по Р. Б. Давыдову, 1976, с добавлениями и исправлениями):

Рельеф Нижегородской области

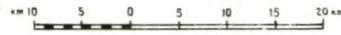
Влияние тектоники и эрозионной деятельности древней и современной речной сети

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

по линии север-юг через район Алатырско-Горьковских поднятий

Ю

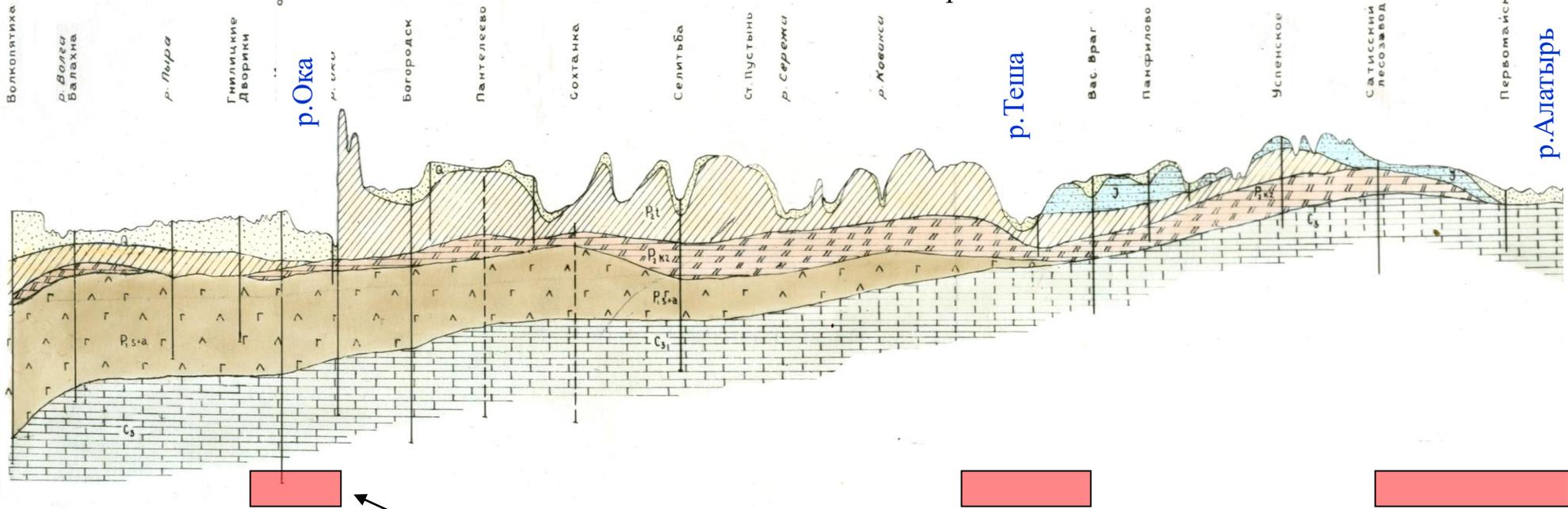
С



Дзержинск

Арзамас

Первомайск



Районы наиболее активного развития карста

У с л о в н ы е о б о з н а ч е н и я :

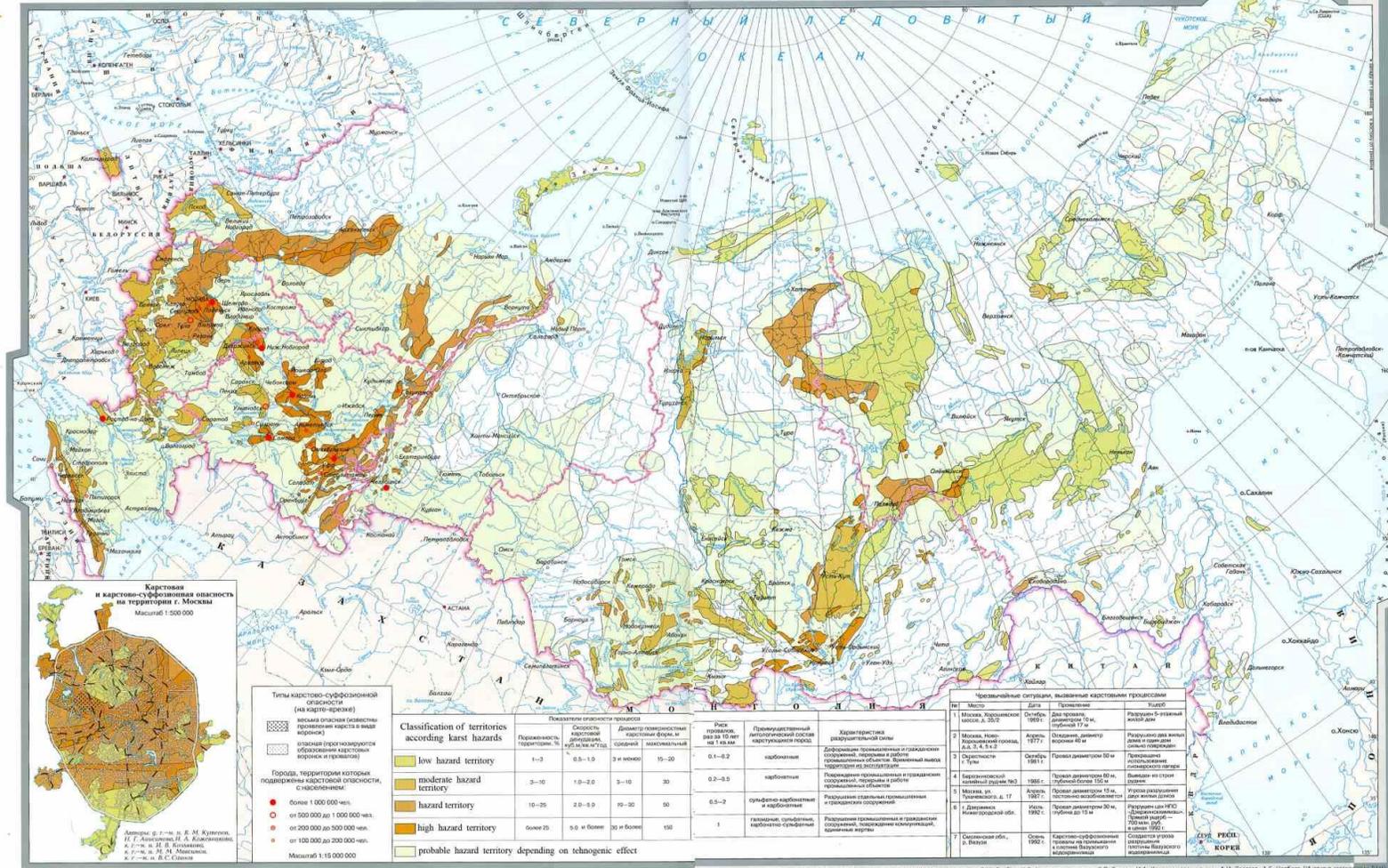
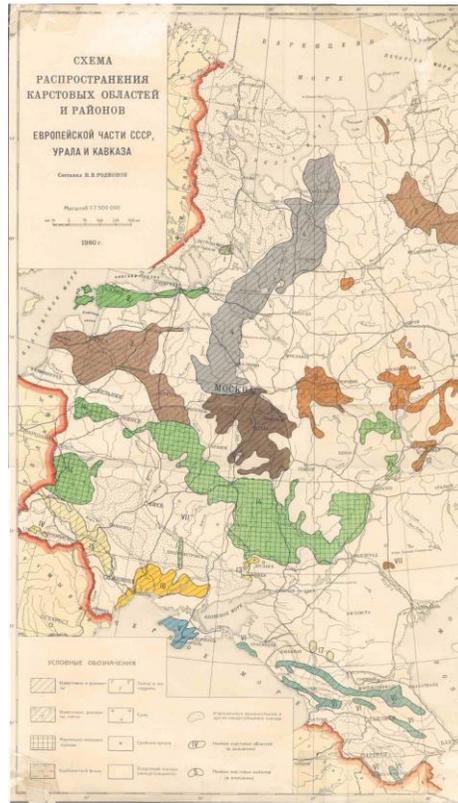
-  Четвертичные отложения (пески, суглинки);
-  Юра (глины, пески);
-  Татарский ярус (глины, мергели, алевролиты);
-  Казанский ярус (доломиты, доломитизированные известняки);
-  Нижняя пермь: сакмарский и артинский ярусы (гипсы, ангидриты, доломиты);
-  Верхний карбон (известняки, доломиты).

Каркас (ствол) древа развития карста

КАРСТООПАСНОСТЬ (КАРСТОВАЯ ОПАСНОСТЬ) –

характер и степень воздействия карстопроявлений на геологическую среду, которые могут привести к разрушению сооружений, нарушению или затруднению их нормальной эксплуатации, а также к недопустимому загрязнению геологической среды, утечкам воды из водоёмов и др.

Karst hazard of Russia



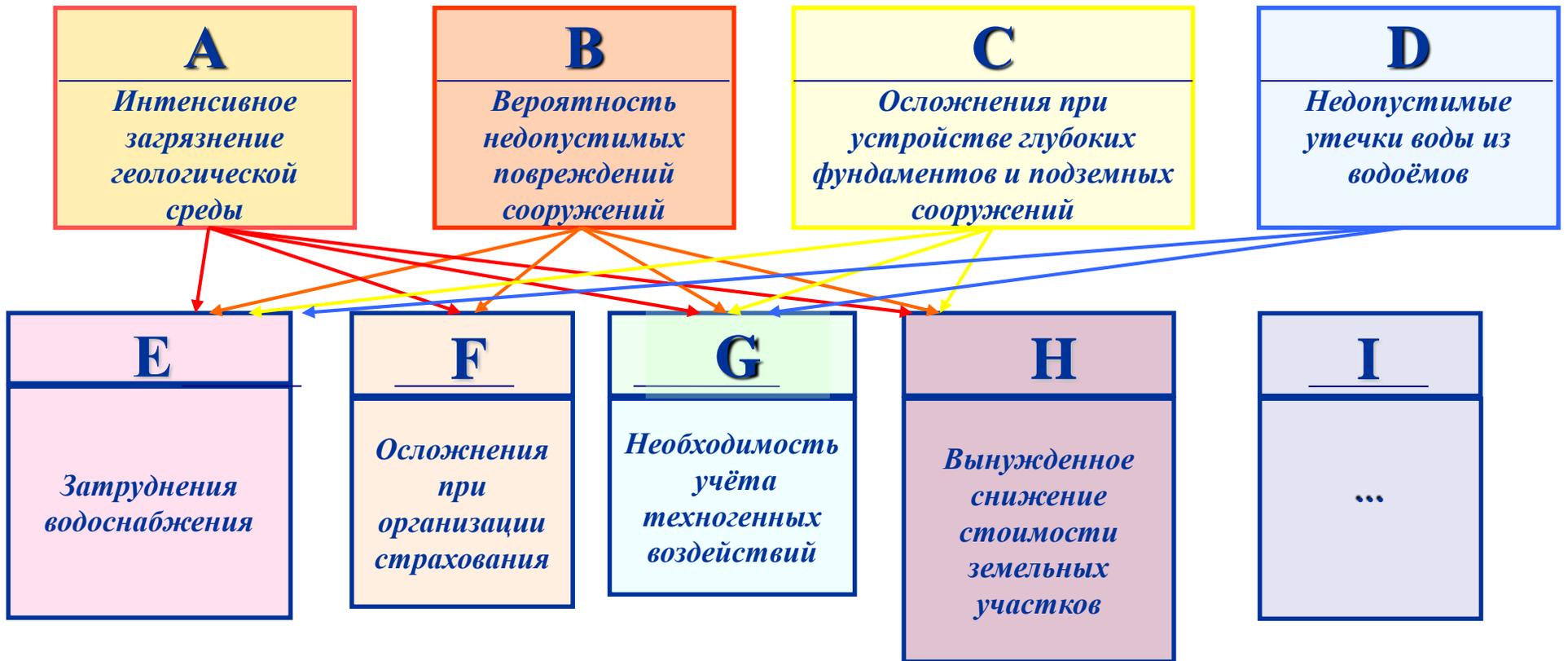
ПРИРОДНЫЕ ОПАСНОСТИ И РИСК

КАРСТООПАСНОСТЬ (КАРСТОВАЯ ОПАСНОСТЬ) –

характер и степень воздействия карстопроявлений на геологическую среду, которые могут привести к разрушению сооружений, нарушению или затруднению их нормальной эксплуатации, а также к недопустимому загрязнению геологической среды, утечкам воды из водоёмов и др.

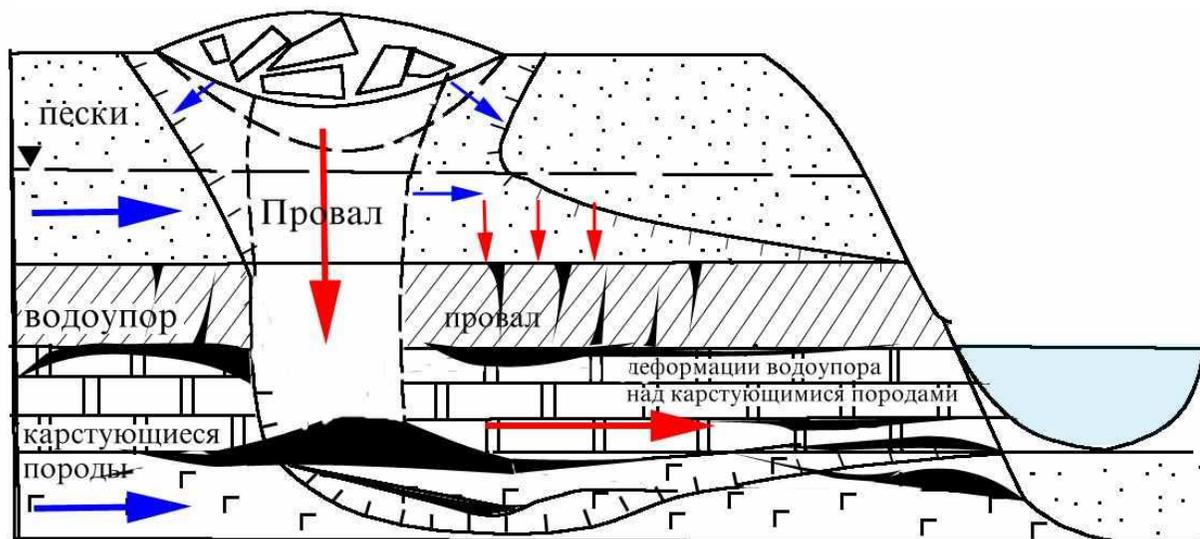
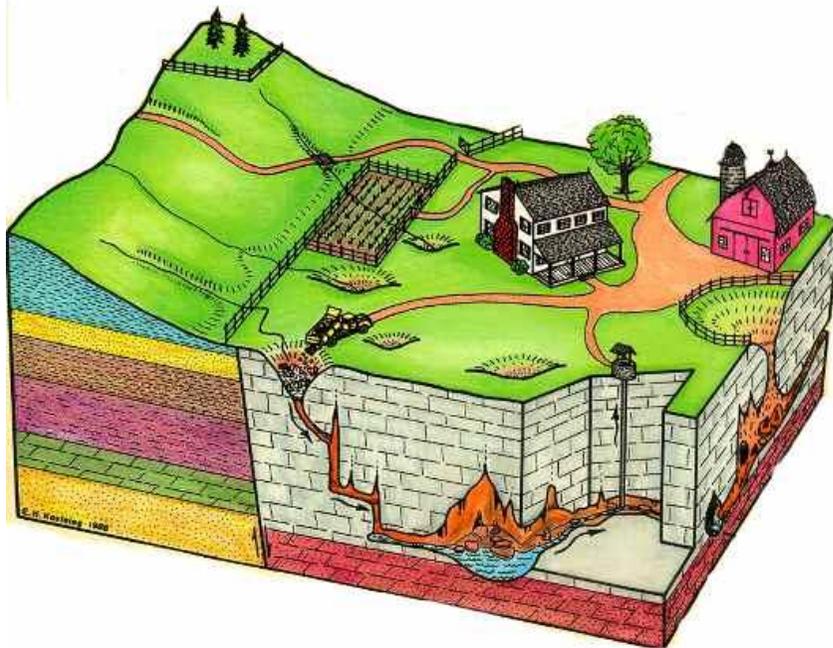
- **Карстоопасность типа А** обусловлена повышенной чувствительностью закарстованных территорий к загрязнению геологической среды, в том числе подземных вод. Это, прежде всего, относится к полигонам хранения отходов, несанкционированным свалкам, полигонам подземных закачек жидких промышленных отходов, нефтепроводам, продуктопроводам, канализационным коллекторам, автомобильным и железным дорогам, промышленным площадкам химических предприятий и т.п.
- **Карстоопасность типа В** обусловлена вероятностью повреждения сооружений или земельных участков вследствие различных видов карстопроявлений (провалов, локальных и общих оседаний, карстово-суффозионных просадок, неравномерных осадок оснований сооружений и т.п.).
- **Карстоопасность типа С** обусловлена возможными осложнениями при устройстве фундаментов и подземных сооружений вследствие наличия и развития различных подземных карстовых и карстово-суффозионных проявлений (карстовых полостей, зон повышенной трещиноватости, разрушенных и разуплотнённых зон, напорных подземных вод в карстующихся породах и т.д.).
- **Карстоопасность типа D** обусловлена недопустимыми утечками воды из поверхностных водоёмов и т.д.
- **Карстоопасность типа E ...**

МНОГОАСПЕКТНОСТЬ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ



Карстоопасность типа А

обусловлена повышенной чувствительностью закарстованных территорий к загрязнению геологической среды, в том числе подземных вод. Это, прежде всего, относится к полигонам хранения отходов, несанкционированным свалкам, полигонам подземных закачек жидких промышленных отходов, нефтепроводам, продуктопроводам, канализационным коллекторам, автомобильным и железным дорогам, промышленным площадкам химических предприятий и т.п.



Загрязнение подземных вод на закарстованной территории



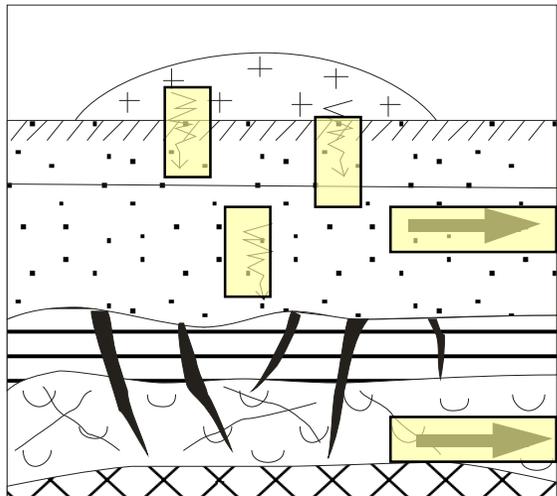
Свалка мусора в свежей карстовой воронке между д. Чудь и Монаково



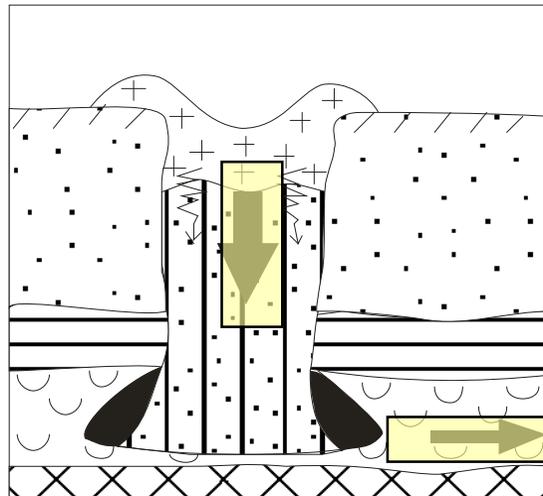
Свалка мусора в свежей карстовой воронке в н.п. Чернуха

ТИП А

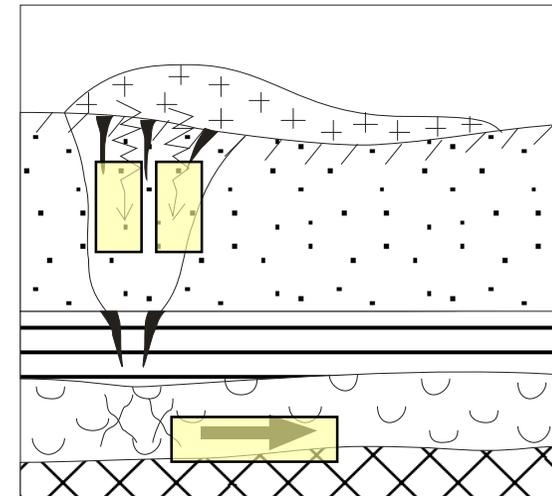
ПОДТИПЫ КАРСТООПАСНОСТИ



*Разуплотненные и
трещиноватые грунты
А1*



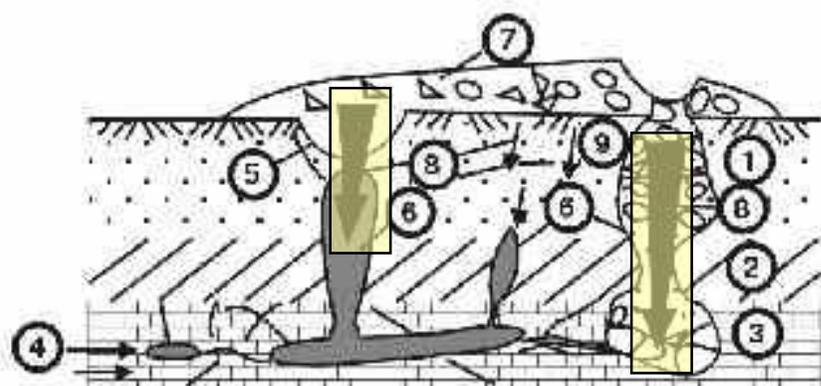
*Карстовый
провал
А2*



*Зоны растяжения
в мульдах оседаний
А3*

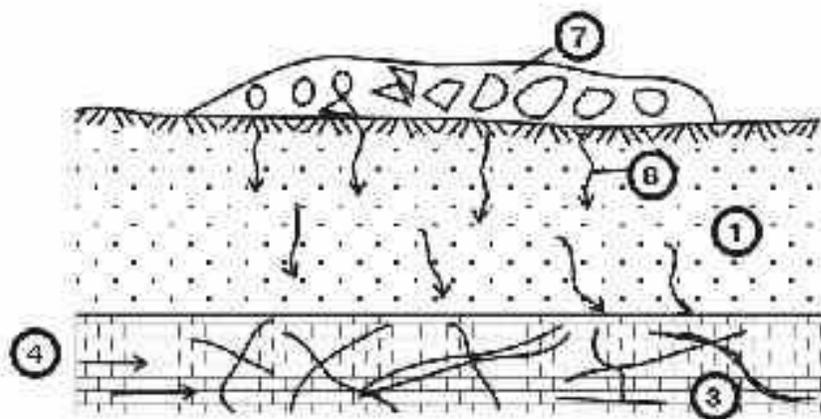
Схема

Критерии



- 1-покровная толща
- 2-водоупор(естест. барьер)
- 3-карстующаяся толща
- 4-трещино-карст. воды
- 5-карстовая воронка
- 6-нарушения в естест. барьере
- 7-источник загрязнения
- 8-направление движения загрязнителя
- 9-свежий провал

- 1) Степень проницаемости покровной толщи (надежность естественных барьеров)
- 2) Степень адсорбции загрязнителей



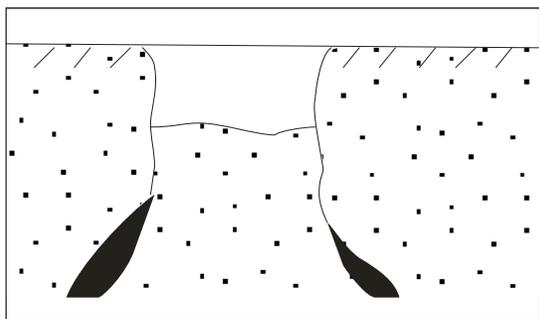
Карстоопасность типа В

обусловлена вероятностью повреждения сооружений или земельных участков вследствие различных видов карстопроявлений (провалов, локальных и общих оседаний, карстово-суффозионных просадок, неравномерных осадок оснований сооружений и т.п.).

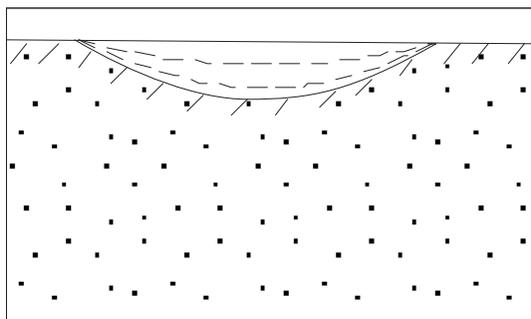
Карстоопасность типа В

обусловлена вероятностью повреждения сооружений или земельных участков вследствие различных видов карстопроявлений (провалов, локальных и общих оседаний, карстово-суффозионных просадок, неравномерных осадок оснований сооружений и т.п.).

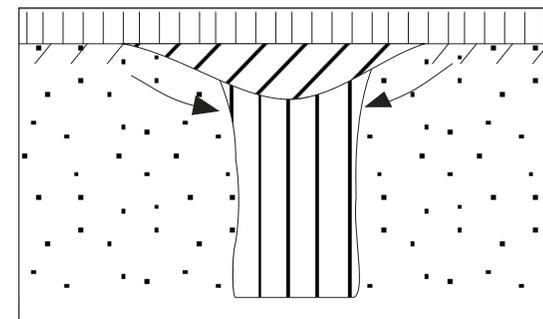
ПОДТИПЫ КАРСТООПАСНОСТИ



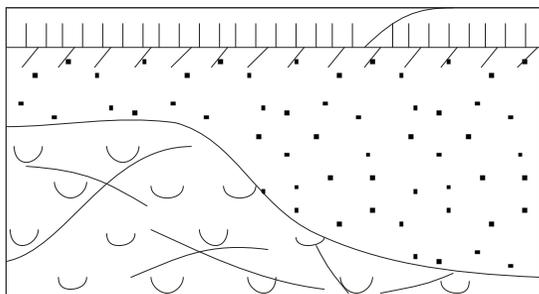
*Карстовый
провал
В1*



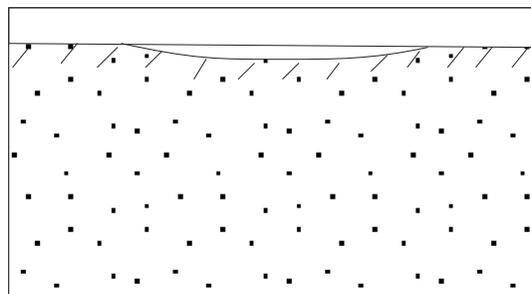
*Локальное
оседание
В2*



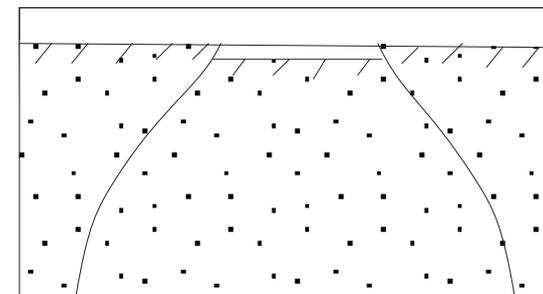
*Деформации в зоне
карстовых воронок
В3*



*Неравномерные
осадки
В4*



*Общее оседание
оседание
В5*



*Карстовая
просадка
В6*

Карстоопасность типа В

обусловлена вероятностью повреждения сооружений или земельных участков вследствие различных видов карстопроявлений (провалов, локальных и общих оседаний, карстово-суффозионных просадок, неравномерных осадок оснований сооружений и т.п.).

- **КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ**

– быстрые деформации земной поверхности (основания сооружения) с нарушением сплошности грунта, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над полостями, находящимися в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.

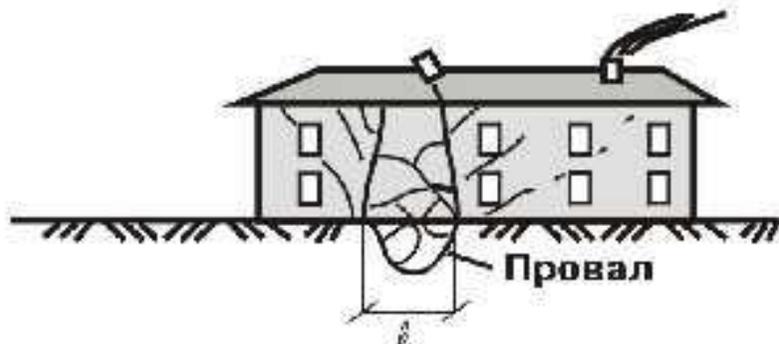
- **КАРСТОВЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ ОСЕДАНИЯ**

- деформации земной поверхности (основания сооружения) без разрыва сплошности с образованием мульды, имеющей радиус кривизны поверхности менее 1 км, связанные с плавным движением толщи грунтов над полостями или разуплотненными зонами, расположенными в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.

Схема

Критерии

1.

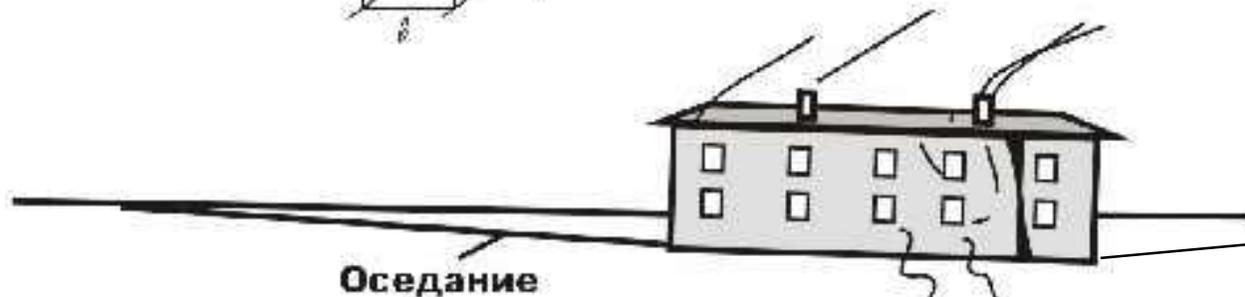


- Интенсивность провалообразования
- Диаметр провала



Вероятность повреждений (аварий) сооружений

2.



- Скорость оседания
- Горизонтальные деформации в зоне растяжения

3.



- Осадки по длине сооружений с учетом реальных нагрузок
- Резкое изменение глубины залегания карстующихся пород или
- Наличие слоев доломитовой муки различной мощности в основании сооружения

КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ

– быстрые деформации земной поверхности (основания сооружения) с нарушением сплошности грунта, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над полостями, находящимися в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.



Разрушение жилого барака карстовым провалом в 1959г в поселке Красный Химик

КАРСТОВЫЕ ПРОВАЛЫ

– быстрые деформации земной поверхности (основания сооружения) с нарушением сплошности грунта, образующиеся вследствие обрушения толщи грунтов над полостями, находящимися в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.



Провал в феврале 2007г под разворотным кольцом трамвая в промзоне г.Дзержинска (~30м от бровки выемки на 413км ж/д Москва-Нижний Новгород)

Размеры карстовых деформаций в Нижегородской области (провалов, локальных оседаний от 1 м до ~115 м, средний размер провала в Дзержинском карстовом районе ~ 8 м)



Карстовый провал
диаметром ~1м и
глубиной 7м
(Дзержинск, 1991)



Карстовая воронка на турбазе «Радуга» у д.Соболиха
Городецкого района
(диаметр ~15м и глубиной 7м)

человек



Грандиозный провал (1959г) северо-восточнее д.Венец Сосновского района
(диаметром около 90м и и глубиной ~20м)

Карстовый провал вблизи д.Болдырево, 1978г (диаметр ~115, глубина 50-55м)

Вид с нижней точки

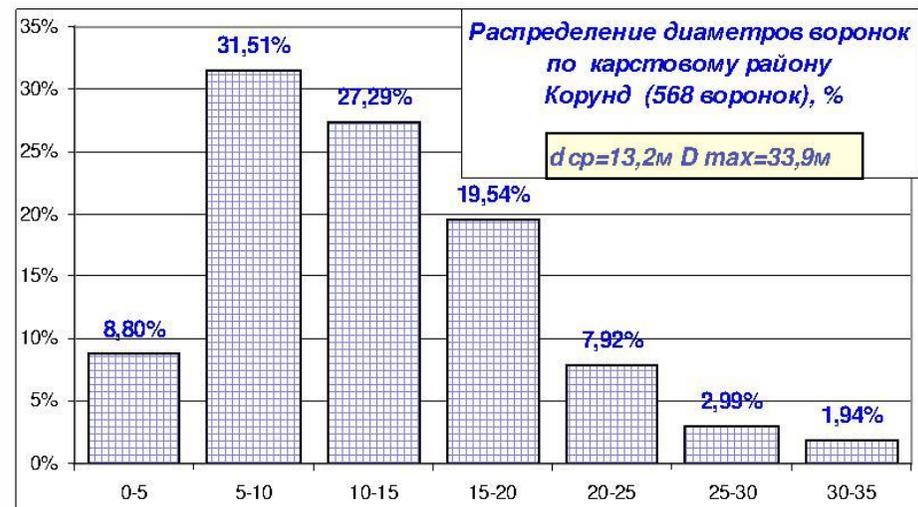
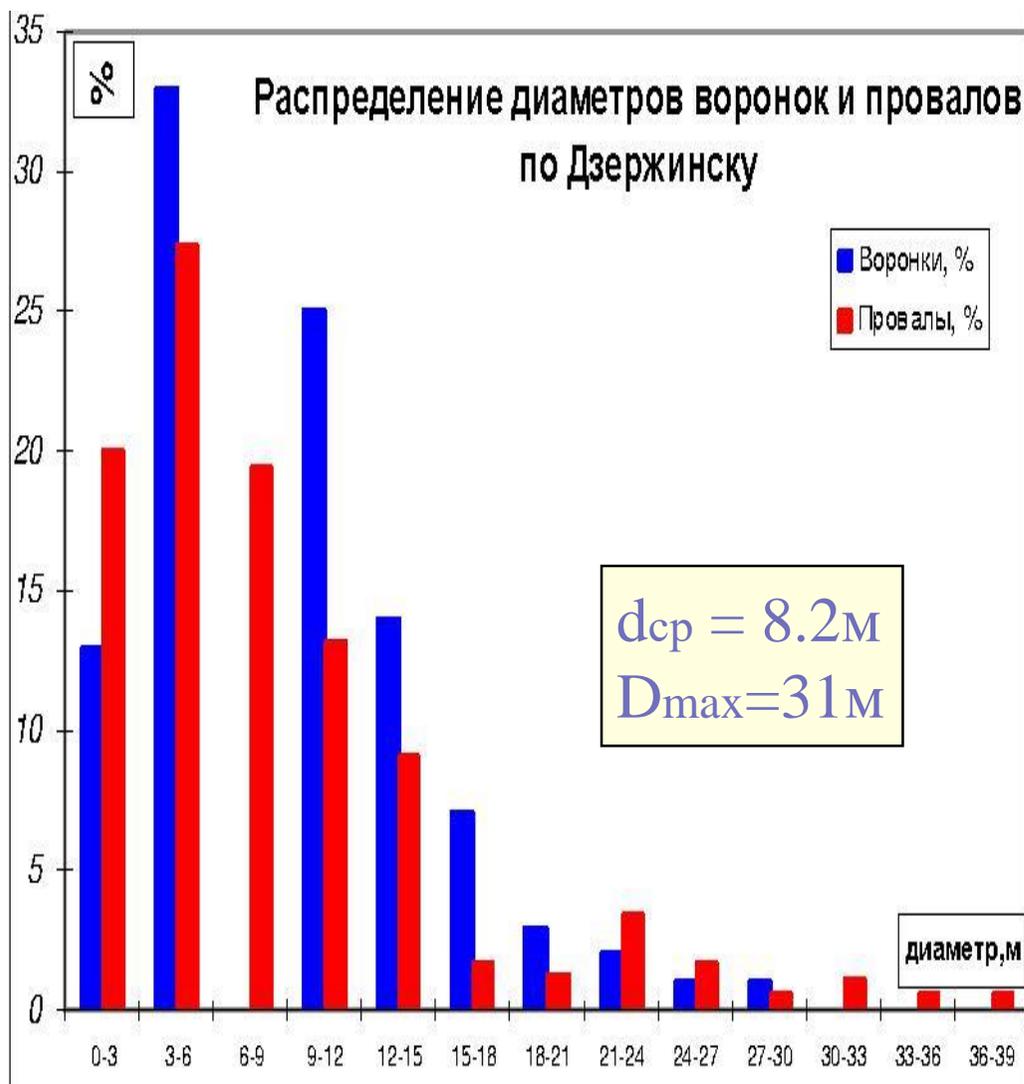


(X = 8398570, Y = 6204570)



Вид с верхней точки

Гистограммы распределения карстовых воронок и провалов по территории г.Дзержинска



Техногенно-карстово-суффозионные деформации



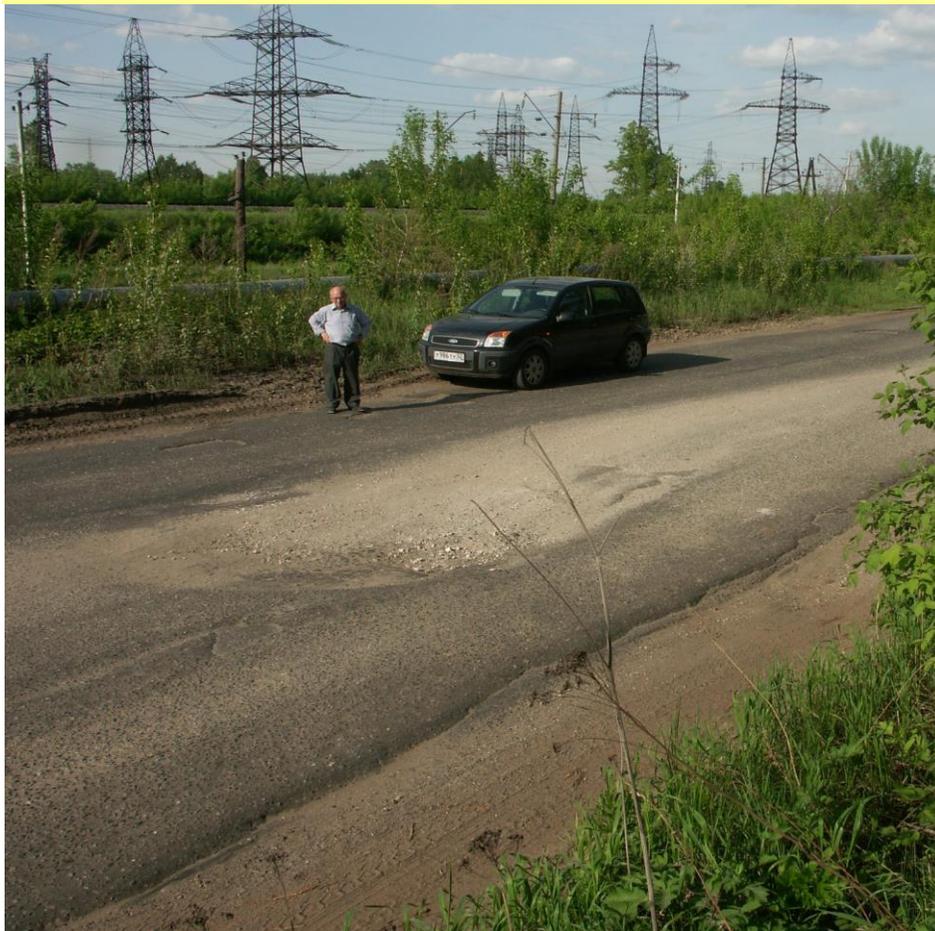
Провал на б-ре Заречный в Нижнем Новгороде
спровоцированный дефектами коллектора р.Ржавка
(лето 2009)



Провал в районе теплотрассы
у ЦУМа г.Дзержинска произошедший
во время ее «опрессовки» (осень 2009)

КАРСТОВЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ ОСЕДАНИЯ

- деформации земной поверхности (основания сооружения) без разрыва сплошности с образованием мульды, имеющей радиус кривизны поверхности менее 1 км, связанные с плавным движением толщи грунтов над полостями или разуплотненными зонами, расположенными в карстующихся породах или перекрывающих их грунтах.



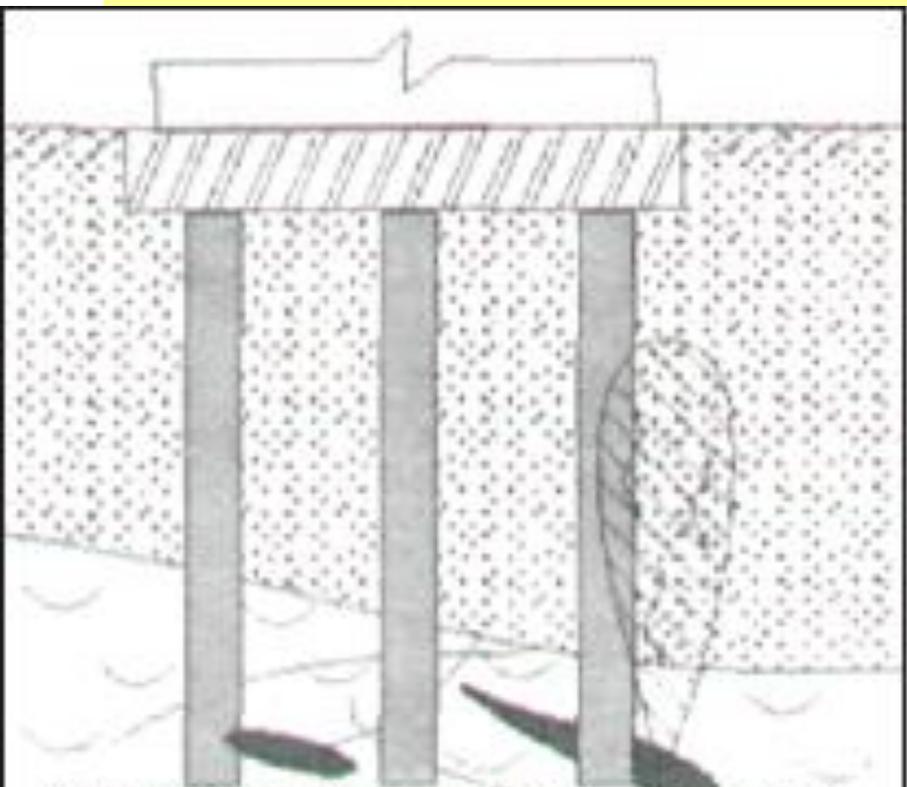
Просадка дорожного полотна в результате карстового оседания (2008)



Недопустимые деформации производственного здания в г.Дзержинске (1989)

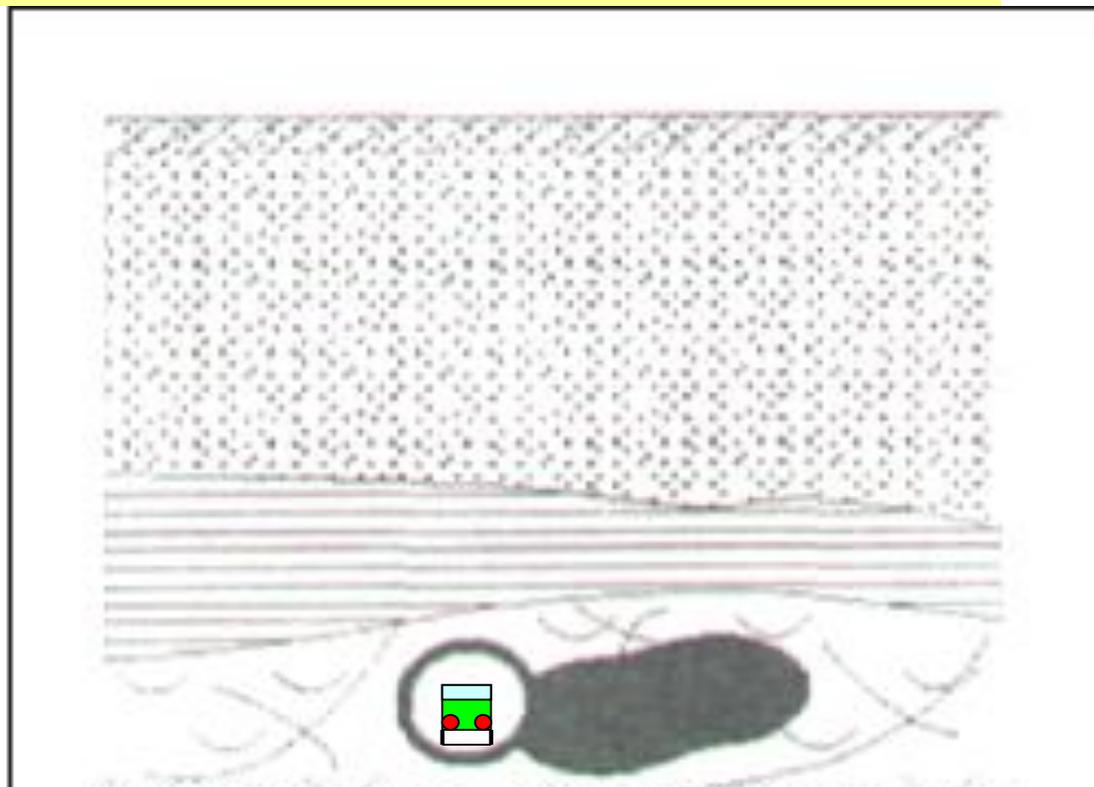
Карстоопасность типа С

обусловлена возможными осложнениями при устройстве фундаментов и подземных сооружений вследствие наличия и развития различных подземных карстовых и карстово-суффозионных проявлений (карстовых полостей, зон повышенной трещиноватости, разрушенных и разуплотнённых зон, напорных подземных вод в карстующихся породах и т.д.).



Осложнения при устройстве глубоких фундаментов

(АЭС, мосты и т.д.)



Осложнения при строительстве и эксплуатации подземных сооружений

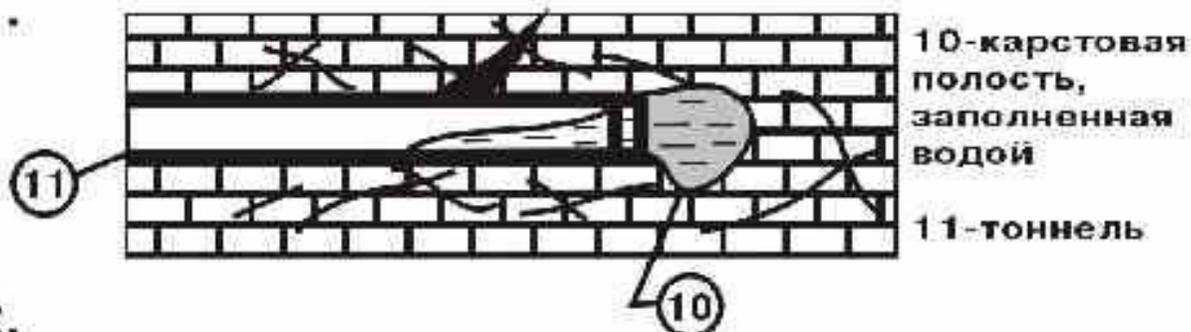
(метро, бункеры и т.д.)

Приостановка строительства Волжского моста до заполнения полости, под метромост (~30м³ бетона), АЭС, метро...

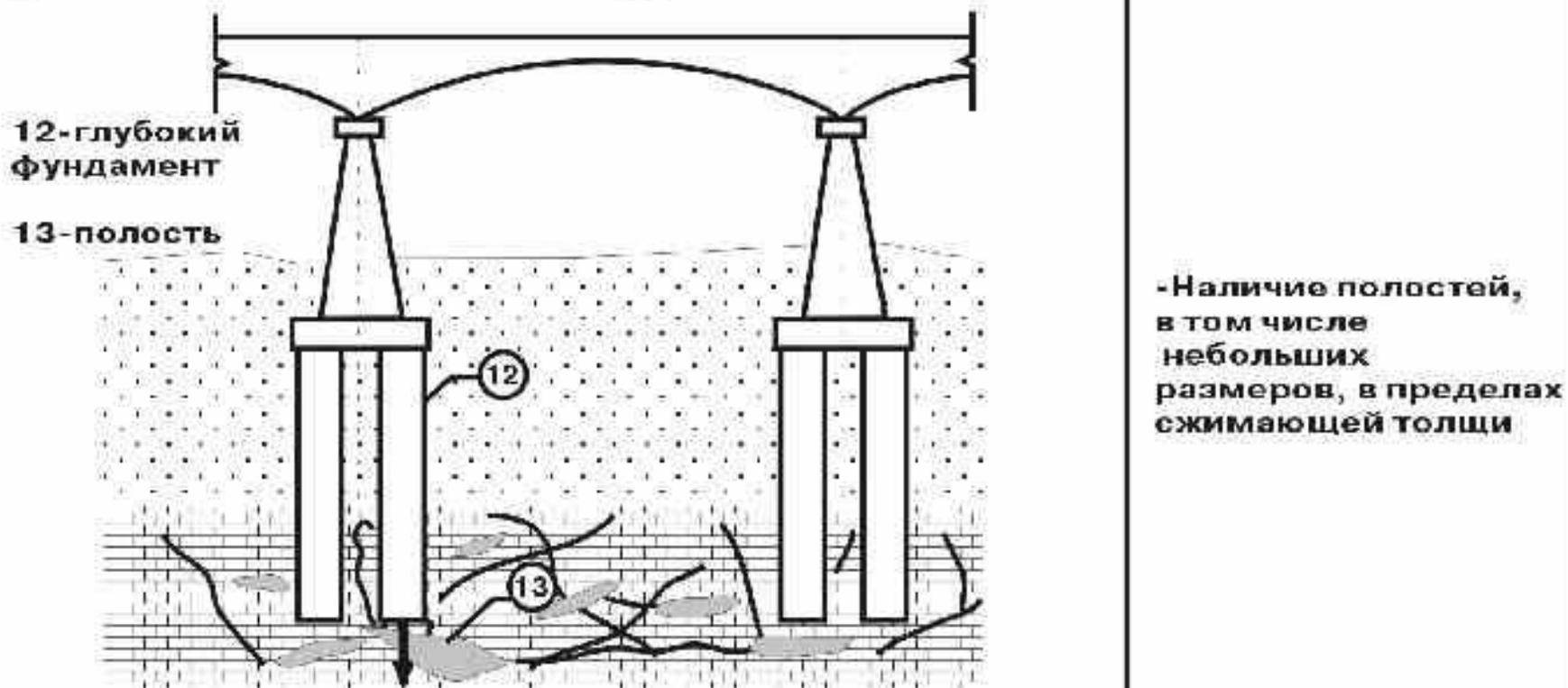
Схема

Критерии

1.



2.



-Наличие полостей в карстующей толще

-Наличие полостей, в том числе небольших размеров, в пределах сжимающей толщи



Карстовый провал в г.Нижний Новгород (д.Подновье),
вблизи сочленения пойменной террасы р.Волга с правым коренным склоном (26 сентября 2008г.)
X= -801,6, Y= 7152,8 (ГК-1942г 8444427; 6242018)

Карстоопасность типа D

обусловлена недопустимыми утечками воды из поверхностных водоёмов и т.д.



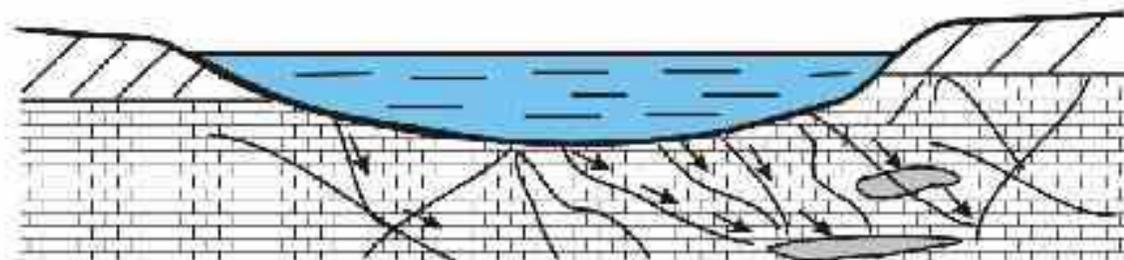
Остатки озера Белое у д.Болотниково ушедшего под землю в результате карстового повала в 2005г

В ~10 км от площадки размещения Нижегородской АЭС (Монаково)

Схема

Критерии

1.



- Степень водопроницаемости карстующихся пород
- Скорость растворения пород при движении воды по трещинам
- Интенсивность выноса заполнителя из трещин и полостей



Фото М.В.Леоненко mvleonenko@mail.ru

Провал у кладбища р.п. Мухтолово (2 10 2011)

ПРОТИВОКАРСТОВЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ (ПРОТИВОКАРСТОВАЯ ЗАЩИТА) - специальные инженерные мероприятия планировочного, конструктивного, строительного-технологического, эксплуатационного, геотехнического, гидрогеологического характера, направленные на предотвращение повреждений сооружений вследствие образования карстовых деформаций или уменьшение вероятности таких повреждений.

Виды противокарстовых мероприятий назначаются по результатам инженерных изысканий

- **Противокарстовые мероприятия должны обеспечить:**
 - а) предотвращение недопустимого загрязнения геологической среды;
 - б) должную безопасность людей и предотвращение катастрофических разрушений зданий и сооружений;
 - в) рентабельность строительства и эксплуатации сооружений с учётом возможного экономического ущерба от карстовых деформаций, расходов на дополнительные специальные изыскания, включая карстомониторинг, конструктивную противокарстовую защиту, особые условия эксплуатации сооружений и страхования с учётом карстовых рисков.

- **Виды противокарстовых мероприятий:**
 - а) архитектурно-планировочные
 - б) геотехнические
 - в) конструктивные
 - г) эксплуатационные
 - д) мониторинговые

- **Противокарстовые мероприятия выполняются комплексно :**
 - до начала строительства
 - в ходе строительства
 - и (или) в период эксплуатации сооружения

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОТИВОКАРСТОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРИНЦИПАМ, КЛАССАМ, ТИПАМ И ВИДАМ

1		2		3		4	
Изменения в нужном направлении естественного хода карстовых процессов		Без воздействия на карстовые процессы		Уменьшение негативного влияния техногенных воздействий на карстовый процесс		Уменьшение последствий аварийных ситуаций	
ГГ	-Регулирование поверхностного стока	АП	-Расположение сооружений на наименее опасных частках	ОГ ГГ	-Ограничение откачки подземных вод	ОТ	-Разработка карстологических паспортов
ГГ	-Заполнение полостей тампонажным материалом	АП	-Недопустимость расположения сооружений под опасными карстопроявлениями	КМ	-Контроль за деформациями	ОТ	-Создание аварийного запаса материалов
ГГ	-Засыпка воронок водонепроницаемыми материалами	КМ	-Контроль за деформациями	ОГ ГГ	-Предотвращение подтопления территории	ОТ	-Проведение регулярного инструктажа и деловых игр
ГГ	-Закрепление грунтов покрывной толщи	К	-Устройство монолитных ж/б фундаментов с консольными выступами	ОТ	-Предотвращение вибродинамических воздействий на грунтовую толщу	ОТ	-Страхование объектов от карстовых рисков

ТИПЫ ПРОТИВОКАРСТОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ:

ГГ- гидрогеологические; **ГТ** - геотехнические; **АП** – архитектурно-планировочные;
К – конструктивные; **КМ** – контрольно-мониторинговые; **ОТ** – организационно-технические.



Образование провала под инженерным сооружением





Иллюстрация определения параметров расчетного пролета
необходимого для безаварийного функционирования сооружения в
условиях образования провала под основанием



Иллюстрация определения параметров расчетной площади ослабления основания необходимого для безаварийного функционирования сооружения в условиях образования провала

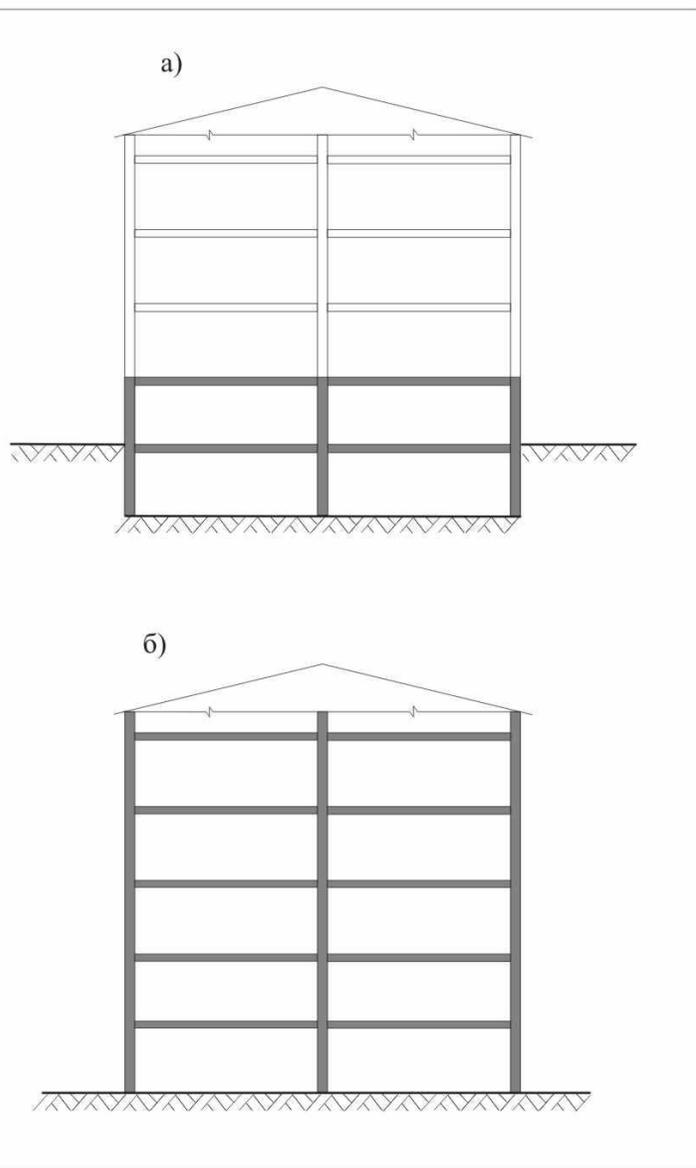


Рис. 8.9 Повышение пространственной жесткости здания путем устройства рамных конструкций :
 а) с одноэтажной рамой;
 б) с многоэтажной рамой.

Конструктивная противокарстовая защита

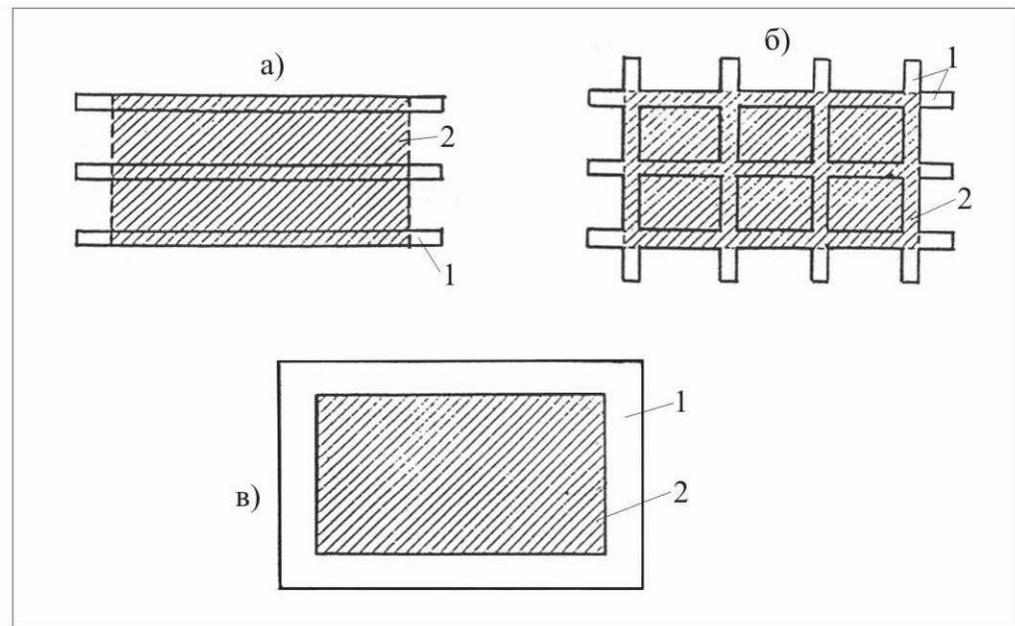


Рис.8.1 Типы железобетонных монолитных противокарстовых фундаментов:
 а - ленты; б - перекрестные ленты; в - плита; 1 - консольные выступы;
 2 - площадь в пределах контура сооружения

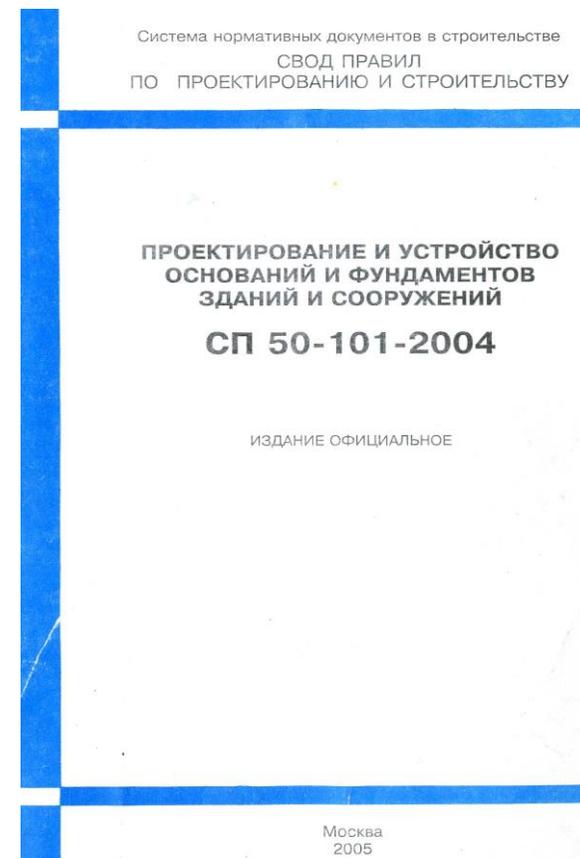
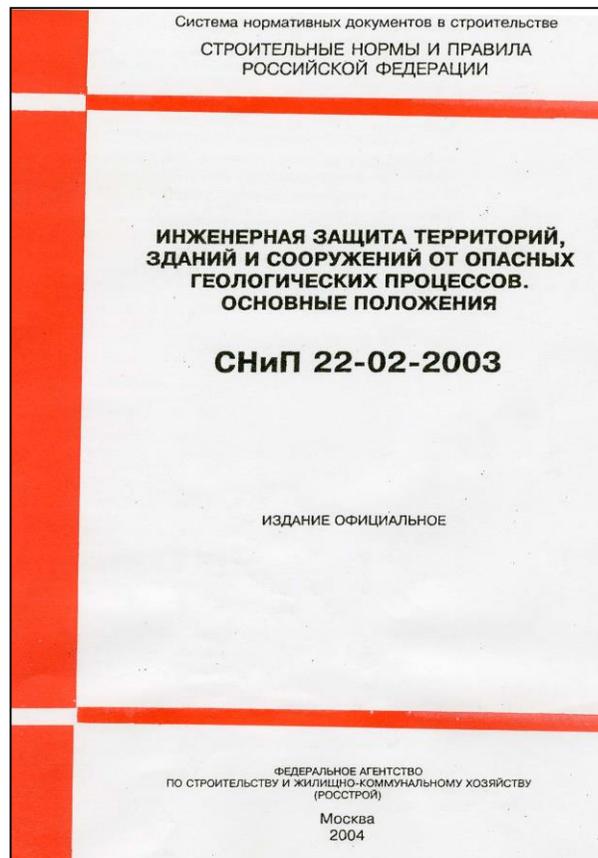
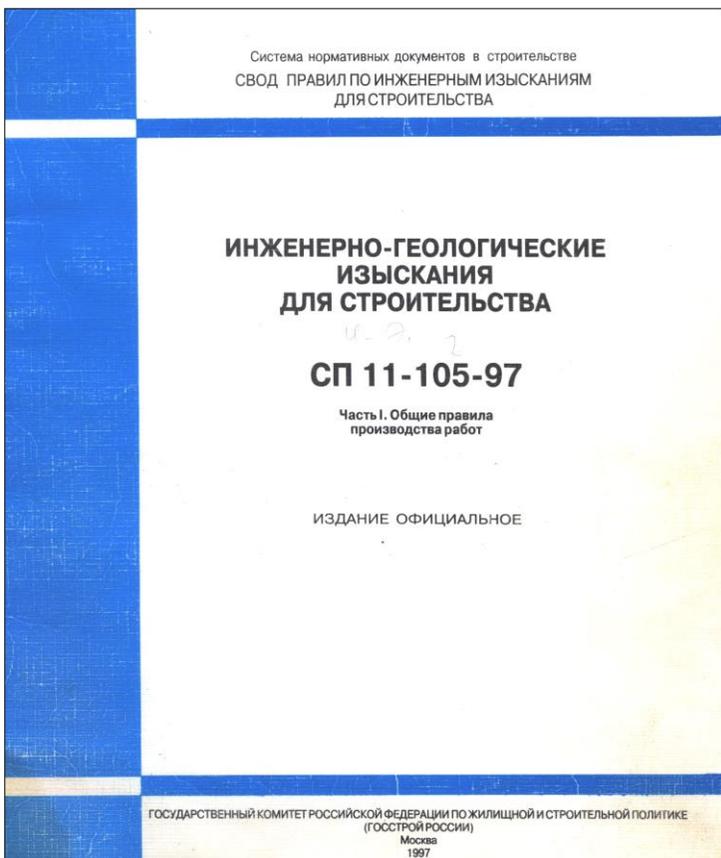


Пример противокарстового фундамента
(Нижний Новгород, м/р «Молодежный», застройщик «Жилстрой НН»)

Провал 25 ноября 1977 года под стеной
склада стройбазы Дзержинской ТЭЦ
построенной с конструктивной
противокарстовой защитой
(усилением фундаментной части на расчетный пролет карстового провала ~5м)



Условия безопасного освоения закарстованных территорий регламентируются нормативными документами РФ



Основные нормативные документы изыскателей

СНиП 11-02-96.

Инженерные изыскания для строительства. Основные положения



п. 4.22

*Оценка опасности
природных процессов и
риска*



п. 6.16

*Требования к изысканиям на
закарстованных территориях*

СП 11-105-97 ч. II

Инженерно-геологические изыскания для строительства



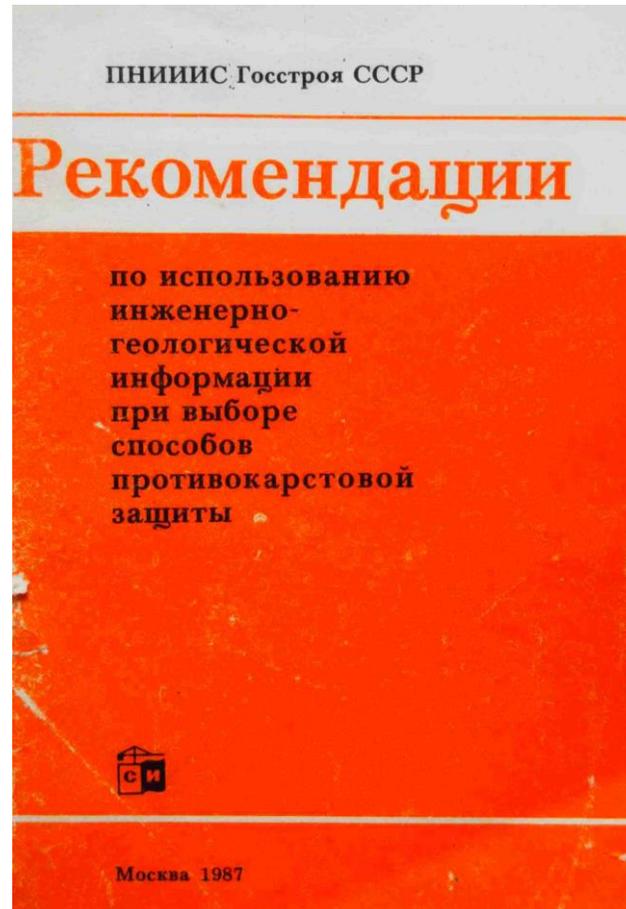
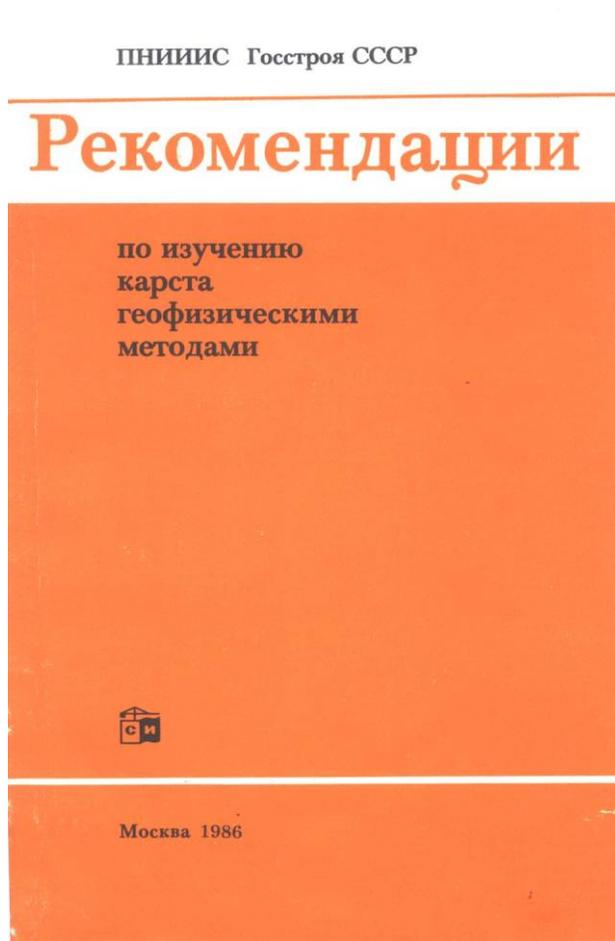
*Раздел 5
Карст*

**Специализированные карстовые региональные (территориальные)
нормативные документы
(ТСН, Региональные нормативы ...)**

Документы регламентирующие изыскания в районах развития карста:

- **ГОСТ**
- ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. 2005.
- **СНиП**
- СНиП 22.01-95. Геофизика опасных природных воздействий. 1996.
- СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы. 1997.
- СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. 1997.
- СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. 2003.
- СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. 2004.
- СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. 2006.
- **СП**
- СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. 1997.
- СП 11-105-97, ч. I. Инженерно-геологические изыскания для строительства. 1998.
- СП 11-105-97, ч. II. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. 2000.
- СП 11-105-97, ч. III. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов. 2000.
- СП 11-105-97 ч. VI. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Правила производства геофизических исследований. 2004.
- СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. 2003.
- СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. 2004.
- СП 42-103-2004. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. 2004.
- СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. 2005.
- СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. 2003.
- **Ведомственные документы**
- Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах / ЦПИ — 22/1, МПС РФ, 1997.
- Технологический регламент диагностики и режимных наблюдений объектов земляного полотна для постоянной эксплуатации. ОАО «РЖД», 2007.
- п.4.1 СППНАЭ-87. Основные требования по составу и объему изысканий и исследований при выборе пункта площадки АС, 2000.
- Нормы МАГАТЭ. № NSG-3.6. Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС. Руководство по безопасности, 2005.
- НП-064-05. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Учёт внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. 2005.

При изысканиях на закарстованных территориях используются методические документы



ИНТЕНСИВНОСТЬ ↔ КАРСТООПАСНОСТЬ

Прогнозируемый критерий карстовой опасности	Вариант 1 дифференциации территорий по категориям «устойчивости» (карстоопасности) по интенсивности провалообразования (согласно СП 11-105-97 ч. II)		Вариант 2 дифференциации территорий по классам карстово-провальной опасности	
	Индекс категории	Значения	Индекс классов	Значения
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Удельная интенсивность провалообразования λ [число провалов на 1 км ² в год (гр. 3) или на 1 га за срок 100 лет (гр.5)]	VI	0	1	0
	V	<0,01	2	<0,001
			3	0,001-0,003
			4	0,003-0,01
	IV	0,01-0,05	5	0,01-0,05
	III	0,05-0,1	6	0,05-0,1
	II	0,1-1,0	7	0,1-0,3
			8	0,3-1,0
I	>1,0	9	1-3	
		10	>3	
Прогнозируемый средний диаметр карстовой воронки, d, м	Г	<3	a	<1
			b	1-3
	B	3-10	c	3-5
			d	5-10
	Б	10-20	e	10-15
			f	15-20
	А	>20	g	20-40
			h	> 40

ИНТЕНСИВНОСТЬ ↔ КАРСТООПАСНОСТЬ

Прогнозируемый критерий карстовой опасности	Вариант 1 дифференциации территорий по категориям «устойчивости» (карстоопасности) по интенсивности провалообразования (согласно СП 11-105-97 ч. II)		Вариант 2 дифференциации территорий по классам карстово-провальной опасности		
	Индекс категории	Значения	Индекс классов	Значения	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
Удельная интенсивность провалообразования λ [число провалов на 1 км ² в год (гр. 3) или на 1 га за срок 100 лет (гр.5)]	VI	0	1	0	
	V	<0,01	2	<0,001	
		IV	0,01-0,05	3	0,001-0,003
		III	0,05-0,1	4	0,003-0,01
		II	0,1-0,5	5	0,01-0,05
		I	0,5-1,0	6	0,05-0,1
	I	1-3	7	0,1-0,3	
	I	3-10	8	0,3-1,0	
	I	10-20	9	1-3	
	I	>20	10	>3	
Прогнозируемый средний диаметр карстовой воронки, d, м	Г	<3			
	В	3-10			
	Б	10-20			
	А	>20			

Новые Федеральные законы

- «О техническом регулировании»,
- «Градостроительный кодекс Российской Федерации»,
- Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений»,
- «Об охране окружающей среды»,
- «О недрах»,
- «Об организации страхового дела в Российской Федерации».

Ключевым требованием в новых ФЗ (применительно к рассматриваемой проблеме) является необходимость оценки риска и сравнения с допустимым его значением.

**Ключевыми понятиями
ФЗ «О техническом регулировании» являются:
«риск»,
«степень риска»,
«допустимый риск»**

- Эти понятия для карстоопасных территорий интерпретируются следующим образом:
- Под **карстовым риском (P_r)** понимается **вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу, окружающей среде с учётом ущербов социального, экономического и экологического характера вследствие негативного влияния карстовых процессов.**

Вероятность (риск) поражения участка площадью 1 га за срок 100 лет (1 кв.км за 1 год)

определяется по формуле:

$$P_r = 1 - \exp(-\lambda d),$$

где λd - расчётное значение показателя интенсивности провалообразования, определяемое с учётом среднего и максимального значений диаметров провалов и предполагаемых техногенных воздействий.

Допустимые удельные карстовые риски R_n для различных видов сооружений

(на 1 га территории за срок 100 лет или на 1 кв.км за 1 год)

Типы социального ущерба	Типы экономического ущерба								
	I			II			III		
	Типы экологического ущерба								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	0,1	0,05	0,01	0,05	0,01	0,005	0,01	0,005	0,001
B	0,05	0,01	0,005	0,01	0,005	0,001	0,005	0,001	0,0005
C	0,01	0,005	0,001	0,005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,0001

Примечания:

- 1. Таблица составлена с учётом Декларации о предельно допустимых рисках, разработанной в 2007 г. под эгидой Общероссийской общественной организации «Российское научное общество анализа риска» и при консультации со специалистами этой организации, НИИОСП, Института геоэкологии РАН и др.
- 2. Конкретные значения допустимого уровня риска для отдельных сооружений устанавливаются застройщиком и проектной организацией.
- 3. Для ранее построенных объектов значения R_n увеличиваются на порядок, для реконструированных объектов на полпорядка.
- 4. Для объектов, представляющих особую значимость (политико-административные центры, крупные музеи, храмы и т.п.), значения R_n уменьшаются на порядок.
- 5. Значения R_n могут корректироваться в зависимости от конкретной хозяйственной обстановки.
- 6. Указанные в таблице значения R_n (при расчетном сроке 100 лет) уменьшаются на два порядка при расчётном сроке нормирования 1 год.
- 7. В таблице принята следующая условная классификация ущербов:
- **Экономический ущерб (в ценах 2005 г.)**
- I) малый (< 10 млн. руб.); II) средний (10-100 млн. руб.); III) большой (100 млн. -1 млрд. руб.).
- **Экологический ущерб**
- 1) загрязнение окружающей среды практически невозможно; 2) возможно локальное загрязнение окружающей среды; 3) возможно загрязнение окружающей среды на больших площадях.
- **Социальный ущерб**
- а) гибель людей практически невозможна; б) возможна гибель группы людей (до 10 чел.); в) возможна гибель большой группы людей (10-100 чел.).
- 8. Для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов возможные ущербы и соответствующие им значения R_n определяются отдельно по конкретным объектам.

Под степенью, или **уровнем (LR) карстового риска** понимается отношение карстового риска (Pr) к допустимому значению риска (Rn) для данного сооружения (строительной площадки).

$$LR = Pr/Rn$$

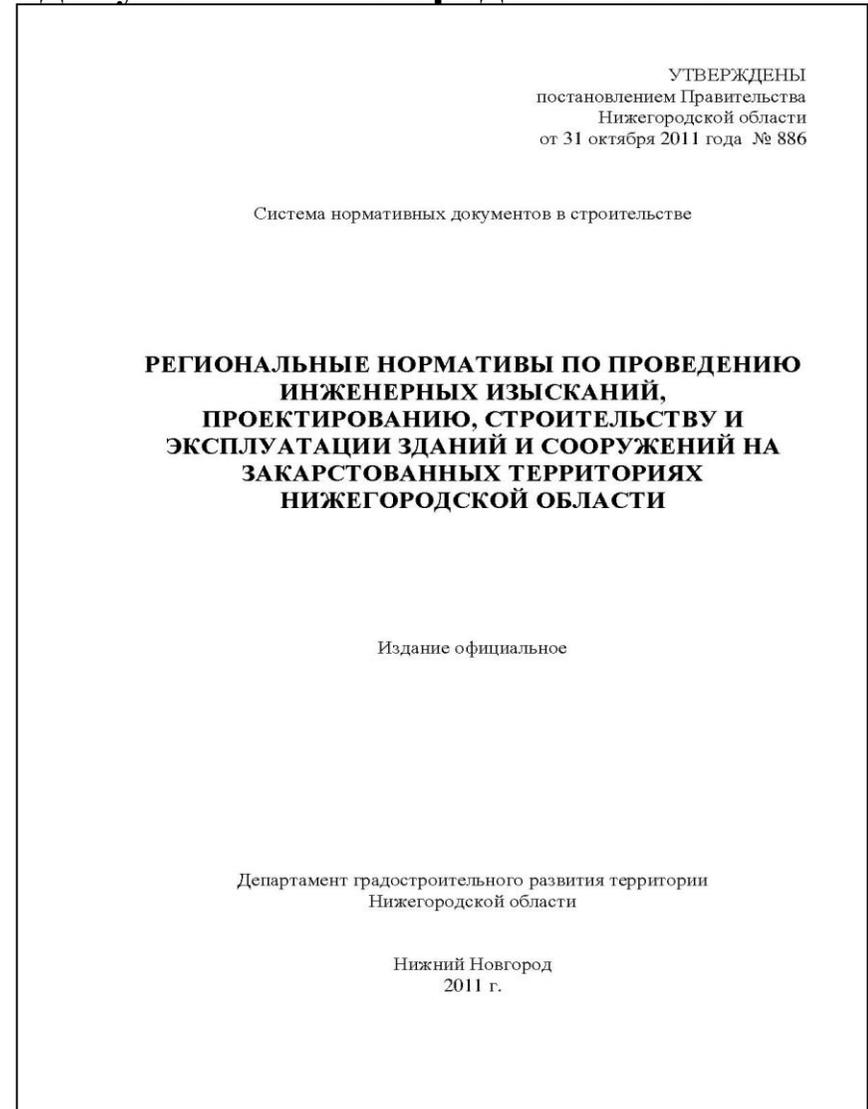
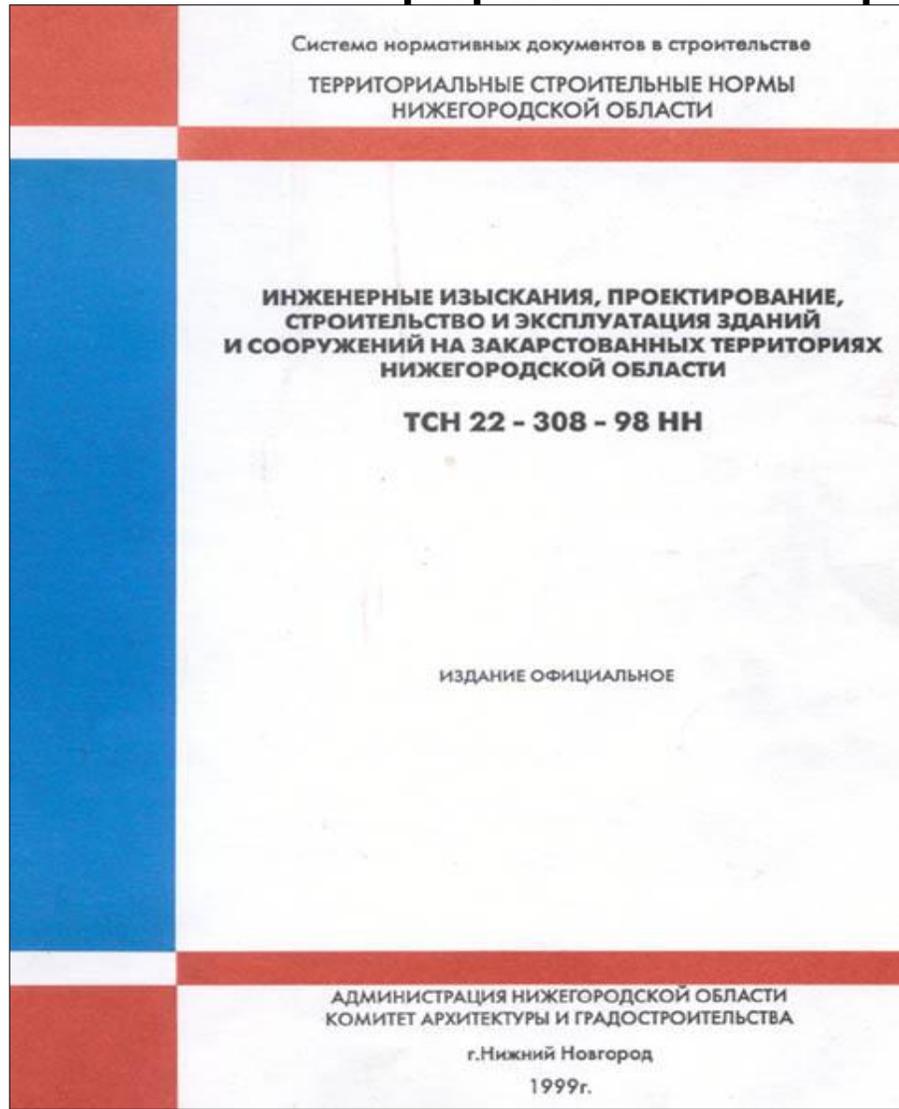
В зависимости от определённых интервалов значений LR представлена **система экономически оправданных противокарстовых мероприятий**, которая позволяет застройщику оценить сложность инженерно-строительного освоения провалоопасных территорий.

LR	Вид наиболее эффективного или экономически оправданного противокарстового мероприятия для снижения уровня карстового риска	Комплекс мероприятий, адекватных уровню карстового риска
< 0,1	Не проводятся	
0,1-0,3	(A) Недопущение значительных техногенных воздействий на геологическую среду	A
0,3-1	(B) Отказ от отдельно стоящих фундаментов в каркасных зданиях	A+B
1-3	(C) Конструктивная противокарстовая защита фундаментов	A+B+C
3-10	(D) Регулярный контроль за состоянием конструкций и оснований	A+B+C+D
10-30	(E) Повышение жёсткости верхнего строения	A+B+C+D+E
30-100	(F) Специальные сигнальные устройства	A+B+C+D+E+F
100-300	(G) Закрепление карстующихся пород	A+B+C+D+E+F+G
> 300	Строительство не рекомендуется	

Противокарстовые мероприятия снижают уровень карстового риска LR путём уменьшения Pr и (или) увеличения Rn. Учитывая это можно выбрать наиболее эффективный вариант противокарстовой защиты.

Условия безопасного освоения закарстованных территории Нижегородской области длительный период регламентировались ТСН 22-308-98 НН

По заданию Департамента архитектуры Нижегородской области
в 2009-2011г. разработан новый нормативный документ Нижегородской области



- **ТИПОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

- **НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО ТЕМЕ:**

- **«Специальные карстологические исследования площадки строительства ...»**

- Провести анализ фондовой инженерно-геологической информации.
 - Выполнить анализ космо- и аэрофотоснимков, а также топооснов на территорию площадки строительства.
 - Провести карстологическую рекогносцировку территории площадки и прилегающей к ней местности.
 - Выполнить комплекс геофизических и буровых исследований с целью выявления потенциально опасных подземных карстопроявлений.
 - Определить наиболее вероятный механизм провалообразования и выполнить прогноз максимальных и средних диаметров провалов по обобщенным геолого-гидрогеологическим показателям.
-
- По результатам анализа в соответствии с нормативными документами произвести оценку карстоопасности с составлением схемы карстоопасности площадки.
 - Выполнить определение карстового риска в соответствии с требованиями Градостроительного кодекса РФ.
 - Оценить расчетные параметры противокарстовой защиты в случае ее необходимости для объекта строительства.
 - Разработать рекомендации по противокарстовым мероприятиям с оценкой снижения карстового риска до допустимого уровня.
 - Составить отчет (заключение) о карстоопасности площадки.

Оценка карстоопасности базируется

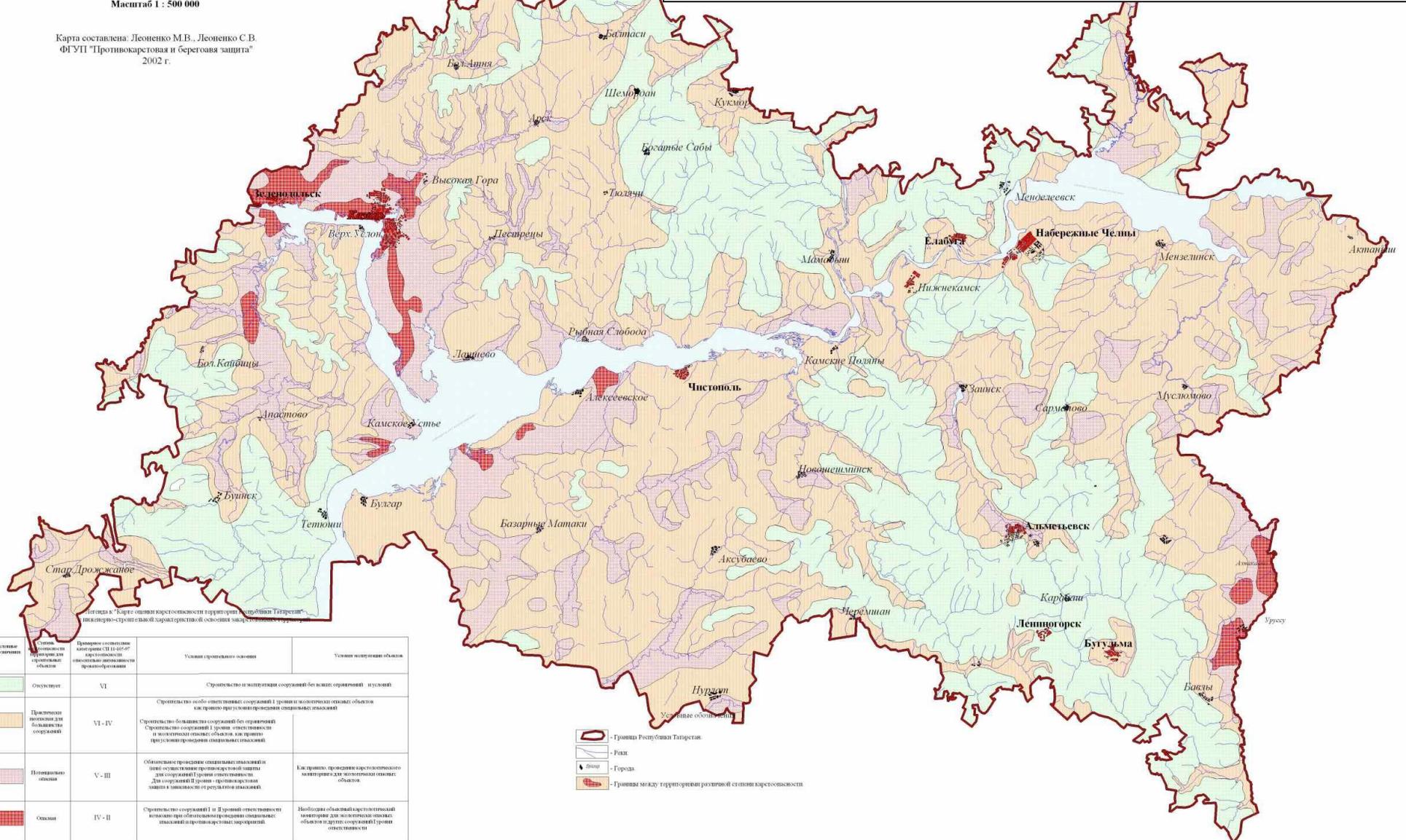
на фоновом (базовом) показателе

Карта-схема оценки карстоопасности территории Республики Татарстан

(первая редакция)

Масштаб 1 : 500 000

Карта составлена: Леоненко М.В., Леоненко С.В.
ФГУП "Противокарстовая и береговая защита"
2002 г.



Условные обозначения	Степень опасности территории для строительства объектов	Правовые ограничения территории для строительства объектов	Условия строительства объектов	Условия эксплуатации объектов
	Опасности нет	VI	Строительство и эксплуатация сооружений без особых ограничений - usualnyy	
	Применяются требования для большинства сооружений	VI - IV	Строительство особо ответственных сооружений I уровня ответственности объектов как правило производится по специальным условиям	
	Потенциально опасная	V - III	Строительство большинства сооружений без ограничений и эксплуатации объектов как правило производится по специальным условиям	
	Опасная	IV - II	Обязательно проведение специальных исследований и принятие специальных мер защиты для сооружений II уровня ответственности объектов в зависимости от результатов исследований	Как правило, проведение карстового мониторинга для эксплуатации объектов
	Опасная	IV - II	Строительство сооружений I и II уровня ответственности объектов при обязательном проведении специальных исследований и принятии специальных мер защиты	Необходима обязательная карстовый мониторинг для эксплуатации объектов и принятие специальных мер защиты

- Границы Республики Татарстан.
- Реки.
- Города.
- Границы между территориями различной степени карстоопасности.

Оценка карстоопасности базируется

на фоновом (базовом) показателе

Карта-схема оценки карстоопасности территории Республики Татарстан

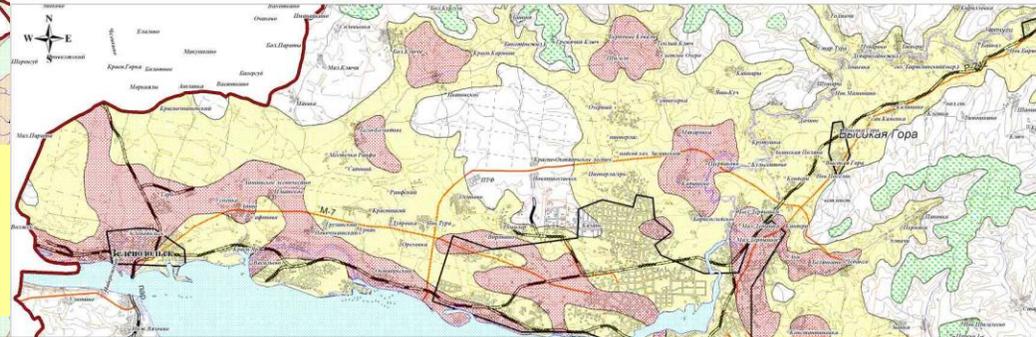
(первая редакция)

Масштаб 1 : 500 000

Карта составлена: Леоенко М.В., Леоенко С.В.
ФГУП "Противокарстовая и береговая защита"
2002 г.



Приказанский карстовый район



Условные обозначения	Степень карстоопасности территории для строительных объектов	Примерное соответствие категориям СП 11-105-97 карстоопасности относительно интенсивности провалообразования	Условия строительного освоения	Условия эксплуатации объектов
	Отсутствует	VI	Строительство и эксплуатация сооружений без всяких ограничений и условий	
	Практически неопасная для большинства сооружений	VI - IV	Строительство большинства сооружений без ограничений. Строительство сооружений I уровня ответственности и экологически опасных объектов, как правило при условии проведения специальных изысканий.	Строительство особо ответственных сооружений I уровня и экологически опасных объектов как правило при условии проведения специальных изысканий
	Потенциально опасная	V - III	Обязательное проведение специальных изысканий и (или) осуществление противокарстовой защиты для сооружений I уровня ответственности. Для сооружений II уровня - противокарстовая защита в зависимости от результатов изысканий.	Как правило, проведение карстологического мониторинга для экологически опасных объектов.
	Опасная	IV - II	Строительство сооружений I и II уровней ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий и противокарстовых мероприятий.	Необходим объектный карстологический мониторинг для экологически опасных объектов и других сооружений I уровня ответственности

Условные обозначения	Степень карстоопасности	Обязательное проведение специальных изысканий и (или) осуществление противокарстовой защиты для сооружений I уровня ответственности. Для сооружений II уровня - противокарстовая защита в зависимости от результатов изысканий.	Как правило, проведение карстологического мониторинга для экологически опасных объектов.
	V - III	Обязательное проведение специальных изысканий и (или) осуществление противокарстовой защиты для сооружений I уровня ответственности. Для сооружений II уровня - противокарстовая защита в зависимости от результатов изысканий.	Как правило, проведение карстологического мониторинга для экологически опасных объектов.
	IV - II	Строительство сооружений I и II уровней ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий и противокарстовых мероприятий.	Необходима обязательная карстологическая мониторинг для экологически опасных объектов и других сооружений I уровня ответственности.

- Граница Республики Татарстан.
- Реки.
- Города.
- Границы между территориями районов.

- Условные обозначения
- Граница Республики Татарстан.
 - Реки.
 - Населенные пункты.
 - Границы между территориями различной степени карстоопасности.
 - Изолинии рельефа.



**ВОЗМОЖНЫЕ ВИДЫ КАРСТОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ
(БАЛЬНОЙ) ОЦЕНКЕ КАРСТООПАСНОСТИ ИЛИ Pr**

I. Поверхностные карстопроявления

II. Подземные карстопроявления

III. Условия образования провалов

**IV. Условия развития карста в толще
растворимых пород**

I. ВОЗМОЖНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ О ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОПРОЯВЛЕНИЯХ ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ R_r

A	Наличие или отсутствие карстопроявлений	B	Возраст воронок	C	Минимальное расстояние от воронки до площадки
1	Отсутствие воронок	1	Старые	1	> 500 м
2	Наличие одиночных воронок	2	Молодые	2	200 – 500 м
3	Наличие скопления воронок	3	Свежие	3	100 – 200 м
				4	50 – 100 м
				5	< 50 м
				6	В пределах площадки

II. ВОЗМОЖНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ О ПОДЗЕМНЫХ КАРСТОПРОЯВЛЕНИЯХ ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ P_r

A Вербальная характеристика			
1	Признаков карстопроявлений не выявлено	A Расположение карстопроявлений в разрезе	C Расположение карстопроявлений по отношению к сжимаемой толще
2	Полости отсутствуют		
3	Разуплотненные и разрушенные зоны отсутствуют		
4	Наличие косвенных признаков подземных карстопроявлений	1 Карстующаяся толща	1 За пределами сжимаемой толщи
5	Наличие сильно трещиноватых зон	2 Покровная толща	
6	Наличие полости небольших размеров	3 Контакт карстующейся и покровной толщ	
7	Наличие полости, заполненной вышележащими грунтами		2 В пределах сжимаемой толщи
8	Наличие крупной полости		

ПРИЗНАКИ ОБ УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОВАЛОВ ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ Р,

А	Механизм провалообразования	В	Глубина залегания карстующихся пород
1	Карстово-обвального типа	1	> 90 м
2	Карстово-суффозионного типа	2	60 – 90 м
3	Смешанного типа	3	30 – 60 м
		4	15 – 30 м
		5	< 15 м

IV. ВОЗМОЖНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ОБ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ КАРСТА В ТОЛЩЕ КАРСТУЮЩИХСЯ ПОРОД ПРИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ R_r

А Литология карстующихся пород

1 Известняк, доломит

2 Мел

3 Гипс, ангидрит

4 Каменная соль

В Расположение карстующихся пород относительно уровня подземных вод

1 В зоне аэрации

2 В зоне водонасыщения

3 В переходной зоне

Бальная оценка карстоопасности на основе анализа элементов природных условий

Инженерно-геологические условия	Признаки	Экспертные баллы b_i
I. Глубина залегания известняков	<ol style="list-style-type: none"> 1. < 10 м 2. 10-15 м 3. 15-20 м 4. 20-25 м 	<ol style="list-style-type: none"> 4 3 2 1
II. Наличие четко выраженных эрозионных врезов в карбонатной толще	<ol style="list-style-type: none"> 1. Середина вреза 2. Склоны вреза 3. Отсутствие вреза 	<ol style="list-style-type: none"> 3 2 0
III. Наличие четко выраженных углублений на поверхности глин	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перегиб 2. Середина 3. Склон углубления 4. Отсутствие углубления 	<ol style="list-style-type: none"> 3 2 1 0
IV. Суммарная мощность глин между песками и известняками	<ol style="list-style-type: none"> 1. < 1 м 2. 1-3 м 3. 3-10 м 4. 10-15 м 5. > 15 м 	<ol style="list-style-type: none"> 5 3 2 1 0
V. Мощность песчаной толщи * * При залегании песков непосредственно над известняками баллы признаков V увеличиваются на 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. > 10 м 2. 7-10 м 3. 4-7 м 4. < 4 м 	<ol style="list-style-type: none"> 4 3 2 1

БАЛЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАРСТООПАСНОСТИ

По каждому участку (скважине) балл

$$\mathbf{B} = \Sigma \mathbf{b}_j$$

Степень информированности по вариантам групп баллов по значению энтропии

$$\mathbf{E} = \Sigma (- p_i \log p_i) \quad \longrightarrow \quad \mathbf{min}$$
$$p_i = n_i / N$$

Принятый вариант по $E = 1,42$

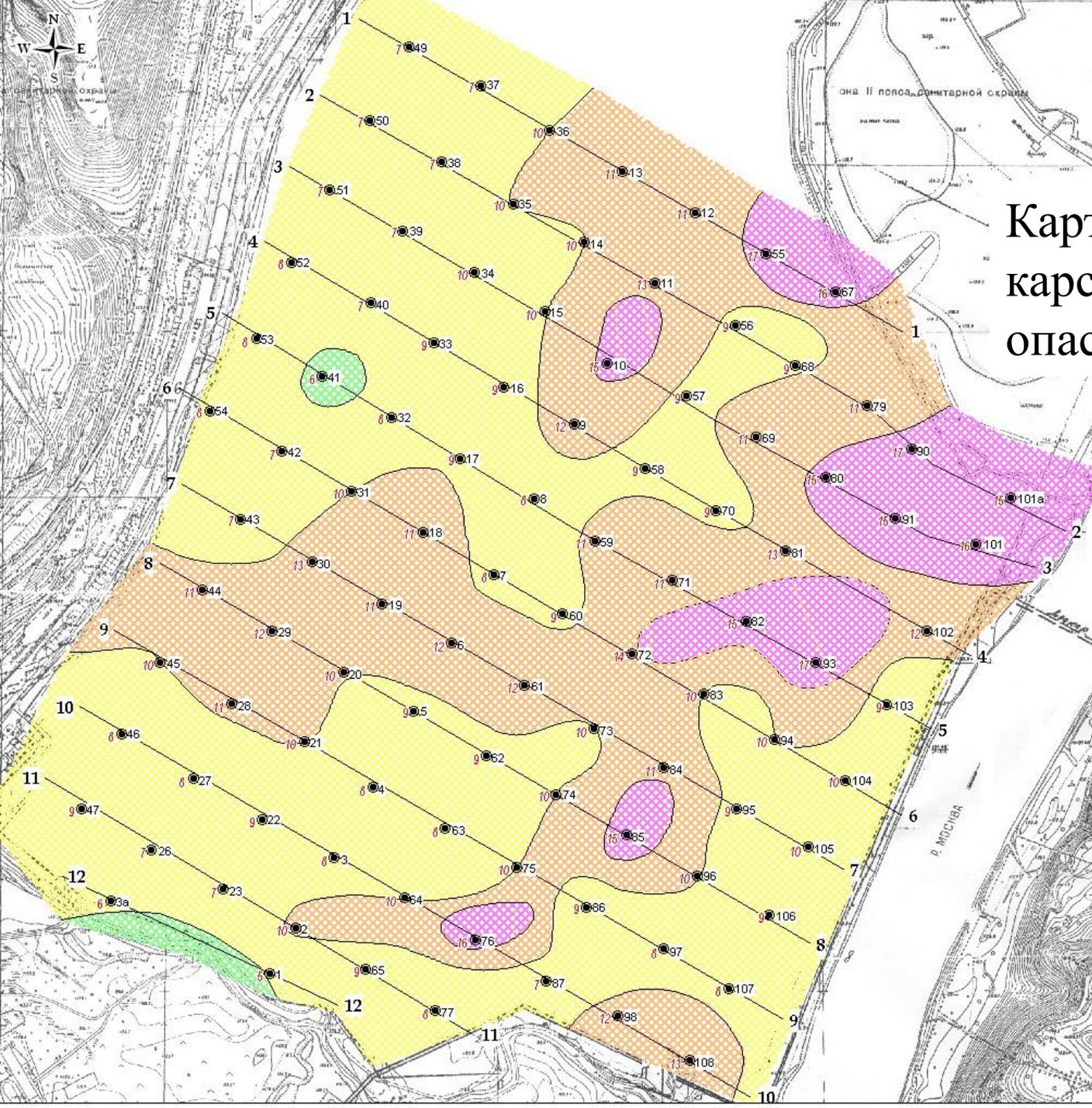
$$\mathbf{B}_1 = 5,7 \quad \longrightarrow \quad \lambda_1 = 0.01$$

$$\mathbf{B}_2 = 8,7 \quad \longrightarrow \quad \lambda_2 = 0.02$$

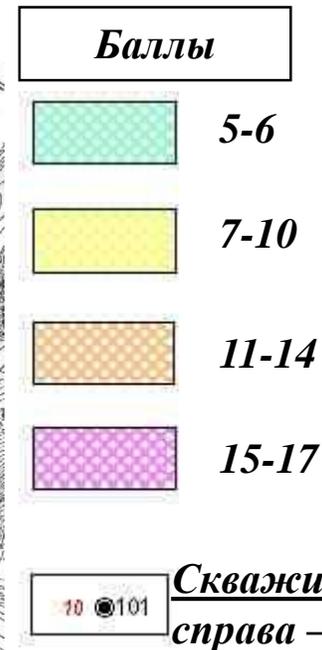
$$\mathbf{B}_3 = 11,8 \quad \longrightarrow \quad \lambda_3 = 0.03$$

$$\mathbf{B}_4 = 16,8 \quad \longrightarrow \quad \lambda_4 = 0.04$$

$$\mathbf{P} = 1 - \exp (- \lambda)$$



Карта бальной оценки карстово-суффозионной опасности



Общая схема (алгоритм) оценки карстоопасности принятой в ОАО «Противокарстовая и береговая защита»

Стадия изысканий

Разработка
предпроектной
документации



Разработка
проекта



Разработка
рабочей
документации

Предварительное заключение о карстоопасности

- Изучение условий и факторов карстоопасности
- - геоморфологические,
- - геологические
- - гидрогеологические и др. методы

Отчет (заключение) о карстоопасности

- Изучение грунтового массива
 - геологические
 - геофизические
 - микрогравиметрия
 - электроразведка ВЭЗ МДС
 - сейсморазведка МПВ
 - и др. методы
- **комплексная оценка карстоопасности**
 - частота провалообразования
 - размеры провалов

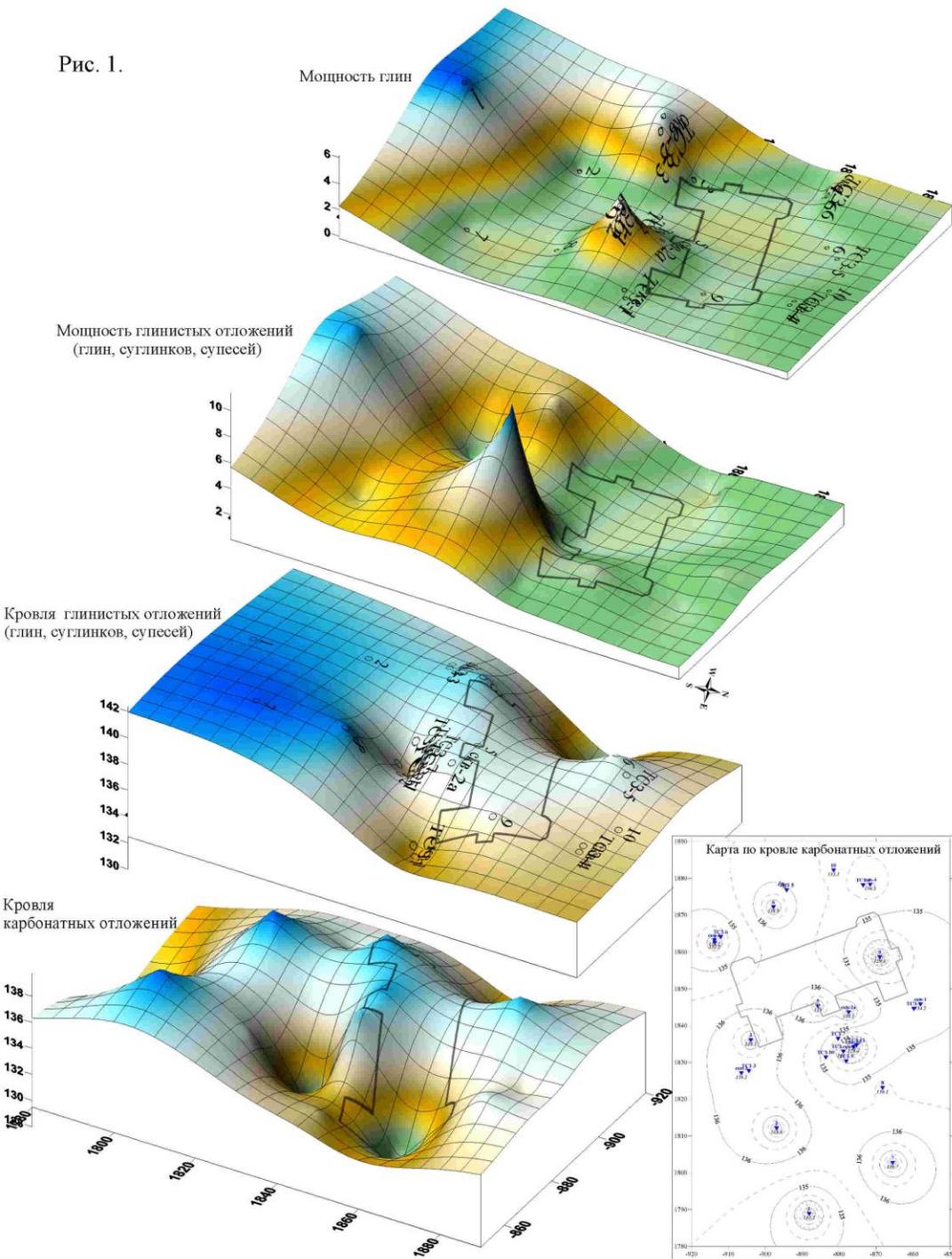
- Определение **расчетного пролета (l_d)** или **расчетной площадки ослабления (S_d)** под основанием сооружения в рамках системы «среда – сооружение»

Общая схема (алгоритм) оценки карстоопасности принятой в ОАО «Противокарстовая и береговая защита»

Стадия изысканий

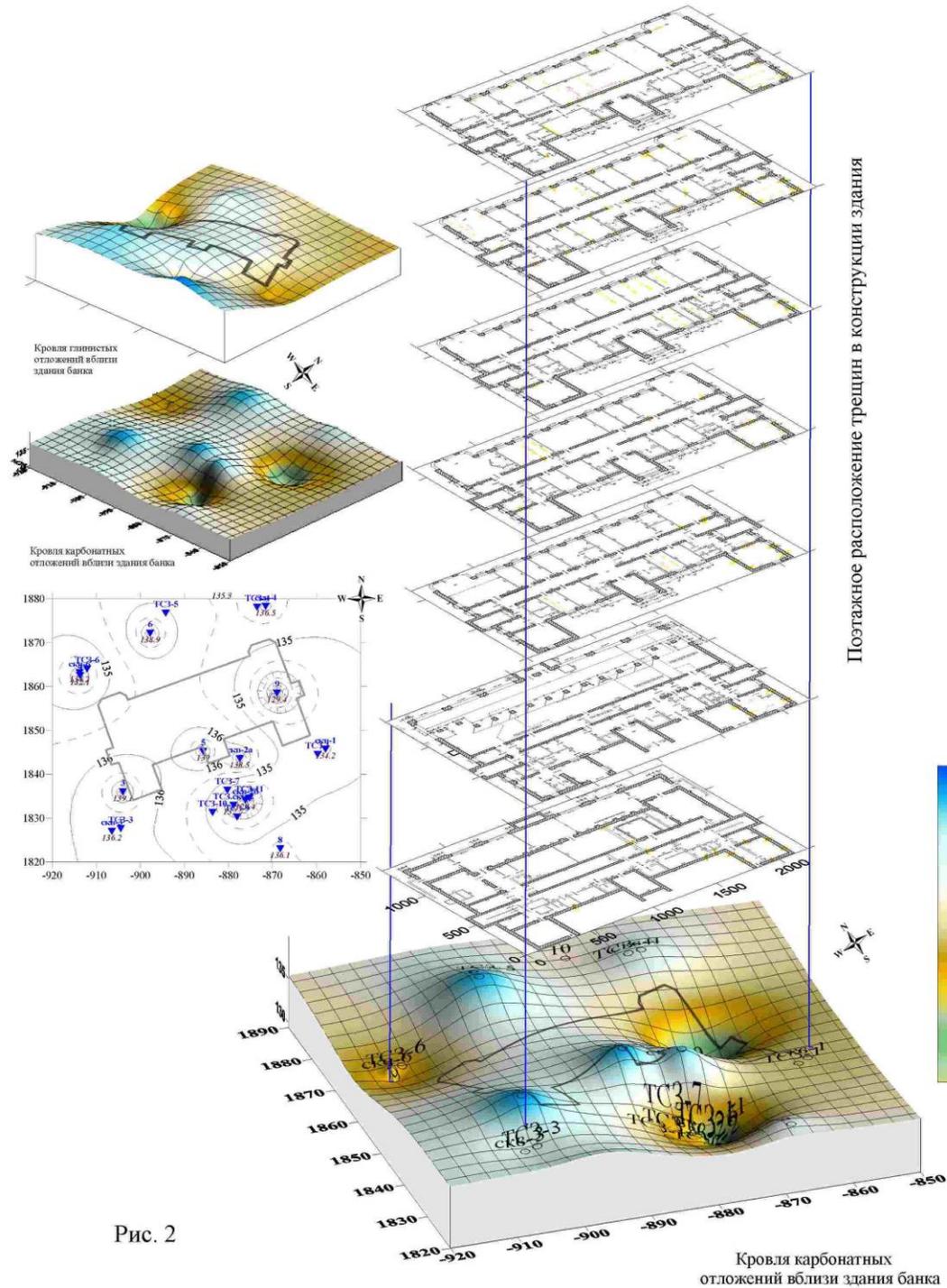


Рис. 1.



- Исследования 1992г проведены формально, не учитывая карстовый аспект
- Здание построено без учета картоопасности
- Здание практически в течении всего срока службы неравномерно деформируется
- Рекомендовано реконструировать здание с учетом противокарстовой защиты, а до начала работ вести мониторинговые наблюдения

**площадка здания
Саровского отделения ОАО
«Сбербанка России»**



- Исследования 1992г проведены формально, не учитывая карстовый аспект
- Здание построено без учета картоопасности
- Здание практически в течении всего срока службы неравномерно деформируется
- Рекомендовано реконструировать здание с учетом противокарстовой защиты, а до начала работ вести мониторинговые наблюдения

**площадка здания
Саровского отделения ОАО**

«Сбербанка России»

Рис. 2

Одна из первых карт распространения карстовых форм на территории г.Дзержинска

(составлена И.А.Саваренским в 1960-е годы)

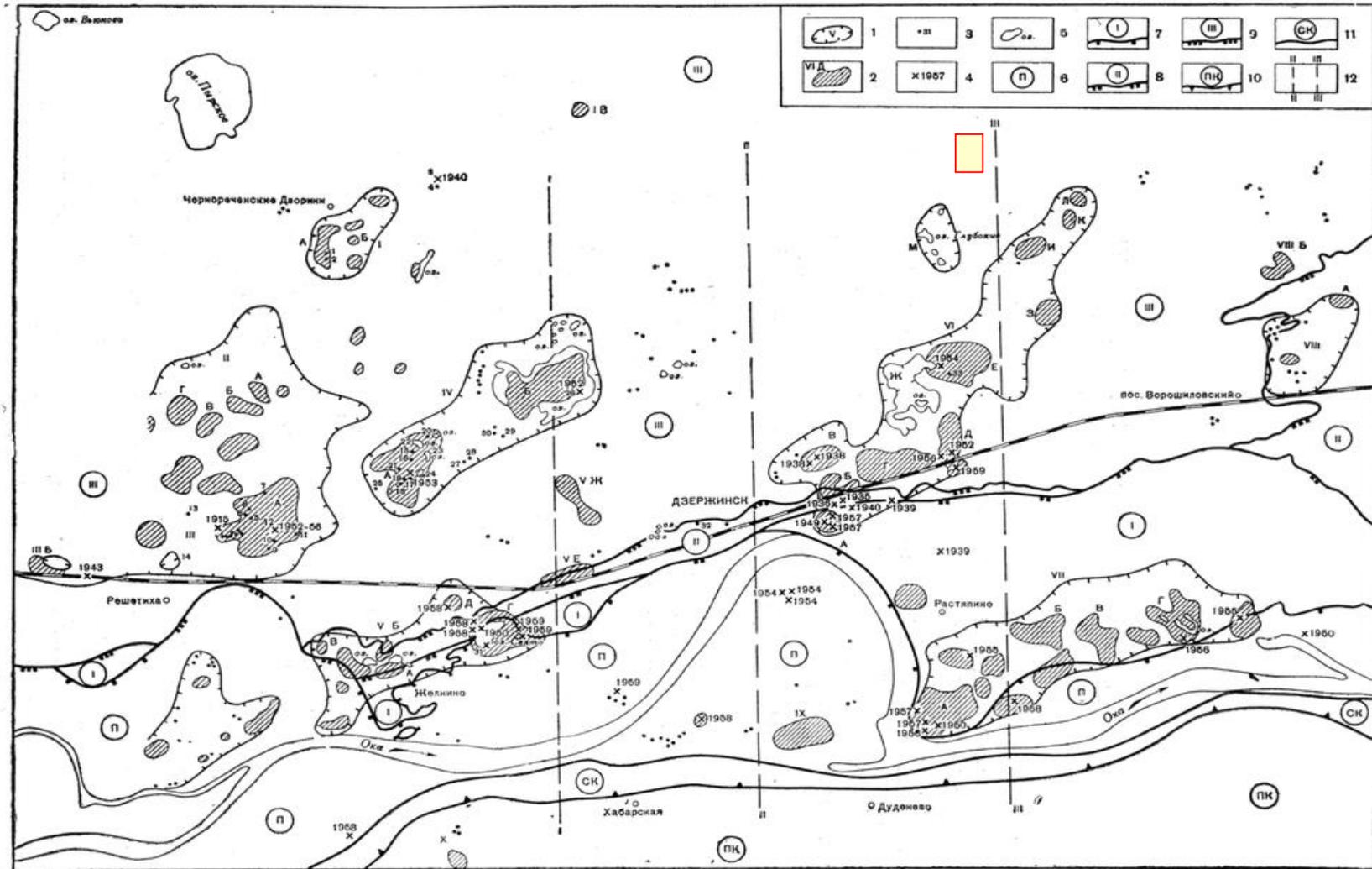
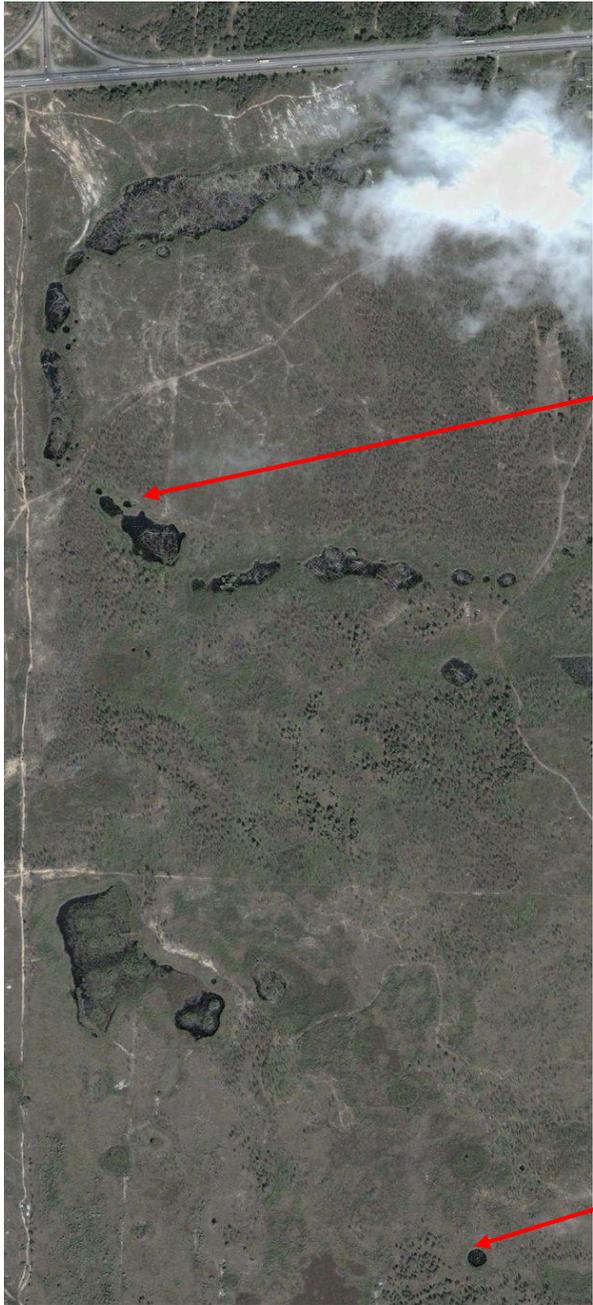


Рис. 12. Схема распространения карстовых форм рельефа в районе г. Дзержинска.

1 — участок распространения карстовых форм рельефа и его номер; 2 — скопление карстовых воронок и его буквенное обозначение; 3 — отдельная карстовая воронка и ее номер; 4 — свежий карстовый провал (воронка) и дата его возникновения; 5 — озеро; 6 — пойменная терраса Оки; 7 — I надпойменная терраса и ее уступ; 8 — II надпойменная терраса и ее уступ; 9 — III надпойменная терраса и ее уступ; 10 — плато, сложенное коренными породами татарского яруса; 11 — склон коренного берега долины Оки (зона развития оползневой и обвальной деятельности); 12 — линии геоморфологических профилей



Космоснимок и заверочные карстологические работы на участке «Интерхим»



Метод удаленности от ближайшей карстовой воронки (И.А.Саваренского)

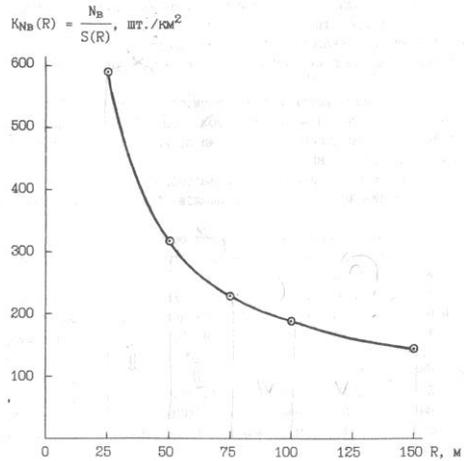


Рис.3. График зависимости плотности карстовых воронок от радиуса оконтуривания на участке у восточной окраины г.Дзержинска (см. рис.2)

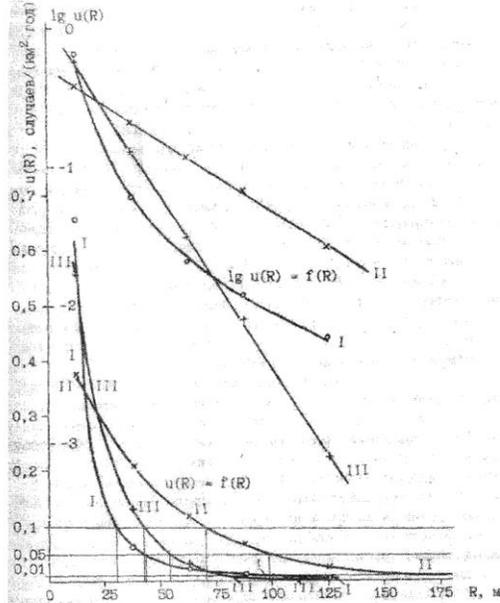
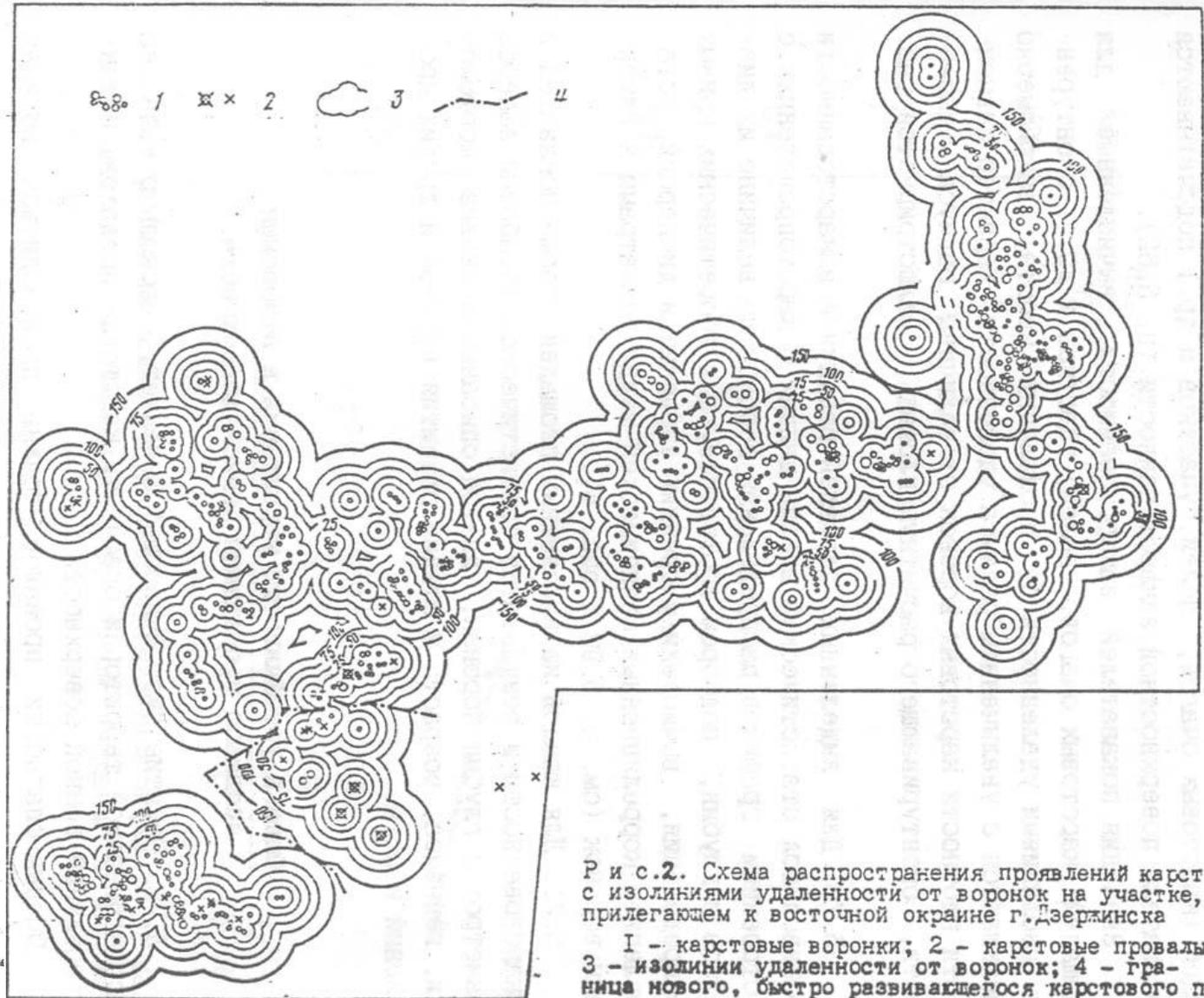


Рис.10.5 (по [35]). Распределение ожидаемой среднегодовой плотности провалов по удаленности от ближайшего проявления карста на участке у восточной окраины г. Дзержинска [47].



Р и с.2. Схема распространения проявлений карста с изолиниями удаленности от воронок на участке, прилегающем к восточной окраине г.Дзержинска

I – карстовые воронки; 2 – карстовые провалы; 3 – изолинии удаленности от воронок; 4 – граница нового, быстро развивающегося карстового поля

Рис. 1 Предварительная карта карстоопасности участка проектируемой застройки ОАО "Интерхим" (составлена методом удаленности по И.А. Саваренскому)

Масштаб 1 : 5000

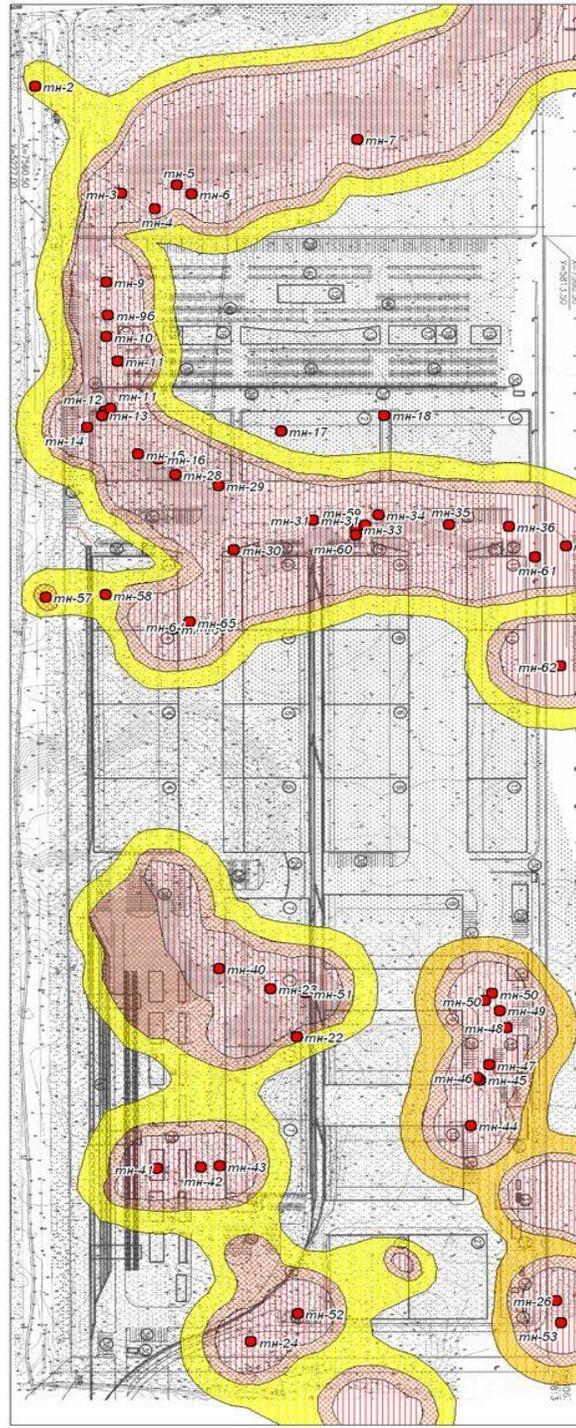
Условные обозначения

-  Границы территорий с различными категориями карстоопасности
-  Контур проектируемого сооружения и его номер по экспликации
-  Точка наблюдения карстологической рекогносировки и ее номер

Таблица оценочного соответствия категорий карстоопасности и параметров противокарстовой защиты (I_д)

штриховка	категория карстоопасности (по СП 11-105-97 ч.10)	интенсивность провалопрообразования (провалов в год на км.²)	расчетный пролет I _д [*]
	II	0,1-1,0	> 10,5
	III	0,1-0,05	5,5 - 10,5
	IV	0,05-0,01	1,2 - 5,5
	V	<0,01	до 1,2

* Расчетный пролет I_д определен для складского типа сооружения II уровня ответственности (P адм 0,95) размером 120x138 м (температурный блок 60 x 79 м, шаг колонн 6 x 12 м) со сроком эксплуатации T=100 лет.



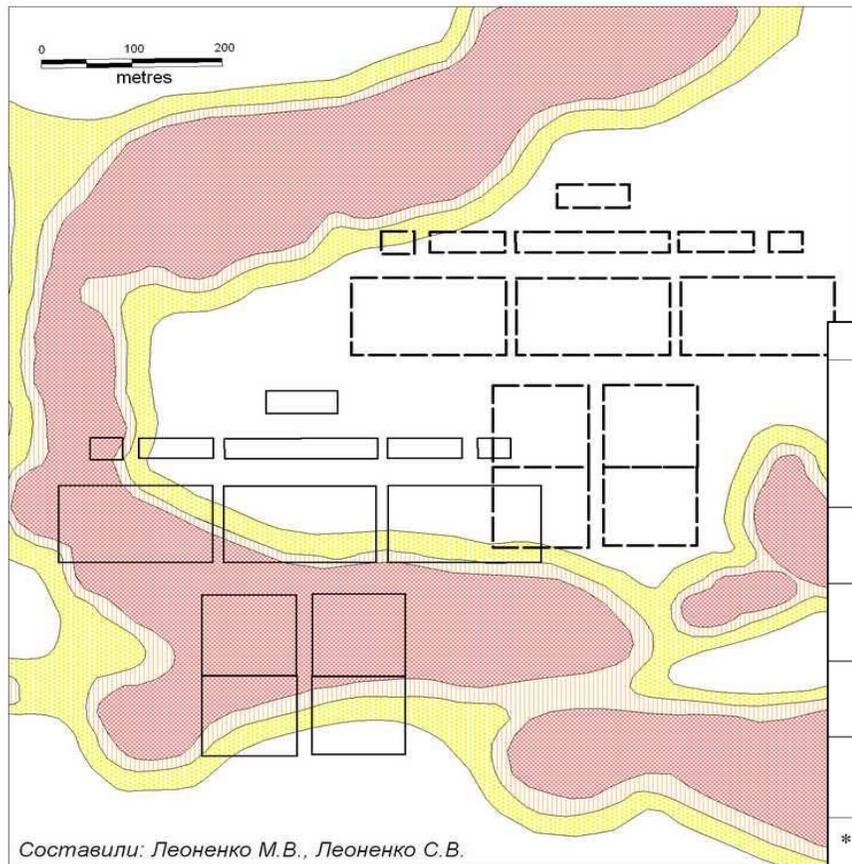


Таблица параметров противокарстовой защита для типового промышленного сооружения

	Категориям карстоопасности (по СП 11-105-97 часть II)	Интенсивность провалообразования (провалов в год на кв.км)	Расчетный пролет карстового провала $l_d, м$
	I - II Б *	> 0,1	> 10,5
	III Б **	0,1 - 0,05	5,5 - 10,5
	IV Б	0,05 - 0,01	1,2 - 5,5
	V Б	< 0,01	до 1,2

* Строительство сооружений I и II уровня ответственности экономически нецелесообразно

** Строительство сооружений I уровня ответственности экономически нецелесообразно

КАРТА

карстоопасности площадки промышленного комплекса

Масштаб 1 : 10 000

Условные обозначения

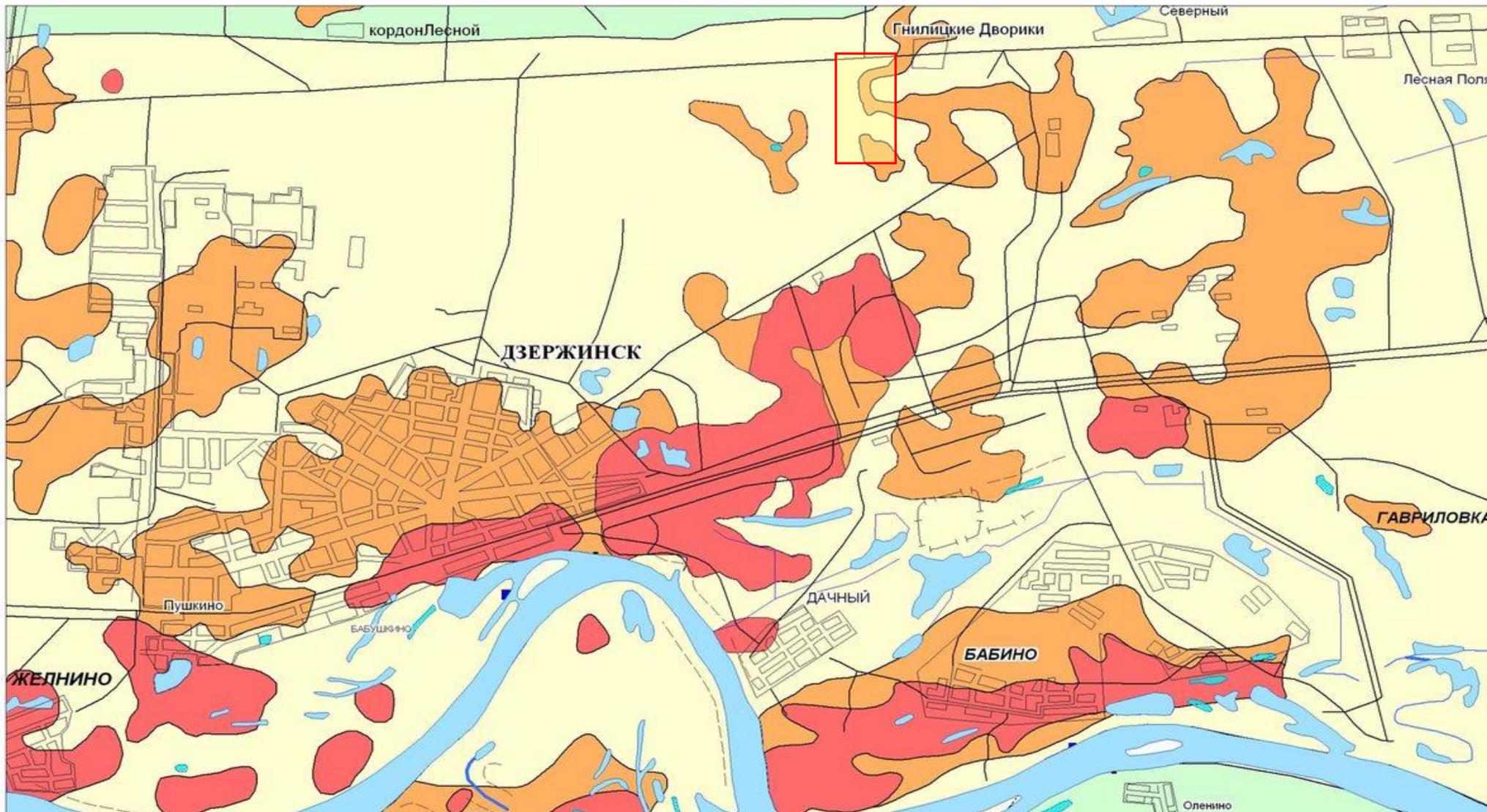
- Границы территорий с различными категориями карстоопасности
- Проектное положение комплекса сооружений
- Рекомендуемое размещение комплекса сооружений

Условия строительного освоения территорий Нижегородской области в соответствии с принятыми нормами

Условные обозначения	Необходимость учета негативного влияния карста при инженерно-строительном освоении территории *	Примерное соответствие		Общие положения по строительству и эксплуатации зданий и сооружений***	
		категориям карстоопасности по интенсивности провалообразования (по СП 11-105-97 ч. II) **	классам карстово-провальной опасности по интенсивности провалообразования	Условия строительного освоения	Условия эксплуатации объектов
	Весьма высокая	I - III	10 - 6	Строительство особо опасных и технически сложных объектов, как правило, не рекомендуется. Строительство уникальных объектов, и других сооружений повышенного и нормального уровня ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий и комплекса противокарстовой защиты	Объектный карстологический мониторинг для сооружений повышенного и нормального уровня ответственности. Выполнение комплекса противокарстовых мероприятий эксплуатационного характера.
	Высокая	II - IV	8 - 5	Строительство особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, сооружений повышенного и нормального уровня ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий и конструктивной противокарстовой защиты.	Объектный карстологический мониторинг для сооружений повышенного и нормального уровня ответственности. Выполнение комплекса противокарстовых мероприятий эксплуатационного характера.
	Пониженная	III - V	6 - 2	Строительство особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, сооружений повышенного и нормального уровня ответственности возможно при обязательном проведении специальных изысканий. Необходимость выполнения противокарстовой защиты в зависимости от результатов изысканий на участке строительства	Как правило, проведение карстологического мониторинга для особо опасных, технически сложных и уникальных объектов. Выполнение комплекса противокарстовых мероприятий эксплуатационного характера
	Низкая	IV - VI	5 - 1	Строительство особо опасных, технически сложных, уникальных экологически опасных объектов, при условии проведения специальных изысканий. Строительство большинства сооружений без ограничений.	Выполнение противокарстовых мероприятий архитектурно планировочного и эксплуатационного характера.
	Отсутствует	VI	1	Строительство и эксплуатация сооружений без всяких ограничений по карстоопасности.	

инструмент начального уровня застройщика, проектировщика, администратора

Масштаб 1 : 100 000



Специальные карстологические исследования корпуса по производству металлоконструкций для землеройной техники

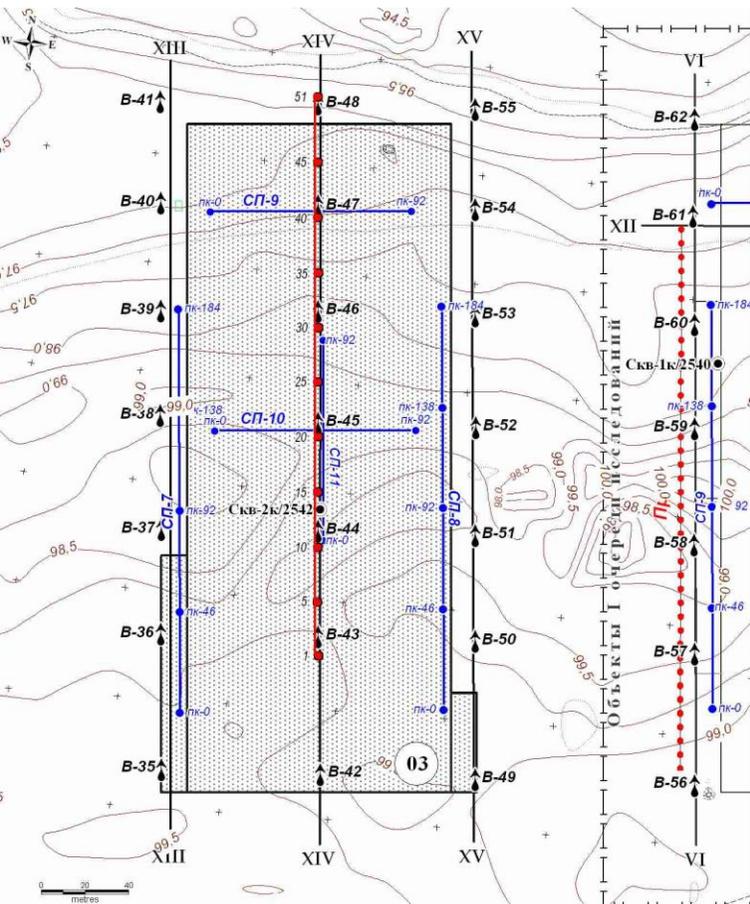


Рис.2 Карта фактического материала

Масштаб 1 : 2 000

Условные обозначения

	Точка ВЭЗ, ее номер и направление разноса линии А1
	Сейсмический профиль, его номер и номера пикетов
	Точки гравиметрического профиля и их номер
	Линия геолого-геофизического разреза
	Скважина: архивный номер / номер по каталогу ОАО "Противокарстовая и береговая защита"
	Контур сооружения и его номер по экспликации

0 200 400

1. Космоснимок района площадки ООО "Либхерр-НН"

Либхерр - 2008

Глубина, м	Геологический инвентарь	№ слоя	Геологический разрез	Интервал глубин, м		Минимум слоя, м	Максимум слоя, м	Описание пород	Такж. усл. бур.	Рейс.м В.К. %	Уровень под. вод	Конструкция скважины
				от	до							
1				0,0	0,1	0,1	39,15	1. Почвенно-растительный слой				
2								2. Песок разноразмерный				
40,9		2		0,1	40,9	40,8	58,35	3. Глина красновато-коричневая, плотная, твердая, известковистая, с тонкими прослоями и гнездами алевролита голубовато- и желтовато-серого, участками трещиноватая, с прослоями (до 0,2 м) алевролита желтовато-коричневого с гнездами, лентами голубовато-серого, трещиноватого, твердого, глинистого			108 мм	
40,9		3						4. Алевролит желтовато-коричневый, с гнездами, прослоями (до 0,3 м) голубовато- и желтовато-серого, плотный, (в интервале 59,6-59,8 м - трещиноватый), глинистый, карбонатистый, твердый, с прослоями (до 0,2 м) сланца красновато-коричневой, алевролитовой, известковистой, твердой, плотной				
51,3								5. Глина красновато-коричневая, известковистая, твердая, в подходе серовато-коричневая, сильноалевролитистая, трещиноватая				
51,3								6. Разрушенная зона: 0,3 м - мука глинисто-карбонатная, с включенными мелкими обломками галса слабо, цементированная 0,2 м - обломки галса средней крепости, цементированного с мукой карбонатной				
51,3								7. Гилс серовато-белый, крепкий, трещиноватый, трещины заполнены глинисто-карбонатным материалом				
51,3								8. Гилс серовато-белый, мелкозернистый, монолитный, крепкий				
51,3								9. Гилс серовато-белый, различной крепости (твердый - 0,1 м - слабый, далее - средней крепости), трещиноватый; трещины заполнены карбонатным материалом				
51,3								10. Гилс серовато-белый, мелкозернистый, с гнездами белого и серого, с тонкими прожилками карбонатного материала, крепкий, монолитный				
51,3								11. Алякдрит темно-серовато-голубой, монолитный, крепкий, с прожилками карбонатного материала				



Фотокартина коренных отложений скв. 2к (с глубины 40,9 м до 67,3 м)

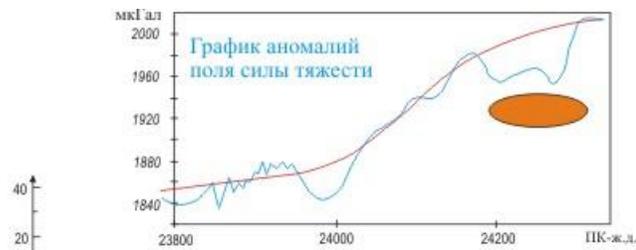
Приложение 3
Лист 1

- 1. Проведенными специализированными карстологическими работами исследуемый участок оценивается **V категорией устойчивости по интенсивности провалообразования** с прогнозным показателем интенсивности $\lambda = 0,003$ пров./год · км² и **категорией B по средним диаметрам провалов** (согласно п. 5.2.11 СП 11-105-97 ч II, п.6.3 ТСН 22-308-98 НН).
- 2. При строительстве и эксплуатации проектируемых сооружений следует предусмотреть **конструктивные и эксплуатационные противокарстовые мероприятия**.
- Конструктивную противокарстовую защиту, требуемую для нормальной эксплуатации проектируемых зданий, следует выполнить (согласно п.6.11.11 СП 50-101-2004 и 7.4.4 ТСН 22-308-98 НН) с учетом **расчетного пролета карстового провала ($ld = 1.0$ м) под фундаментами корпуса 03**.
- Противокарстовые мероприятия эксплуатационного характера подразумевают недопущение утечек из водоводов и организацию поверхностного стока на площадке, исключающего сосредоточенную фильтрацию атмосферных осадков в контуре сооружений и вблизи них, а также регулярный осмотр конструкций сооружений и близлежащей территории с целью выявления симптомов карстовых деформаций.



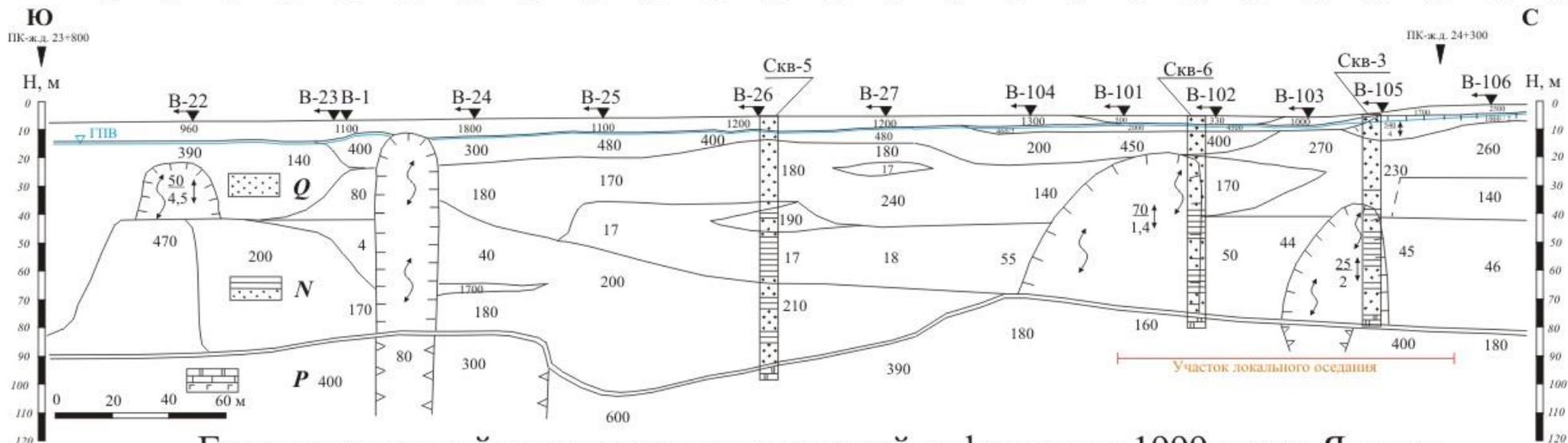
**Панорамные снимки карстовой деформации, произошедшей 03.1999 на 24 км ж.д.
Зеленый Дол – Йошкар-Ола ($D=270$ м $h=7$ м)**





Участок локального оседания по оси железнодорожного пути 1999г

График локальных аномалий поля силы тяжести

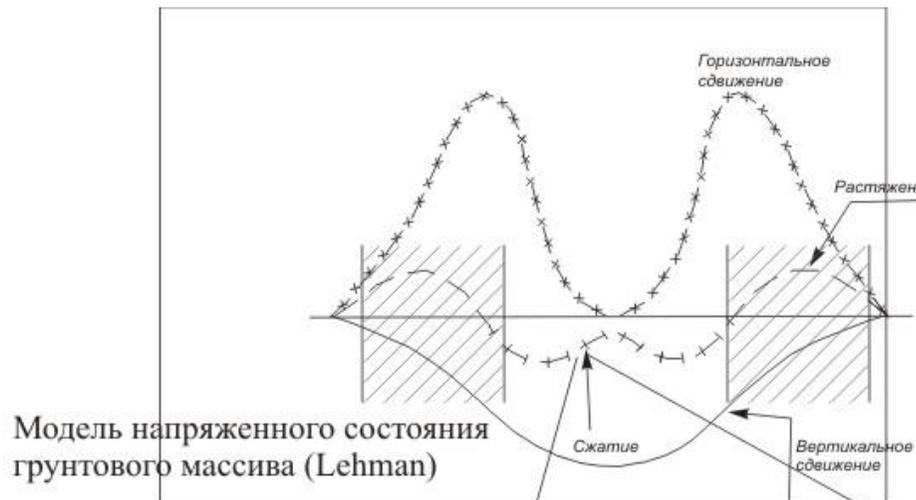


Геoelectrical разрез участка карстовой деформации 1999 г. у оз. Яльчик

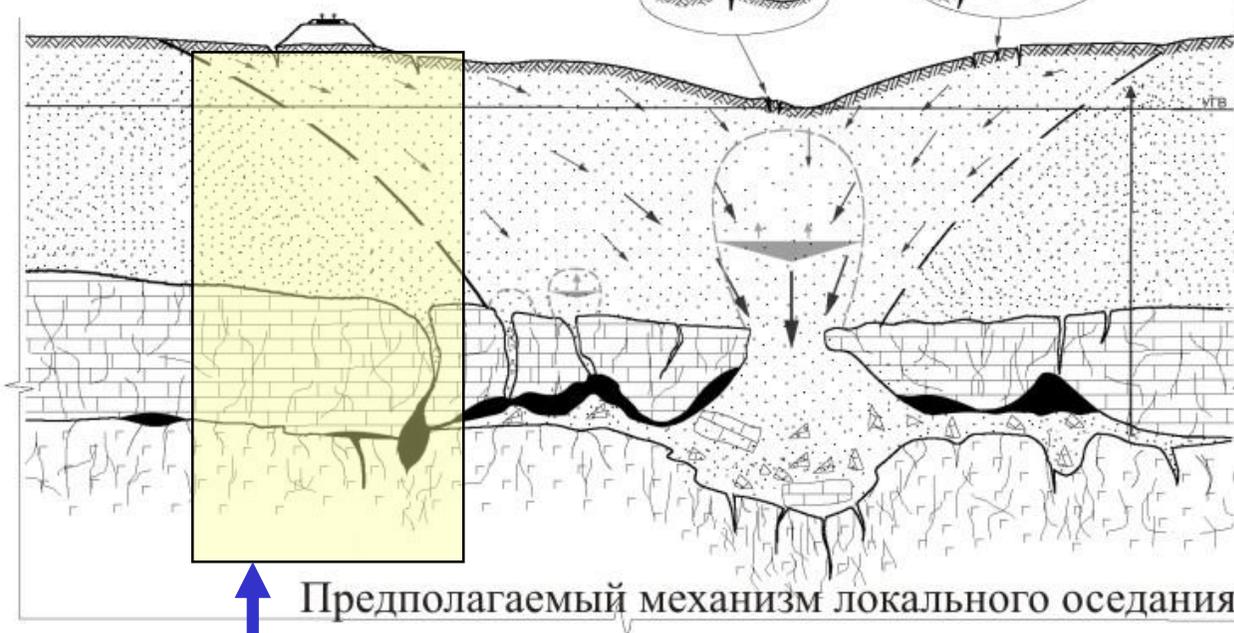
Условные обозначения

- Точка ВЭЗ МДС, ее номер и направление разноса линии АО
- Границы геoelectrical слоев и значения удельного электрического сопротивления (УЭС)
- Числитель - удельное электрическое сопротивление, знаменатель - коэффициент субвертикальной анизотропии
- Зоны субвертикальной анизотропии
- Зоны повышенной трещиноватости в карстующихся отложениях
- Граница полного водонасыщения

- Песок
- Глина
- Доломит
- Известняк
- Гипс



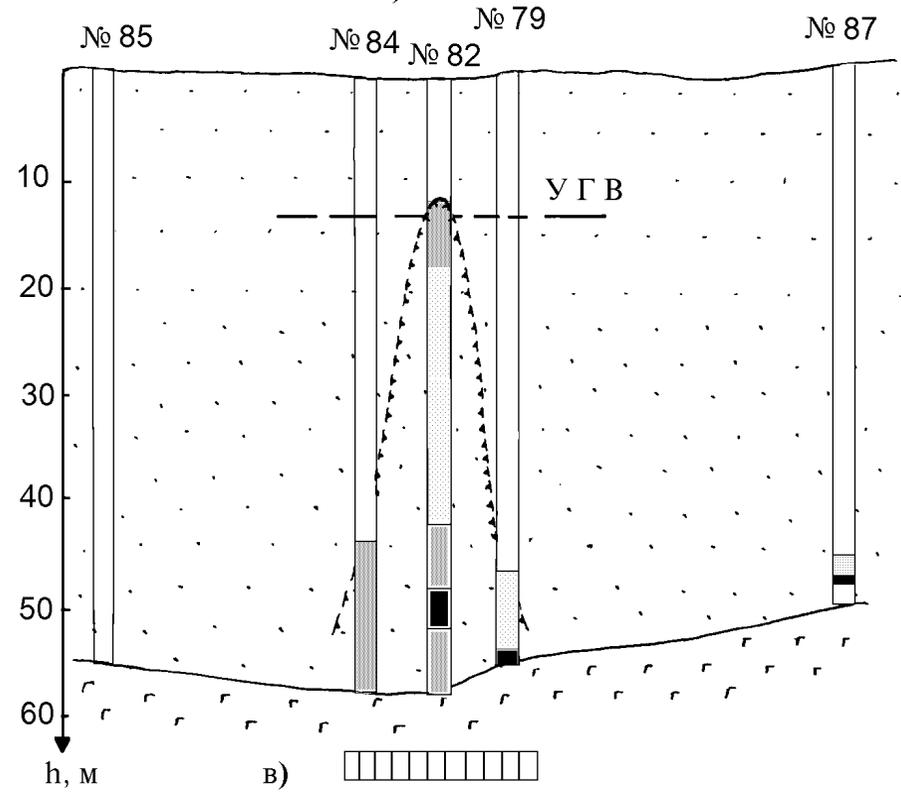
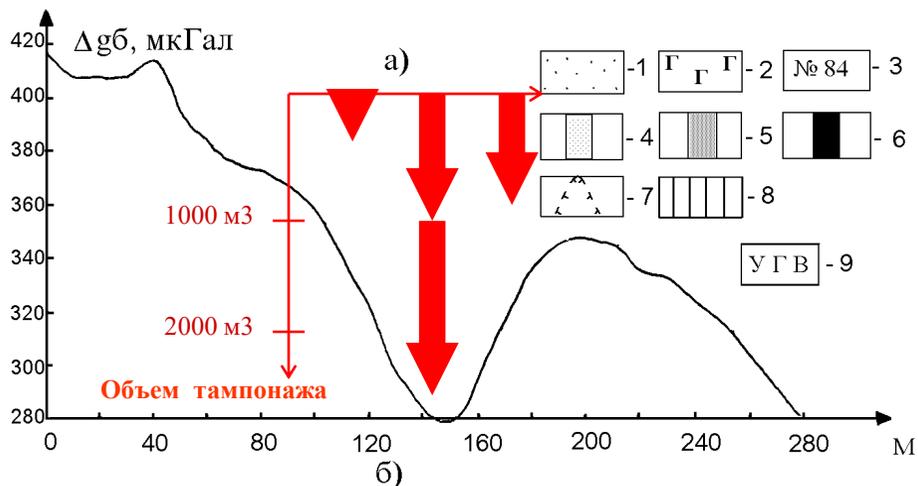
Деформации покровной толщи вследствие
развития карстового локального оседания



Область исследования грунтов при типовых изысканиях под линейные объекты

- В.В.Толмачев у ели
разорванной
горизонтальными
сдвигениями
блоков мерзлых
покровных пород
(май 1999)





Сопоставление результатов гравirazведки, сейсмopазведки и бурения (по Юргину О.В., ГЖД, 2006):

а)- график Δg_b ;

б) - геологический разрез;

в) - зона разуплотнения по данным сейсмopазведки;

1 - аллювиальные отложения I и II надпойменных террас (пески, гравий, суглинки, глины, торф), QIII;

2 - гипс-ангидритовая толща, P1s;

3 - номера разведочных скважин;

4 - интервалы частичного поглощения промывочной жидкости;

5 - интервалы полного поглощения промывочной жидкости;

6 - интервалы провала бурового снаряда (полость);

7- верхняя граница разуплотненных пород;

8 - зона пониженных скоростей продольных волн обводненных песках и гипсах;

9 - уровень грунтовых вод.

При выполнении тампонажа в 1998г

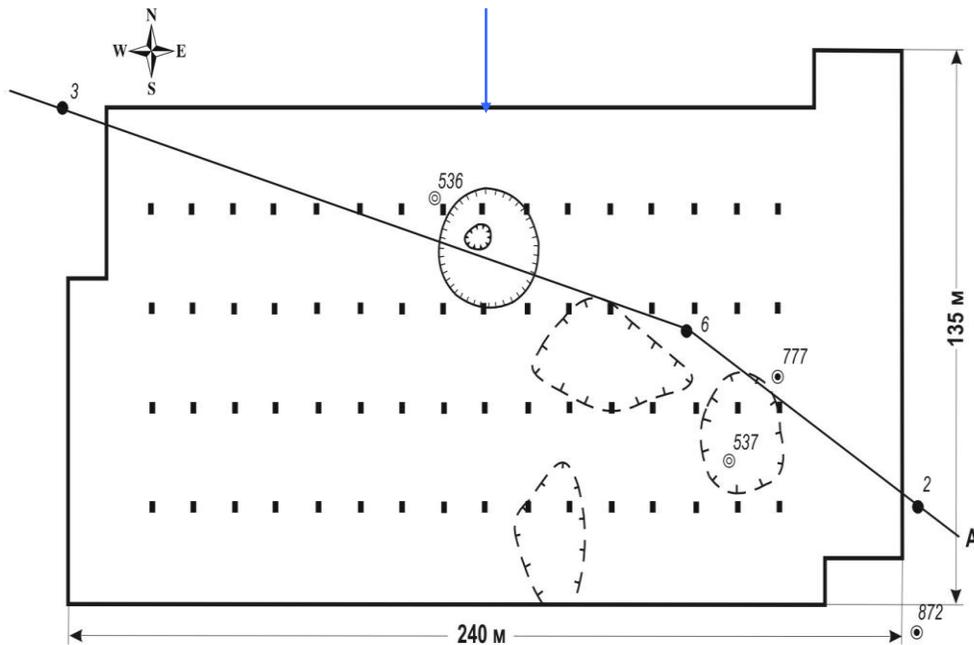
в скважину 82 в 13,4 м от оси 1-го пути закачано **994,5 м³** раствора,

в скважину на этом же пикете, но расположенную в 15,6 м от оси 1-го пути – **1474,5 м³**.

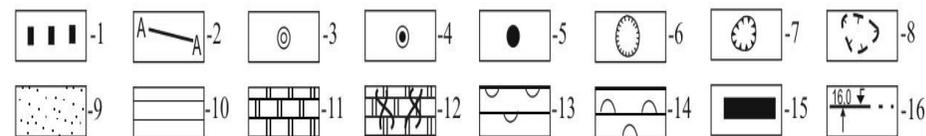
В скважину 84 – **135 м³**,

в скважину 79 – **868,5 м³**

ХИММАШ 1992

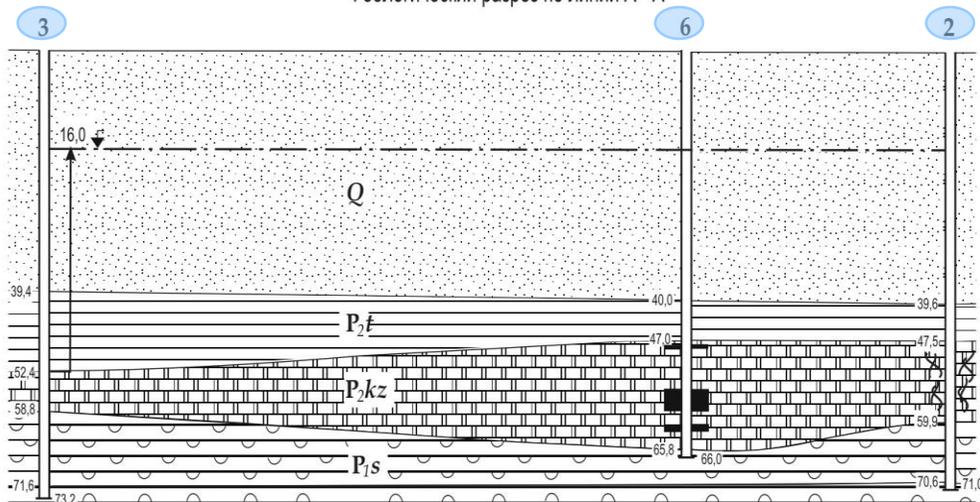


Условные обозначения



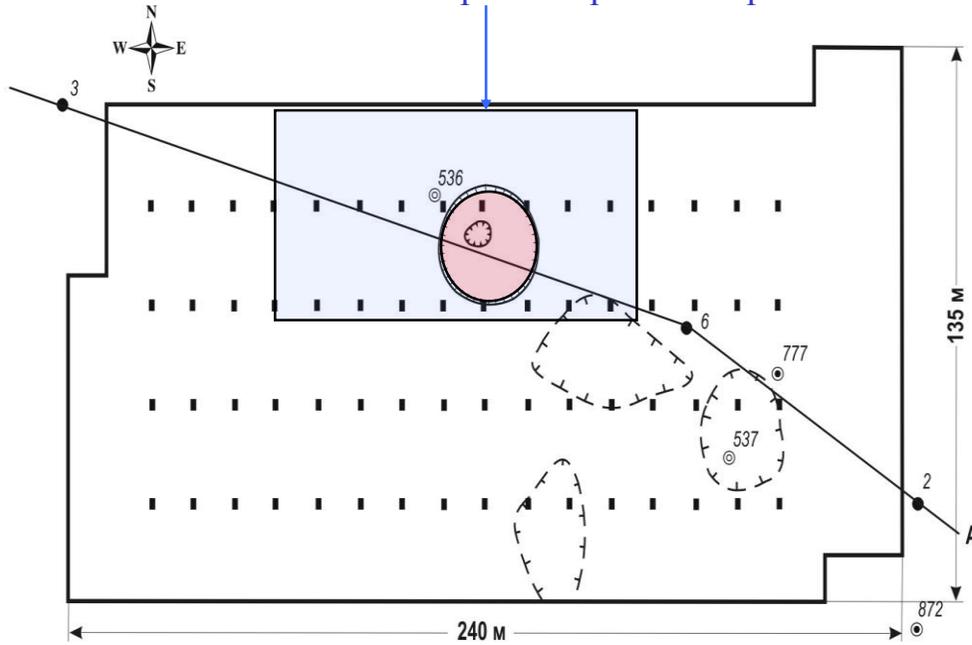
- 1 - колонны; 2 - линия разреза; 3 - скважины, пробуренные при проектировании завода (1937); 4 - скважины, пробуренные при проектировании корпуса №1 (1960); 5 - скважины, пробуренные после аварии (1992); 6 - провальная воронка 15 июля 1992 г.; 7 - просадка пола в январе 1992 г.; 8 - старые карстовые воронки; 9 - песок; 10 - глинистые породы (P_2t); 11 - доломит (P_2kz); 12 - сильнотрещиноватый доломит; 13 - гипс (P_1s); 14 - ангидрит (P_1s); 15 - карстовая полость (провал бурового инструмента); 16 - уровни грунтовых и напорных трещинно-карстовых вод.

Геологический разрез по линии А - А

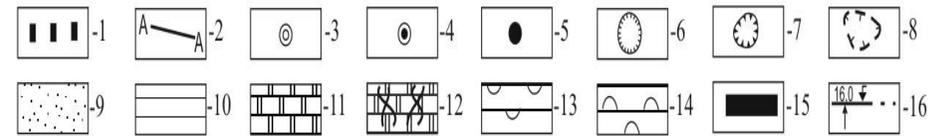


Геологический разрез по данным 1 очереди исследований

Участок гравиметрических работ

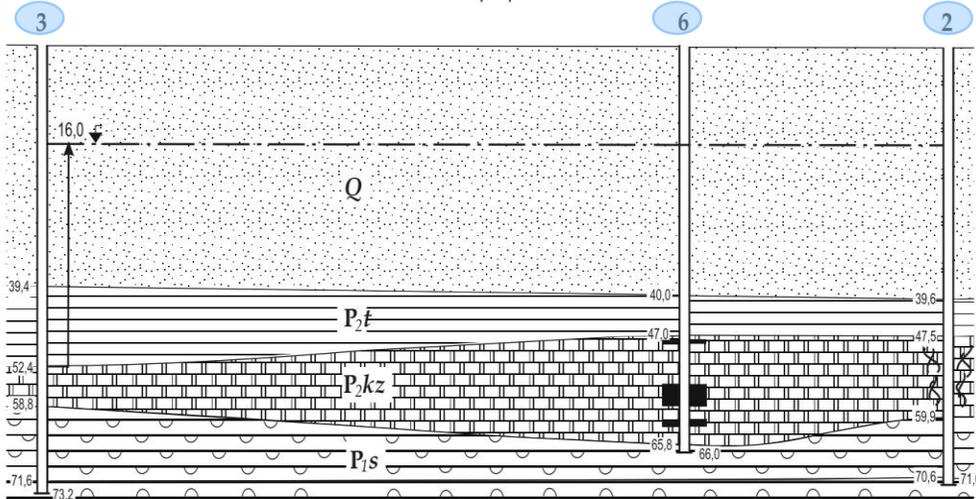


Условные обозначения



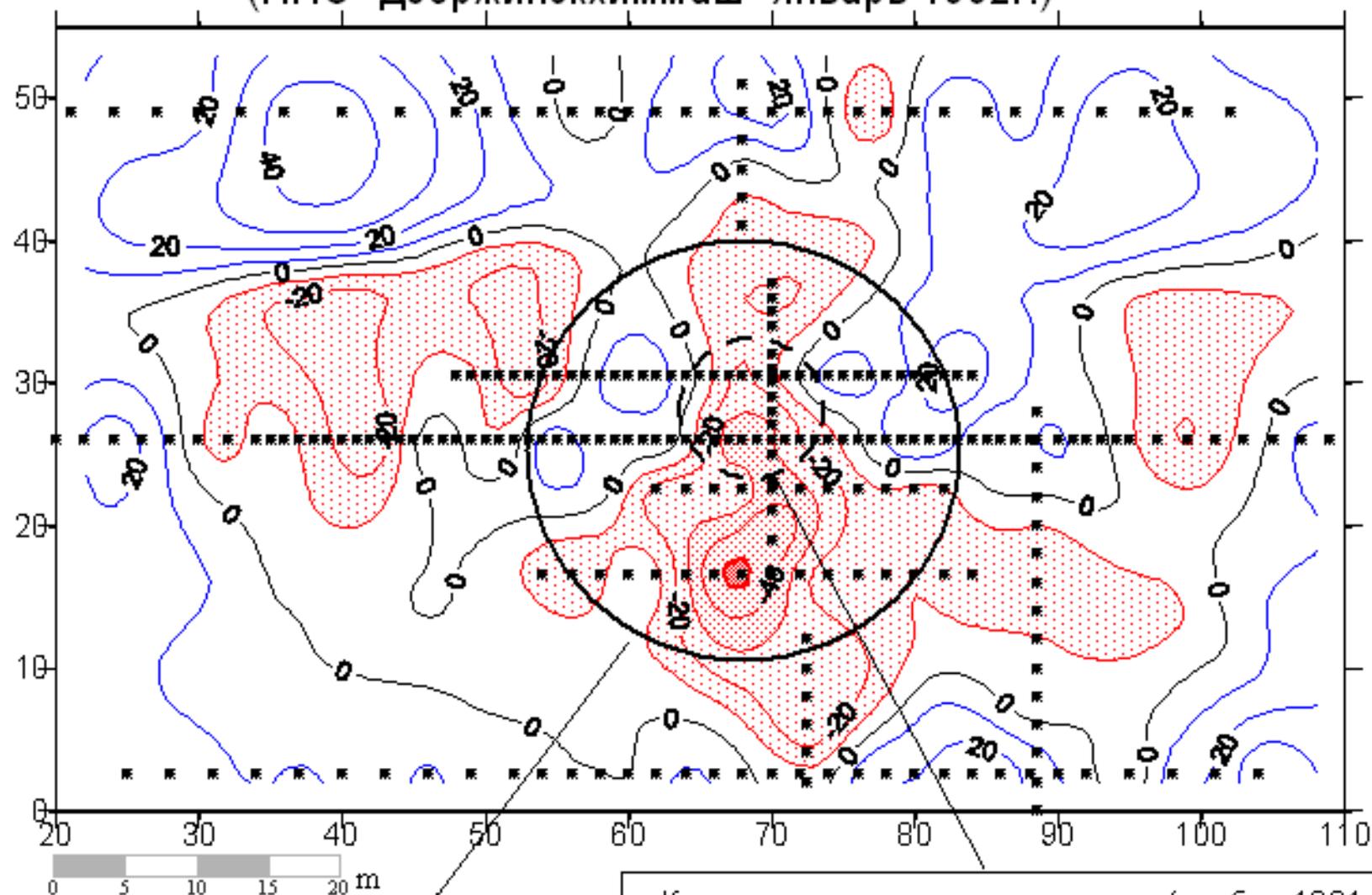
- 1 - колонны; 2 - линия разреза; 3 - скважины, пробуренные при проектировании завода (1937); 4 - скважины, пробуренные при проектировании корпуса №1 (1960); 5 - скважины, пробуренные после аварии (1992); 6 - провальная воронка 15 июля 1992 г.; 7 - просадка пола в январе 1992 г.; 8 - старые карстовые воронки; 9 - песок; 10 - глинистые породы (P_2t); 11 - доломит (P_2kz); 12 - сильнотрещиноватый доломит; 13 - гипс (P_1s); 14 - ангидрит (P_1s); 15 - карстовая полость (провал бурового инструмента); 16 - уровни грунтовых и напорных трещинно-карстовых вод.

Геологический разрез по линии А - А



Геологический разрез по данным 1 очереди исследований

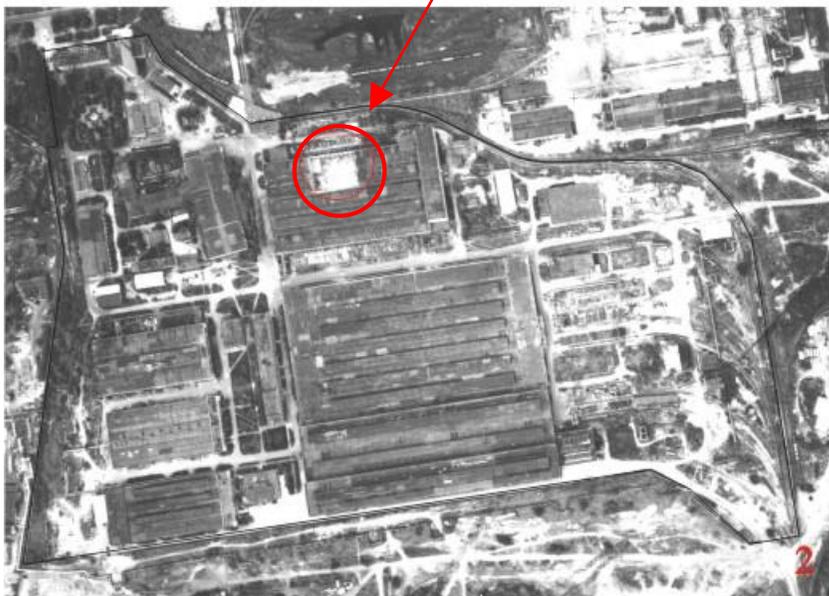
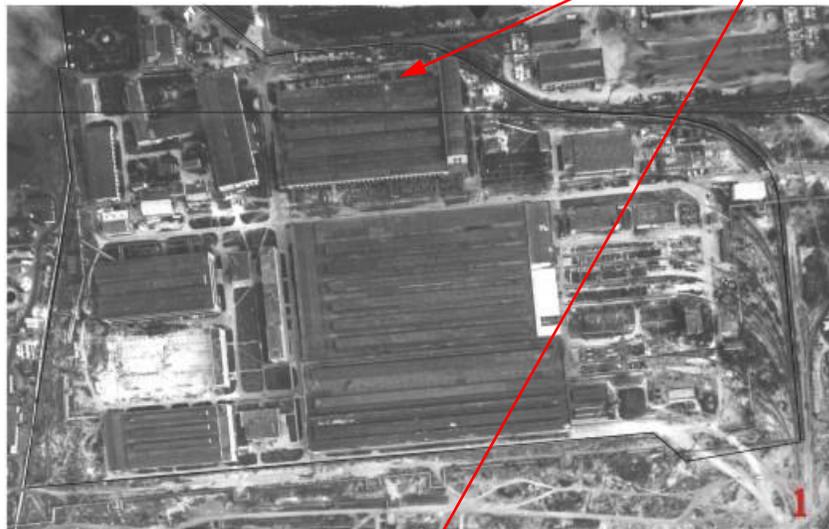
Карта локальных аномалий поля силы тяжести (НПО "Дзержинскхиммаш" январь 1992г.)



Контур карстового провала (июль 1992г.)
($D=30\text{ m}$ $H=10\text{ m}$)

Контур просадки покрытия пола (ноябрь 1991г.)

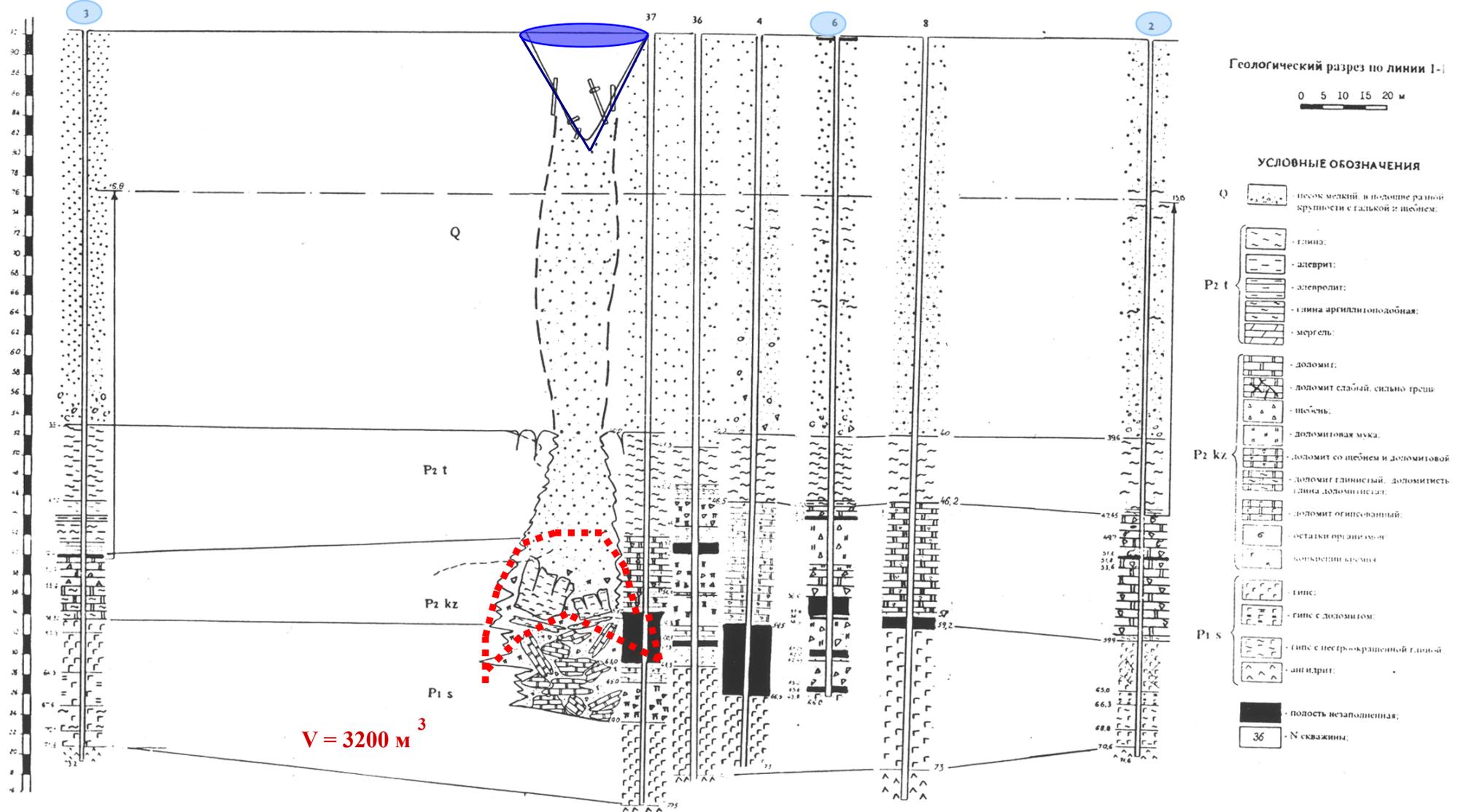
**Фрагменты аэрофотоснимков территории завода “Дзержинскхиммаш” до и после карстового обрушения
(Карстовый провал обведен красным кругом)**



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 1 - Аэрофотоснимок до обрушения (август 1983 г.)
- 2 - Аэрофотоснимок после обрушения (июль 1993 г.)
- 3 - Снимок разрушенного здания

$D=30\text{ м}$ $H=10\text{ м}$ $V=2400\text{ м}^3$



$V = 3200\text{ м}^3$

Геологический разрез с учетом тампонажных скважин

Результаты тампонажных работ на НПО «Дзержинскхиммаш»

Скважина	Объем Тампонажно раствора	Мощность закарстован- ной зоны	Высота незаполненных полостей	Участок по результатам- комплекса карстоло- гических работ
1	236	13.3	1.0	Более карстоопасный участок
2	4	16		Менее карстоопасный участок
3	40	17	2.0	Менее карстоопасный участок
4	732	19.8	7.0	Более карстоопасный участок
5	384	25.5	8.3	Более карстоопасный участок
6	136	19		Более карстоопасный участок
7	344	19.1	3.0	Более карстоопасный участок
8		12.7	2.0	Менее карстоопасный участок
18	548	20	2.0	Более карстоопасный участок
20		6	1.8	Более карстоопасный участок
21	300	15	2.8	Более карстоопасный участок
32	32	18.1	3.0	Менее карстоопасный участок
33	40	23.3	4.0	Менее карстоопасный участок
36	24	18.1	1.0	Более карстоопасный участок
37	264	20.5	5.0	Более карстоопасный участок
42	336	24.5		Более карстоопасный участок
Сумма	3420	287.9	42.9	
	3304	194.8	30.1	По карстоопасным участкам
	116	87.1	11.0	По более устойчивым участкам
Среднее по скважине	213.75	17.99	2.68	
	300.4	17.7	2.7	По карстоопасным участкам
	23.2	17.1	2.2	По более устойчивым участкам

Применение геофизических методов

- Требования к геофизическим методам:
- 1) дифференциации физических свойств горных пород и подземных вод, достаточной для того, чтобы они могли быть определены с требуемой точностью используемыми геофизическими методами;
- 2) обеспеченность геофизических методов аппаратурой соответствующей точности;
- 3) применение корректных систем наблюдений;
- 4) разработанности приемов интерпретации результатов измерений на основе решения необходимого и достаточного количества прямых задач геофизики для сложнопостроенных геологических сред;
- 5) проведение работ в границах применимости используемого метода

Апробированные геофизические методы для решения карстологических задач на территории Нижегородской области

N п/п	Наименование метода	Основные инженерно-геологические задачи исследований	Примечание
Основные методы			
1	Гравиразведка	Задачи (а, б, в, г, д, з)	Выполняется в варианте микрогальной точности (микрोगравиразведка)
2	Сейморазведка	Задачи (а, б, в, г, ж, з)	Преимущественно методом преломлённых волн (МПВ)
3	Электроразведка	Задачи (а, б, в, г, д, ж, з)	Выполняется методом вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ); - в осложнённых геоэлектрических условиях двухсторонними трехэлектродными установками; - в сложных условиях методом двух составляющих (ВЭЗ МДС)
Вспомогательные методы			
4	Геофизическое исследование скважин (ГИС)	Задачи (а, б, е);	Получение параметрических характеристик разреза для уточнения геолого-геофизической интерпретации
5	Межскважинное радио- и сейсмодосветивание (радио- и сейсмотомография)	Задачи	На промышленных площадках под особо ответственными эксплуатируемыми и проектируемыми сооружениями переходит в разряд основных методов
6	Непродольное сейсмопрофилирование и лучевая томография МОВ и МПВ	Задачи (а, б, г, д)	То же, что и п.5. На застроенных площадках
7	Сейморазведка методами отражённых волн (МОВ, ОГТ) и анализа спектральных и амплитудных характеристик (MASW, SASW) сейсмических волн	Задачи (а, б, в, г, д)	Используют различные типы сейсмических волн.
8	Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ ВП) и профилирование (ЭП)	Задачи (б, г, д)	Выполняются для исследования геологической среды преимущественно в простых в геоэлектрическом отношении условиях
9	Различные модификации электромагнитного профилирования и зондирования	Задачи (б, г, д)	То же, что и п.8. Выполняются на участках преимущественно неглубокого залегания карстующихся пород
10	Метод естественного импульсного электромагнитного поля земли (ЕИЭМПЗ) и акустической эмиссии (АЭ)	Локализация мест напряжённого состояния	Изучение напряжённого состояния грунтового массива и конструкций сооружений
11	Метод естественного поля (ЕП)	Выявление очагов разгрузки трещинно-карстовых и поглощения поверхностных вод	Использование в условиях урбанизированных территорий затруднено

Комплекс геофизических исследований

гравиразведка микрогальной точности,

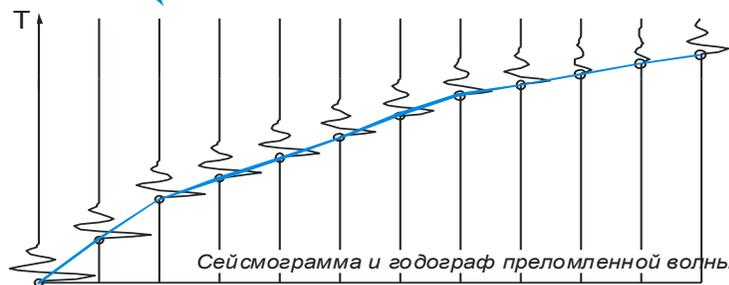
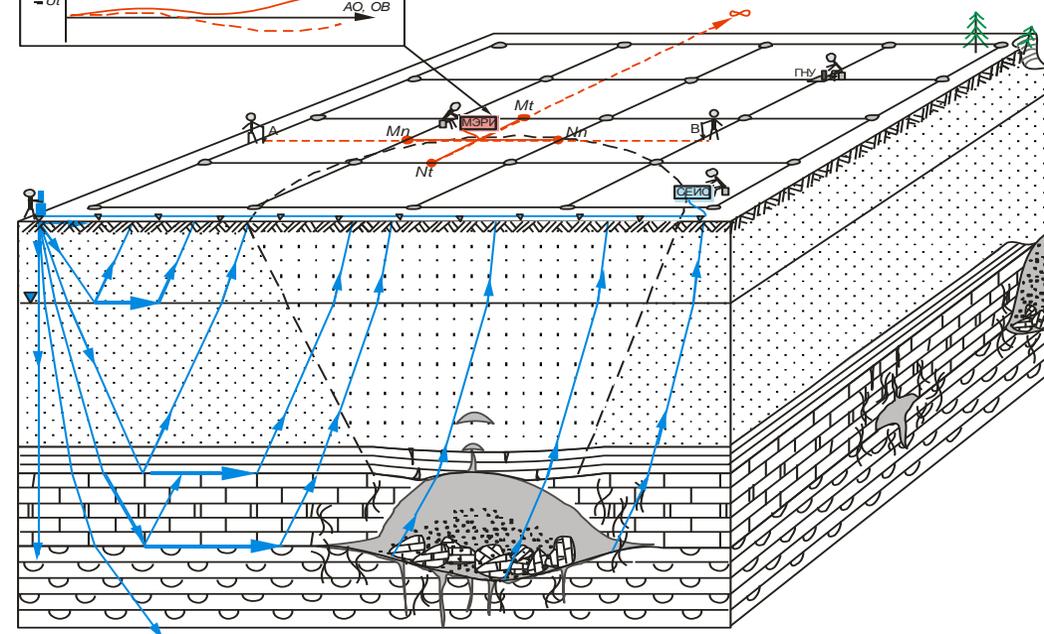
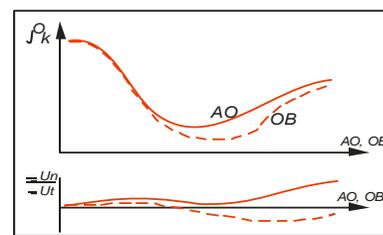
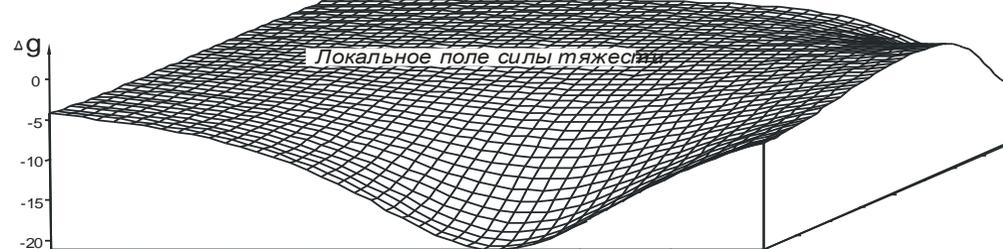
электроразведка методом вертикальных электрических зондирований в модификации двух составляющих (ВЭЗ МДС),

сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ) и общей глубинной точки (ОГТ),

Применение гравиразведки повышенной точности основано на разнице плотностей трещиноватых и разуплотненных пород, затронутых развивающимися карстово-суффозионными процессами, по сравнению с сохранными карстующимися и покровными породами, и по своей сути, является прямым методом поиска пустот.

Результаты электроразведки ВЭЗ МДС позволяют получить объемную информацию о сложнопостроенном геоэлектрическом массиве.

Сейсморазведка МПВ позволяет определить границы геологических слоев, достаточно резко отличающихся по своим сейсмоакустическим свойствам, и выделить в пределах их участки с аномально низкими скоростными параметрами, характерными для участков развития карстовых процессов. Сейсморазведка ОГТ в инженерно-геологическом варианте позволяет с высокой степенью детальности картировать слои, отличающиеся по акустической жесткости, выделяя участки выклинивания, сдвига и разрушенности пород.



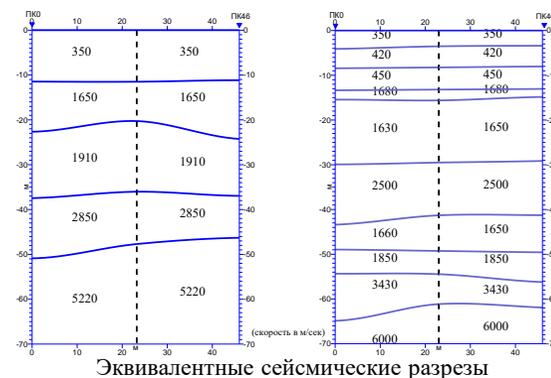
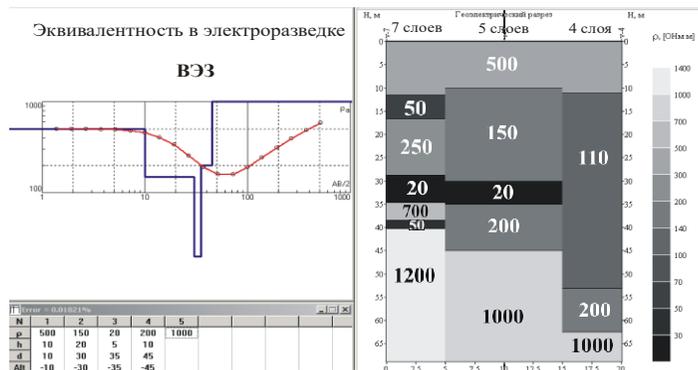
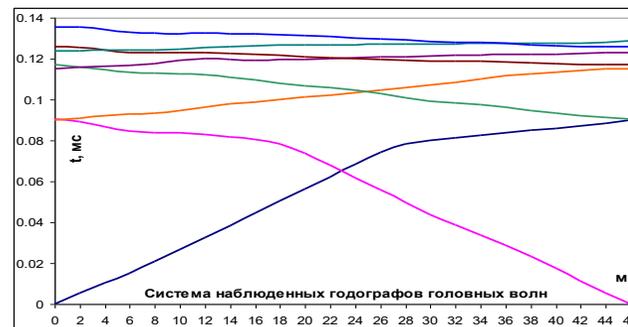
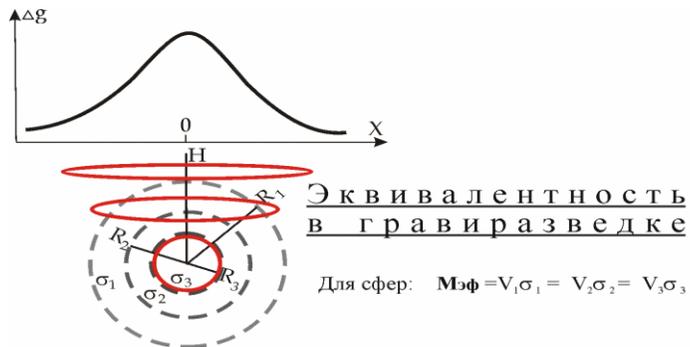
Основные моменты проведения комплекса геофизических наблюдений

Обладая рядом преимуществ перед традиционными методами исследований (объемность исследований, мобильность, относительная дешевизна и др.) геофизика имеет и ряд ограничений.

Одно из основных ограничений, заложено в природе геофизических методов - неоднозначность решения обратной задачи геофизики (одному распределению физического поля соответствует множество вариантов геологического строения среды и физических свойств их пород)

А) эквивалентность (теоретическая и практическая) решения обратной задачи

Б) неоднозначность определения геологической природы аномалии



Кроме того, среда развития карстово-суффозионных процессов – сложная, не рассчитанная для изучения большинством геофизических методов, и к тому же осложненная в промышленных районах высоким уровнем помех.

Для исключения (уменьшения до приемлемого уровня) неоднозначности интерпретации выполняется комплексирование геофизических методов, т.е. изучение среды различными геофизическими методами регистрирующими различные по природе естественные и специально создаваемые физические поля с последующим построением согласованной по всем используемым при исследованиях физическим полям комплексной геолого-геофизической модели.

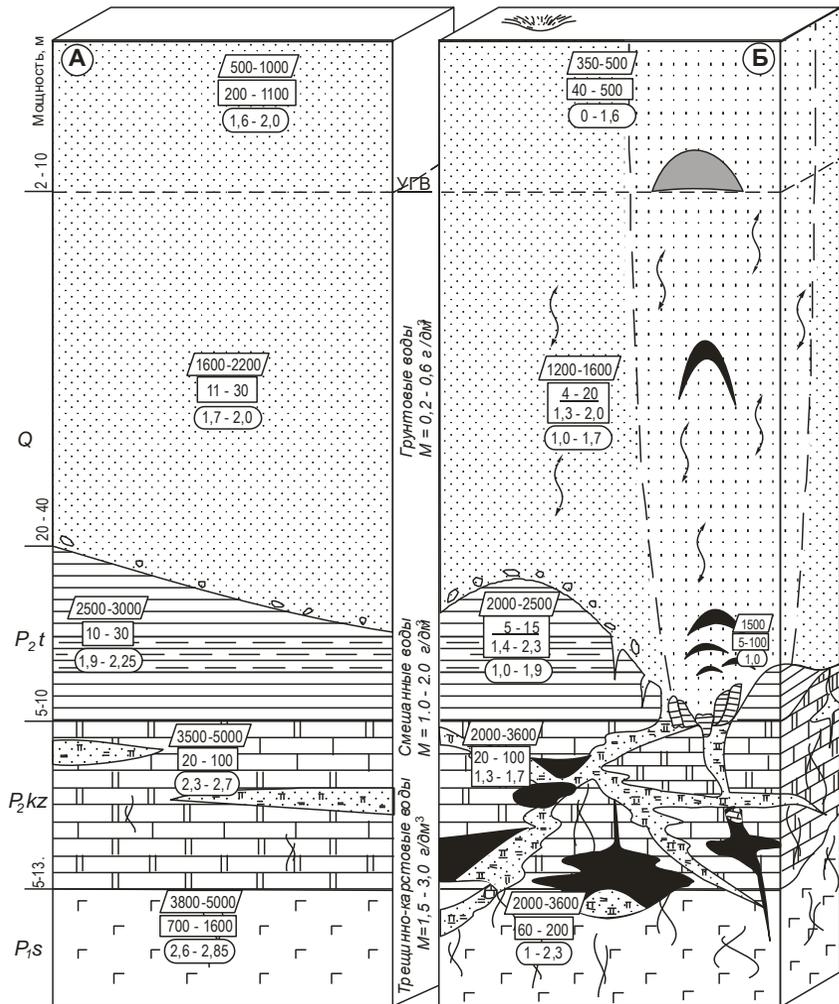
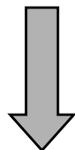
Объектом исследования является карстующая и покровная толща

Оценка опасности карстово-суффозионных процессов базируется

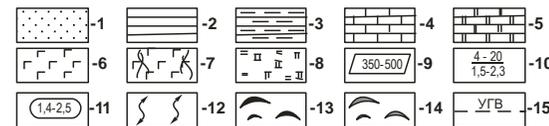
на представлениях о свойствах среды развития карстовых процессах



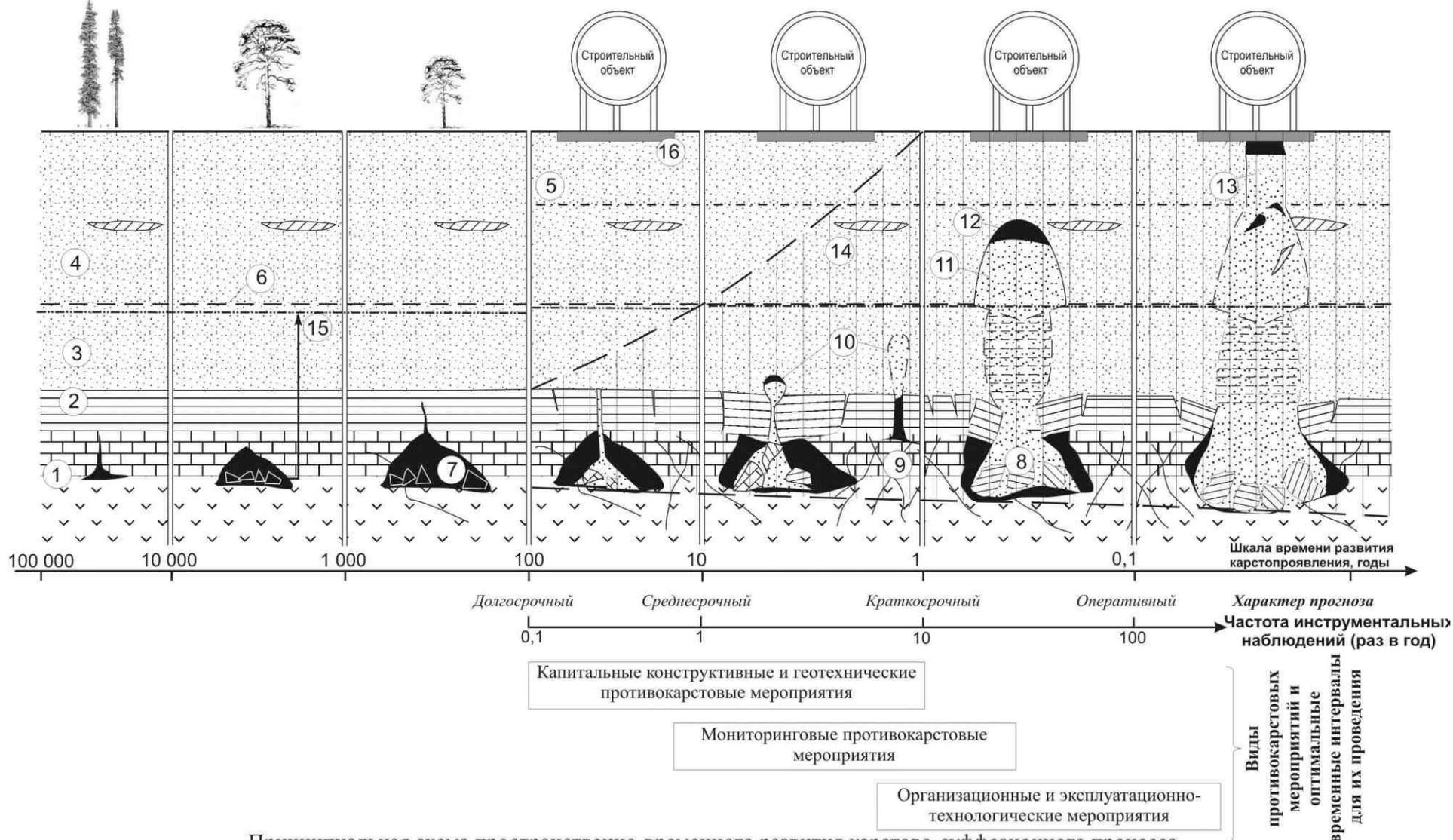
пространственно-временном механизме развития карстовых процессов.



Геофизическая модель разреза неблагоприятного (А) и благоприятного (Б) к протеканию карстово-суффозионных процессов



- 1 - Песок. 2 - Глина. 3 - Алевролит. 4 - Известняк. 5 - Доломит. 6 - Гипсы; 7 - Гипсы трещиноватые. 8 - Известняки и доломиты разрушенные до дресвы и муки. 9 - Скорости сейсмических волн, V_p (м/сек). 10 - Числитель-удельное электрическое сопротивление, знаменатель-субвертикальная электрическая анизотропия. 11 - Плотность грунтов в естественном залегании (ρ в г/см³). 12 - Область вертикальной электрической анизотропии. 13 - Полость, заполненная водой. 14 - полость незаполненная водой. 15 - Уровень грунтовых вод.



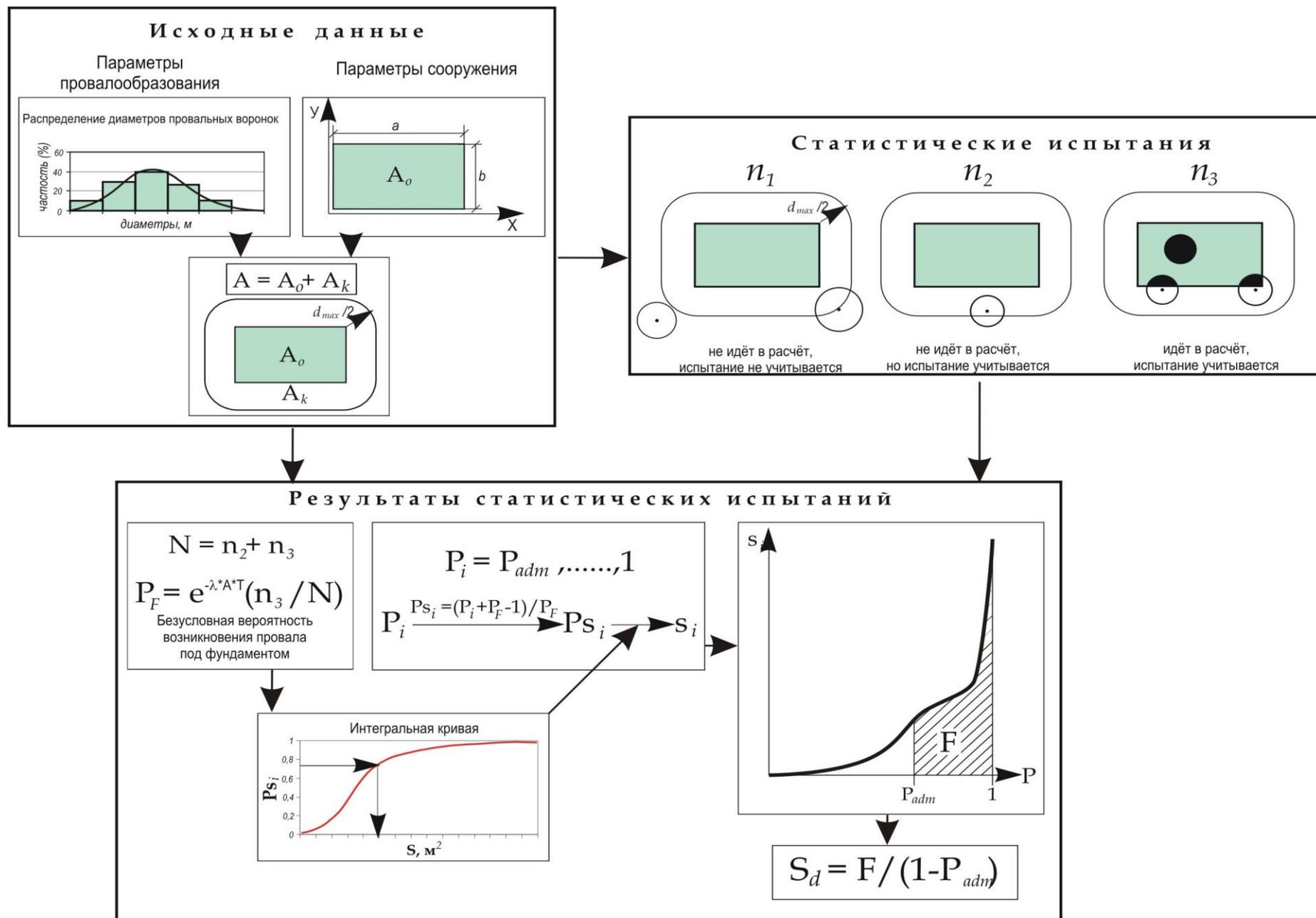
Принципиальная схема пространственно-временного развития карстово-суффозионного процесса, характерного для условий Дзержинско-Нижегородского карстового района

1 - карстующиеся породы; 2 - глинистые грунты; 3 - водонасыщенные песчаные грунты; 4 - неводонасыщенные песчаные грунты с линзами суглинка; 5 - сжимаемая толща основания сооружения; 6 - уровень грунтовых вод; 7 - карстовая полость, заполненная водой; 8 - заполнитель карстовой полости (материал обрушения и (или) суффозии); 9 - сильнотрещиноватая зона; 10 - зоны разуплотнения и разжижения в водонасыщенных грунтах; 11 - зоны разрыхления грунтов; 12 - промежуточная полость в дисперсных грунтах; 13 - провал; 14 - область максимального изменения геологической среды, наиболее перспективная для отслеживания дистанционными методами карстологического мониторинга (вертикальная штриховка); 15 - пьезометрический уровень трещинно-карстовых вод; 16-противокарстовый фундамент

Общая схема (алгоритм) оценки карстоопасности принятой в ОАО «Противокарстовая и береговая защита»

Стадия изысканий





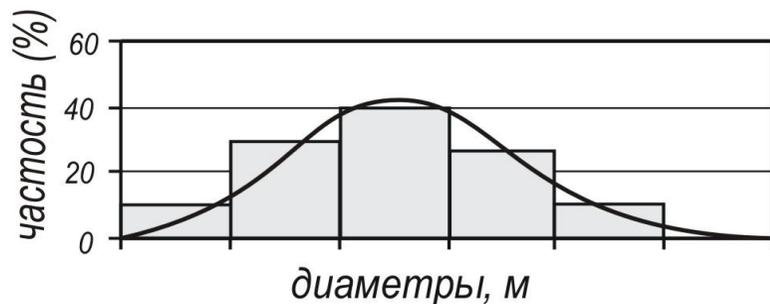
Блок-схема определения расчетной площади ослабления
(программа "Tolmach" v.2)

Исходные данные

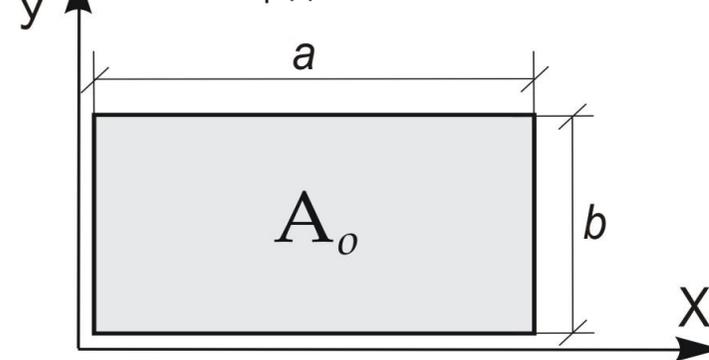
Параметры
провалообразования

Параметры сооружения

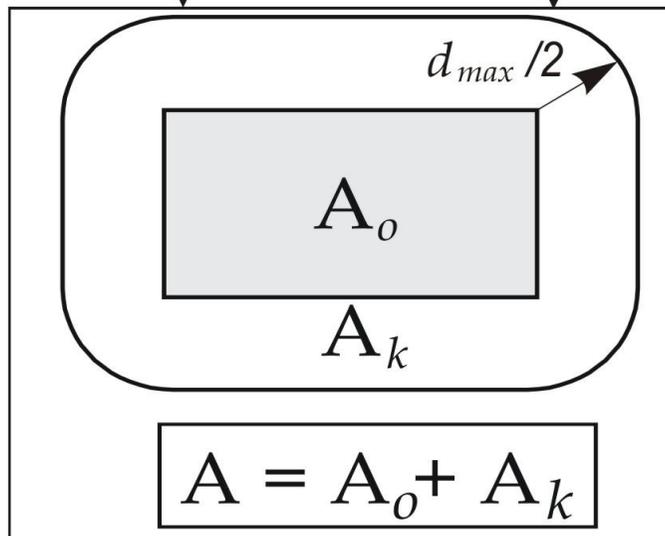
Распределение диаметров провальных воронок



Площадь основания



λ - интенсивность
провалообразования
(прогнозируемое число
провалов на кв.км в год)



P_{adm} - Нормированная
надежность
сооружения

T - Срок службы
сооружения

Толмач [-] [□] [×]

Файл Справка

Диagramма распределения

Расчёт диаграммы по нормальному закону

Среднее значение диаметра

Максимальное значение диаметра

Применить

Количество промежутков разбиения

Максимальное значение диаметра

Применить

0,0-5,0	5,0-10,0	10,0-15,0	15,0-20,0
0	28	44	28

Индикатор хода процессов:

Название объекта:

Показать фундамент

Показать диаграммы

Печать I

Печать S

Расчитать

Число испытаний

Число попаданий

Процент попавших

Расчитать площадь

Площадь

lambda

T

Radm

Расчитать пролёт и площадь

Расчётный пролёт

Расчётная площадь

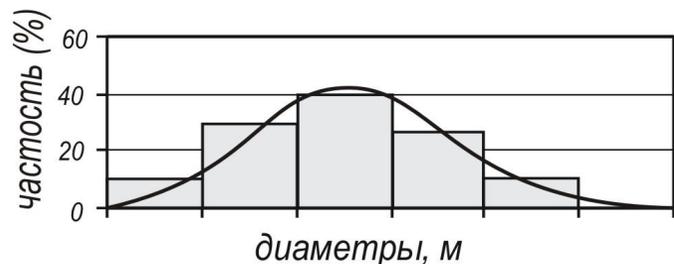
Схема

Пример определения расчетной площади ослабления основания по программе «Tolmach v.2»

Исходные данные

Параметры провалообразования

Распределение диаметров провальных воронок



λ - интенсивность
провалообразования
(прогнозируемое число
провалов на кв.км в год)

Размеры
аномалии
(полости)
в «коренном»
залегании

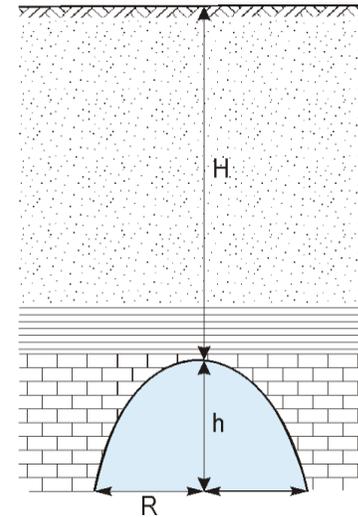
Изменения (аномалии) в
покровной и карстующейся
толще согласно
представлений о механизме
развития карстовой полости

При карстологических изысканиях встречаются 2 ситуации

- не встречены значимые аномалии
(оценка карстоопасности на базе вероятностной модели)
- встречены **значимые** аномалии
(оценка при допущении неизбежной поверхностной деформации)

Гравитационное поле сферического сегмента

H := 40.01 глубина до криволинейной поверхности сферы (глубина, м)
R0 := 13.0 радиус сферы (м)
h := 13.0 Высота сегмента, м (высота до плоской подошвы сегмента)
σ := 1.0 плотность сферы - дефицит массы (г/см³)
f := 66.67·10⁻⁹ гравитационная постоянная (см³/(г*сек²))
V := $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R0^3$ объем всей сферы **V** = 9.203 × 10³
Vs := $\pi h^2 \left(R0 - \frac{h}{3} \right)$ объем сегмента сферы **Vs** = 4.601 × 10³

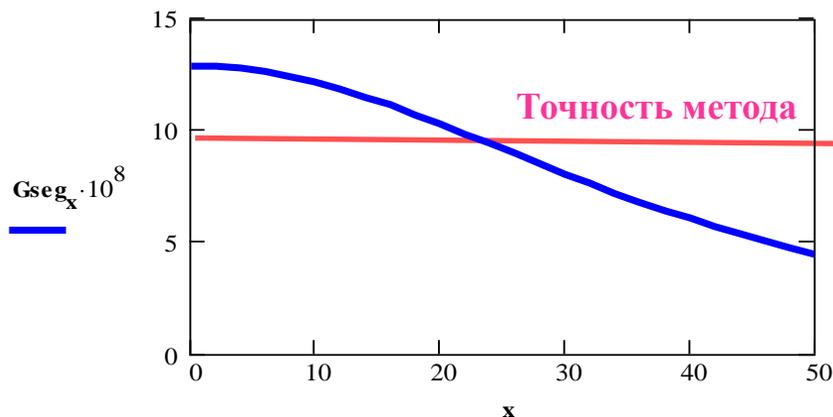


$$G_{seg} := f \cdot 10^8 \cdot \sigma \cdot \int_0^{2 \cdot \pi} \int_H^{H+h} \int_0^{\sqrt{R0^2 - [\zeta - (H+R0)]^2}} \frac{(r \cdot \zeta)}{(\zeta^2 + x^2 + r^2 - 2 \cdot x \cdot r \cdot \cos(\alpha))^{3/2}} dr d\zeta d\alpha$$

Gseg = 12.886 Аномалия на 0 пикете **мкГал**

x := 0, 2.. 50

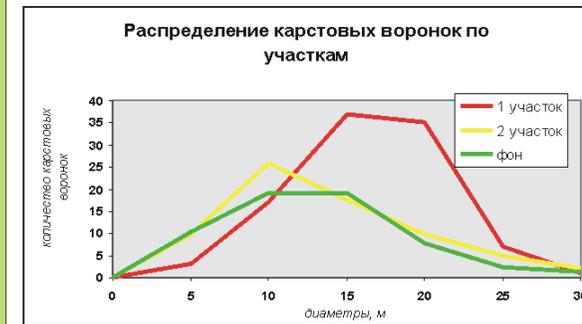
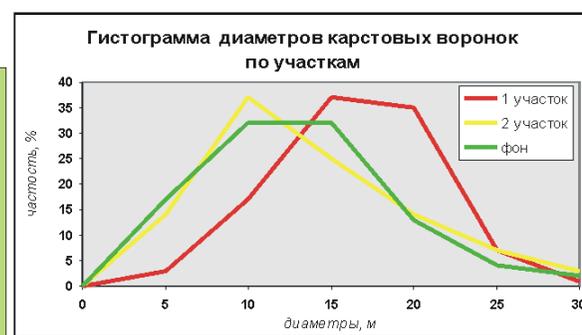
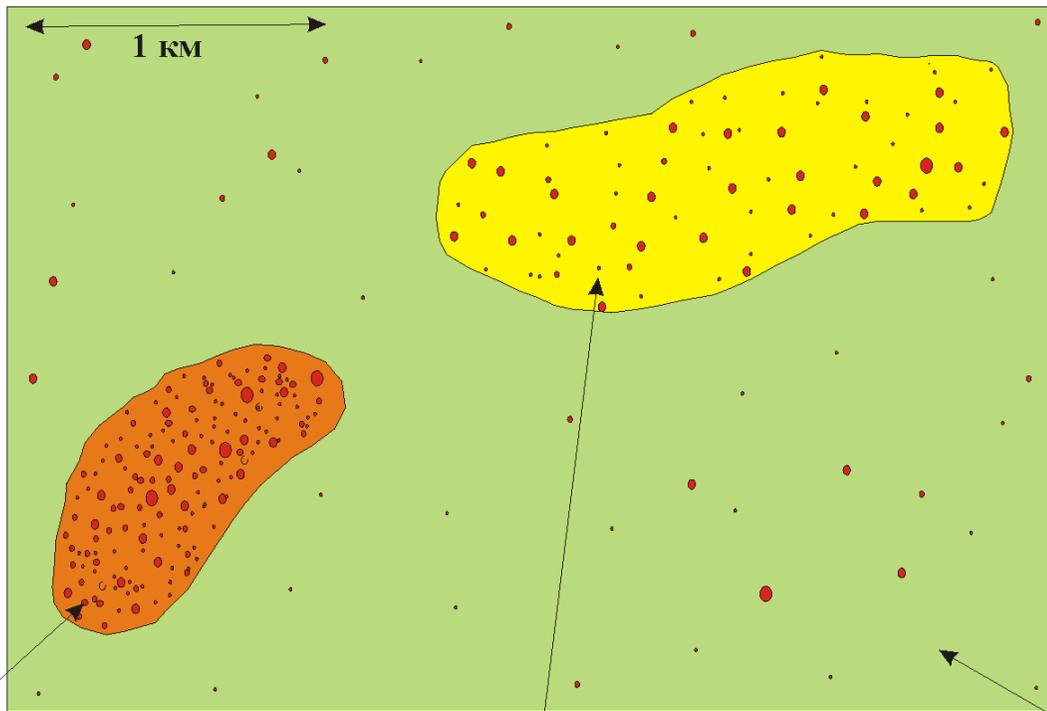
$$G_{seg_x} := f \cdot \sigma \cdot \int_0^{2 \cdot \pi} \int_H^{H+h} \int_0^{\sqrt{R0^2 - [\zeta - (H+R0)]^2}} \frac{(r \cdot \zeta)}{(\zeta^2 + x^2 + r^2 - 2 \cdot x \cdot r \cdot \cos(\alpha))^{3/2}} dr d\zeta d\alpha$$



D воронки, м	V полусферы, на глубине 40м	аномалия dG, мкГал (дефицит плотности -1.3 г/см ³)
5	571	-3
10	1456	-7
15	2420	-14
20	5500	-18
25	9600	-37
30	14500	-51

Разрешающая способность гравirazведки

Схематичный план закарстованной территории

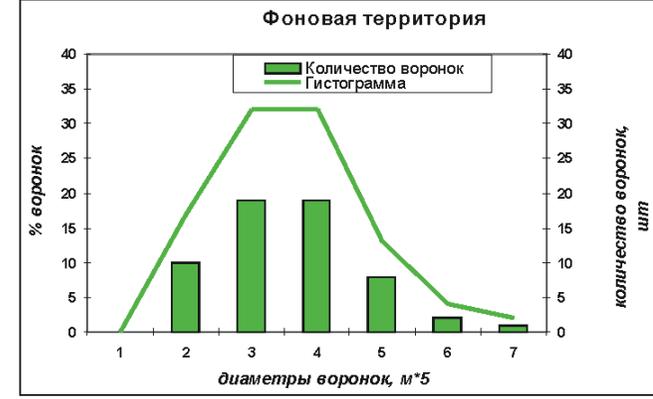
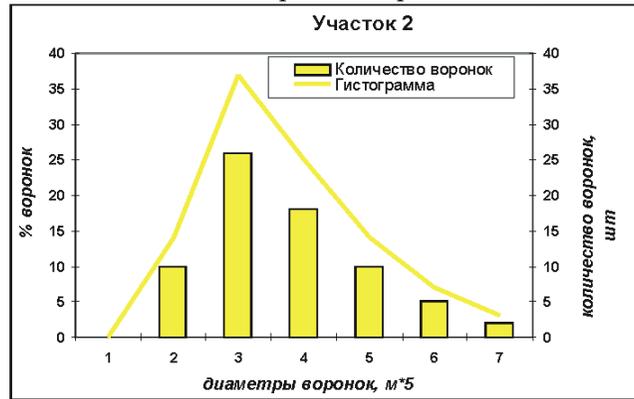
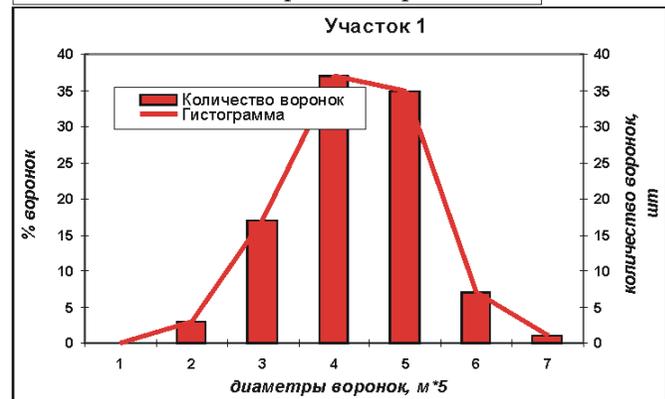


λ
показатель интенсивности
провалообразования
(прогнозируемое число
провалов на 1 км² в год)
СП 11-105-97

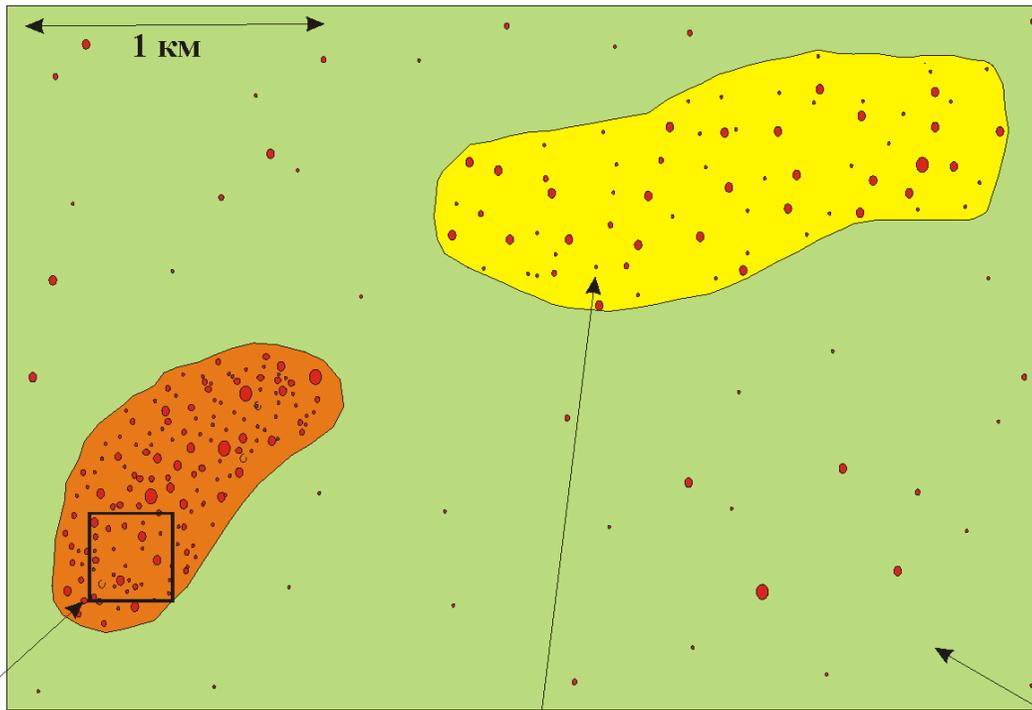
Участок 1
площадь (S, км²) = 0,2
количество воронок = 100
средний диаметр (D_{ср}) = 14м
 $\lambda = 0.5$ провала в год на км²
II Б категория устойчивости
по интенсивности провалообразования

Участок 2
площадь (S, км²) = 1,2
количество воронок = 70
средний диаметр (D_{ср}) = 11,1 м
 $\lambda = 0.06$ провала в год на км²
III Б категория устойчивости
по интенсивности провалообразования

Фоновая территория
площадь (S, км²) = 7,6
количество воронок = 60
средний диаметр (D_{ср}) = 9,9 м
 $\lambda = 0.06$ провала в год на км²
IV В категория устойчивости
по интенсивности провалообразования



Схематичный план закарстованной территории



λ

показатель интенсивности
провалообразования
(прогнозируемое число
провалов на 1 км² в год)
СП 11-105-97



Участок 1 (Площадка изысканий)

Прогнозные параметры
средний диаметр ($D_{ср}$) = 10,5 м
 $\lambda = 0.28$ провала в год на км²
II Б категория устойчивости
по интенсивности провалообразования

Участок 2

площадь ($S, \text{км}^2$) = 1,2
количество воронок = 70
средний диаметр ($D_{ср}$) = 11,1 м
 $\lambda = 0.06$ провала в год на км²
III Б категория устойчивости
по интенсивности провалообразования

Фоновая территория

площадь ($S, \text{км}^2$) = 7,6
количество воронок = 60
средний диаметр ($D_{ср}$) = 9,9 м
 $\lambda = 0.06$ провала в год на км²
IV В категория устойчивости
по интенсивности провалообразования

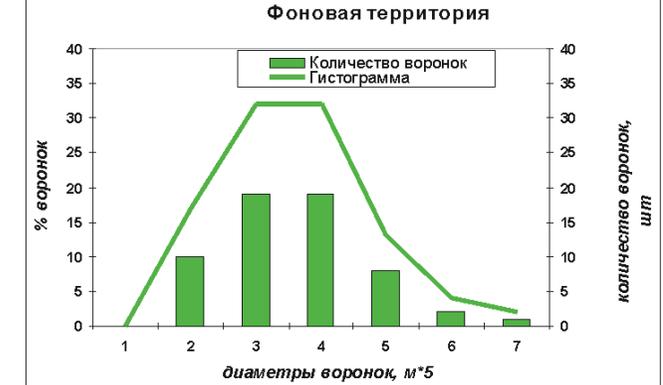
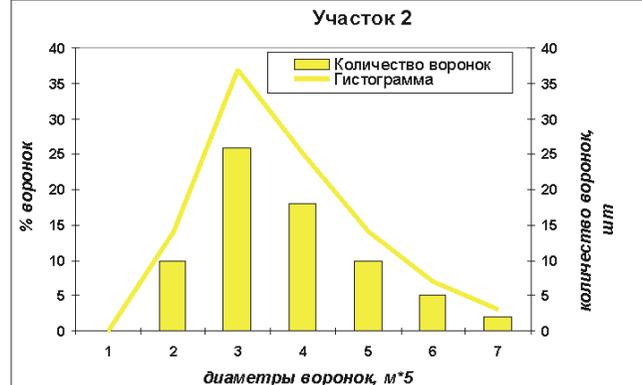
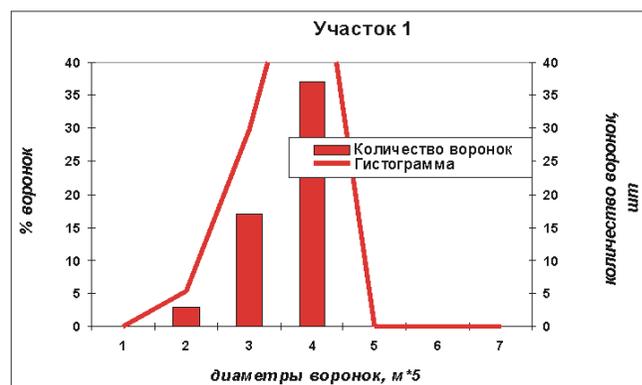


Рис. 1 Распределение диаметров потенциальных провалов до и после проведения изысканий (из расчета на 100 шт. первоначальных)

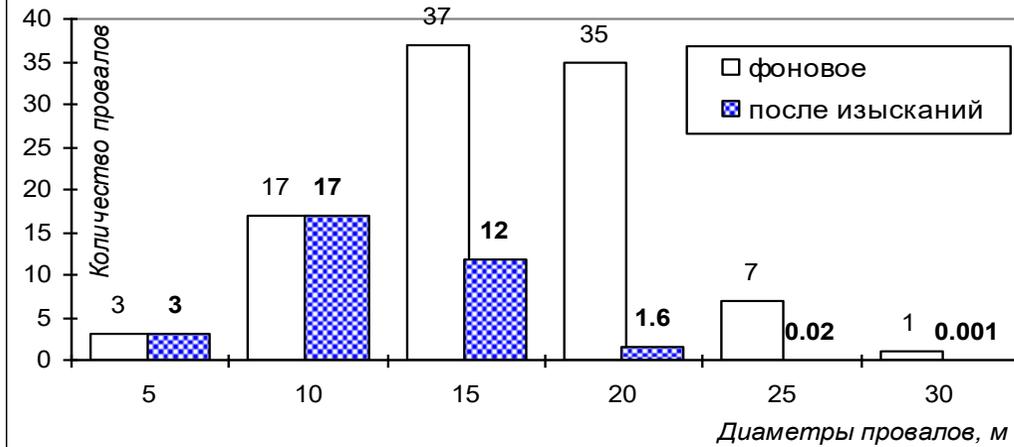
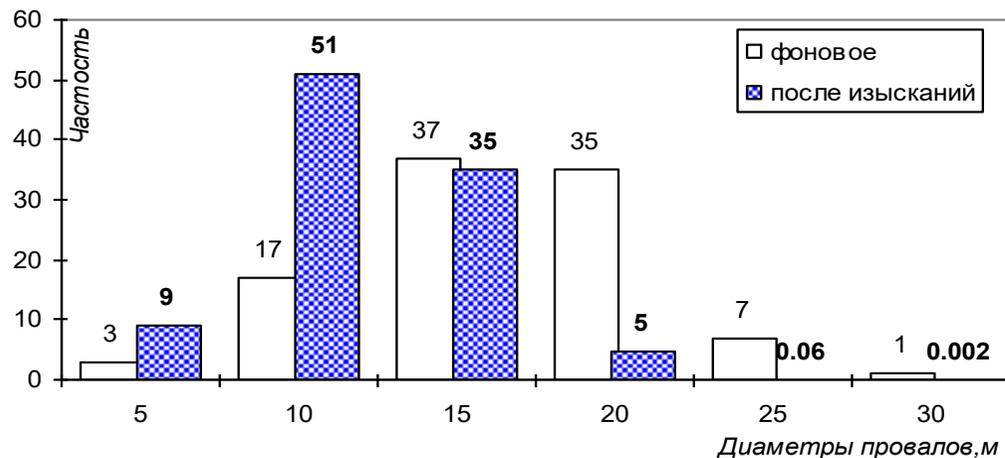
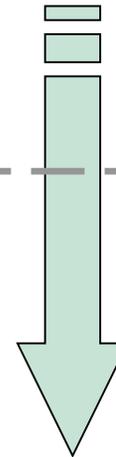


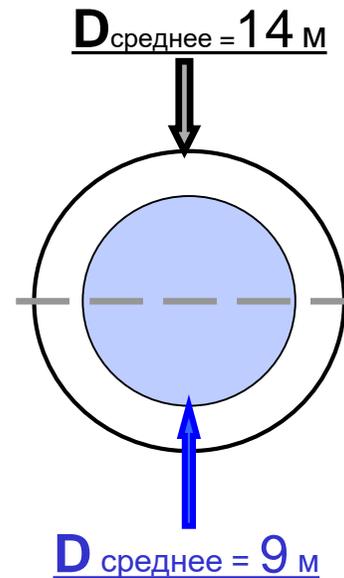
Рис. 2 Фоновая и откорректированная по результатам изысканий гистограмма распределения потенциальных провалов по диаметрам



$I = 0.075$
 провалов в
 год на км²



$I = 0.025$
 провалов в
 год на км²



ИЗЫСКАНИЯ

Рис. 1 Распределение диаметров потенциальных провалов до и после проведения изысканий (из расчета на 100 шт. первоначальных)

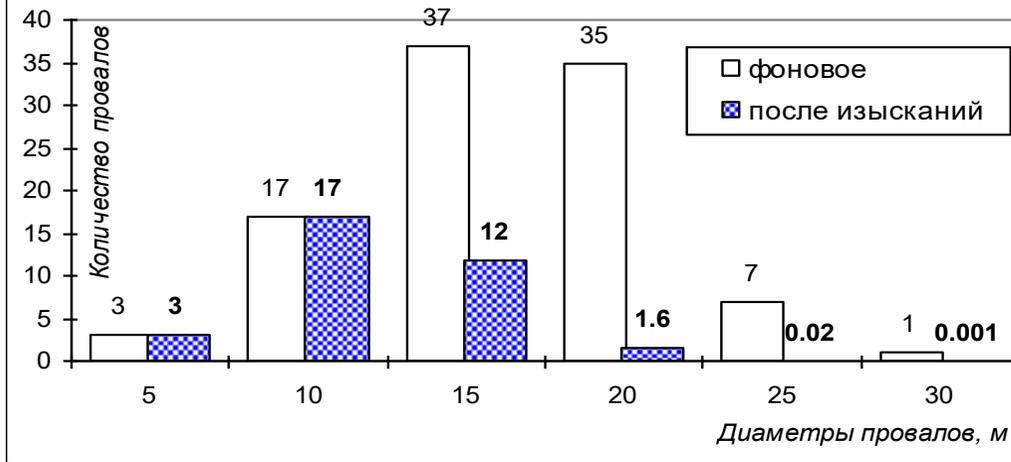
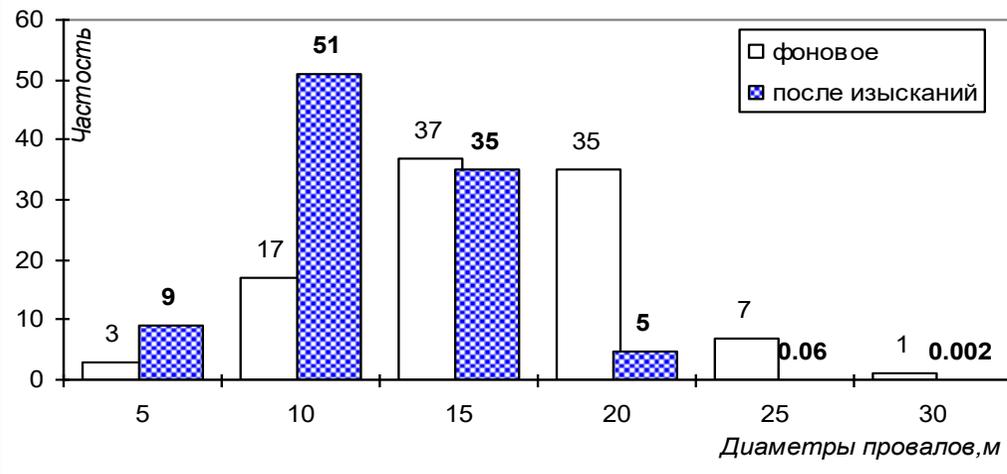
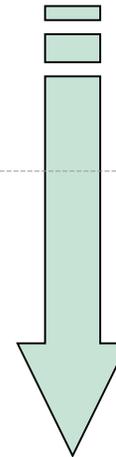


Рис. 2 Фоновая и откорректированная по результатам изысканий гистограмма распределения потенциальных провалов по диаметрам

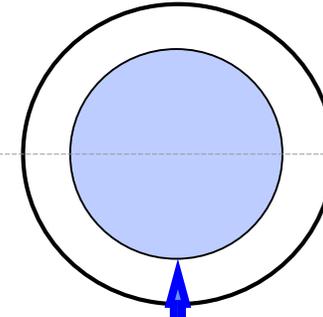


Оценка на предварительной стадии

$I = 0.075$
провалов в
год на км²



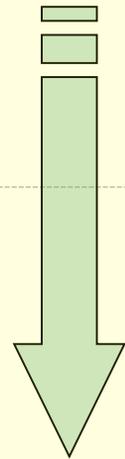
$D_{\text{среднее}} = 14 \text{ м}$



$D_{\text{среднее}} = 9 \text{ м}$

$I = 0.025$
провалов в
год на км²

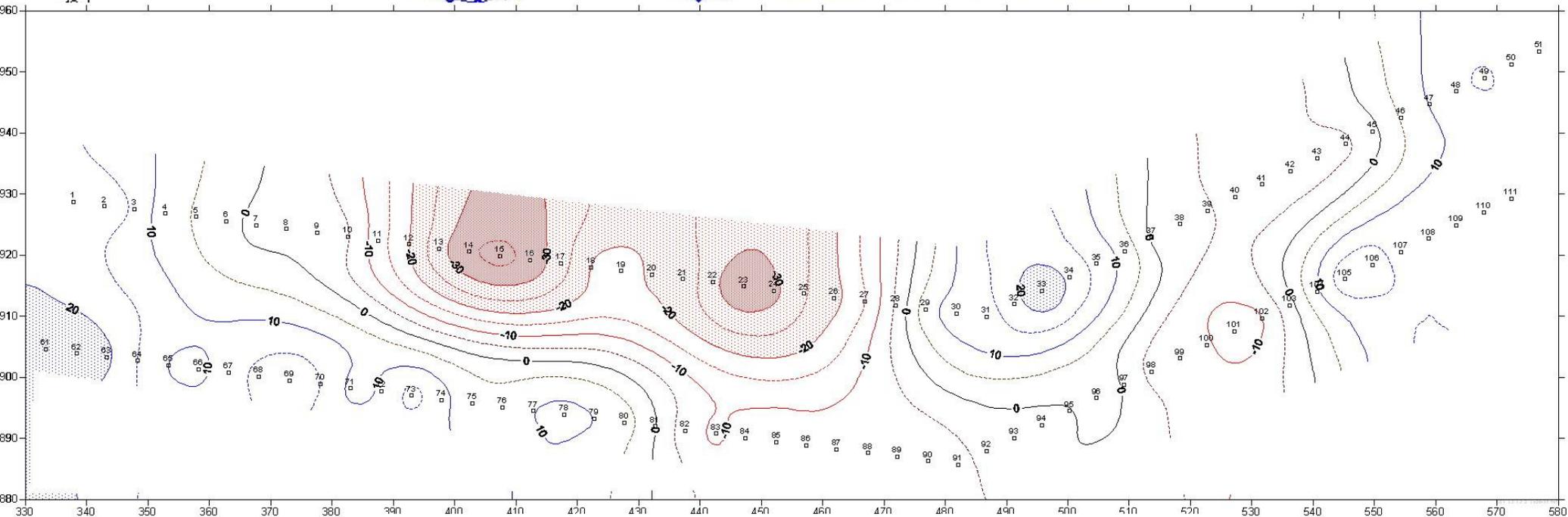
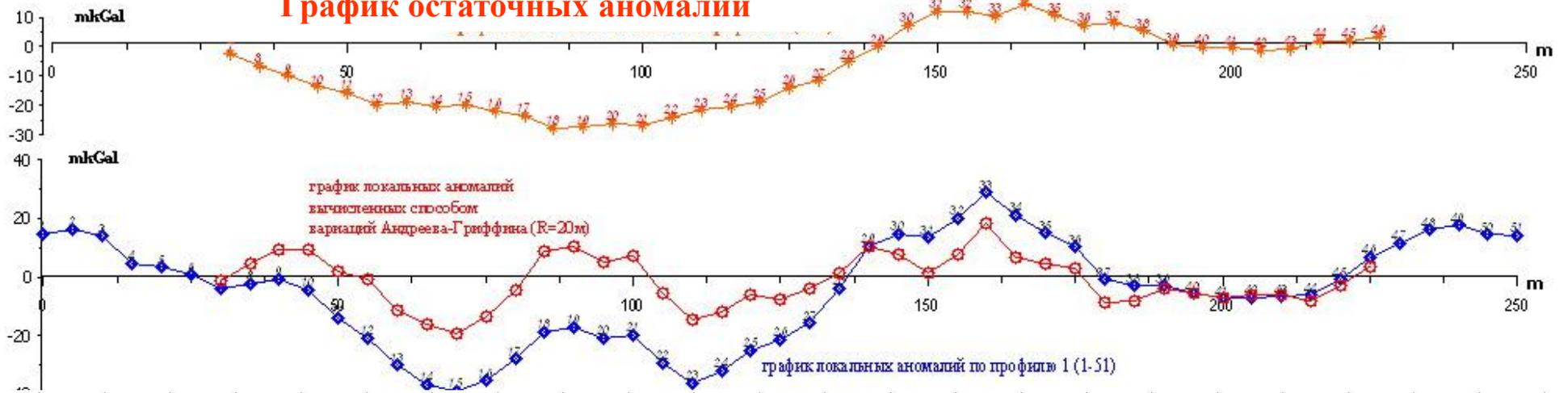
$I_{d=4.5\text{м}}$



$I_{d=2.0\text{м}}$

Экономический эффект
(в текущих ценах)
на фундаменте
1-го блока ~ 1 млн. руб

График остаточных аномалий



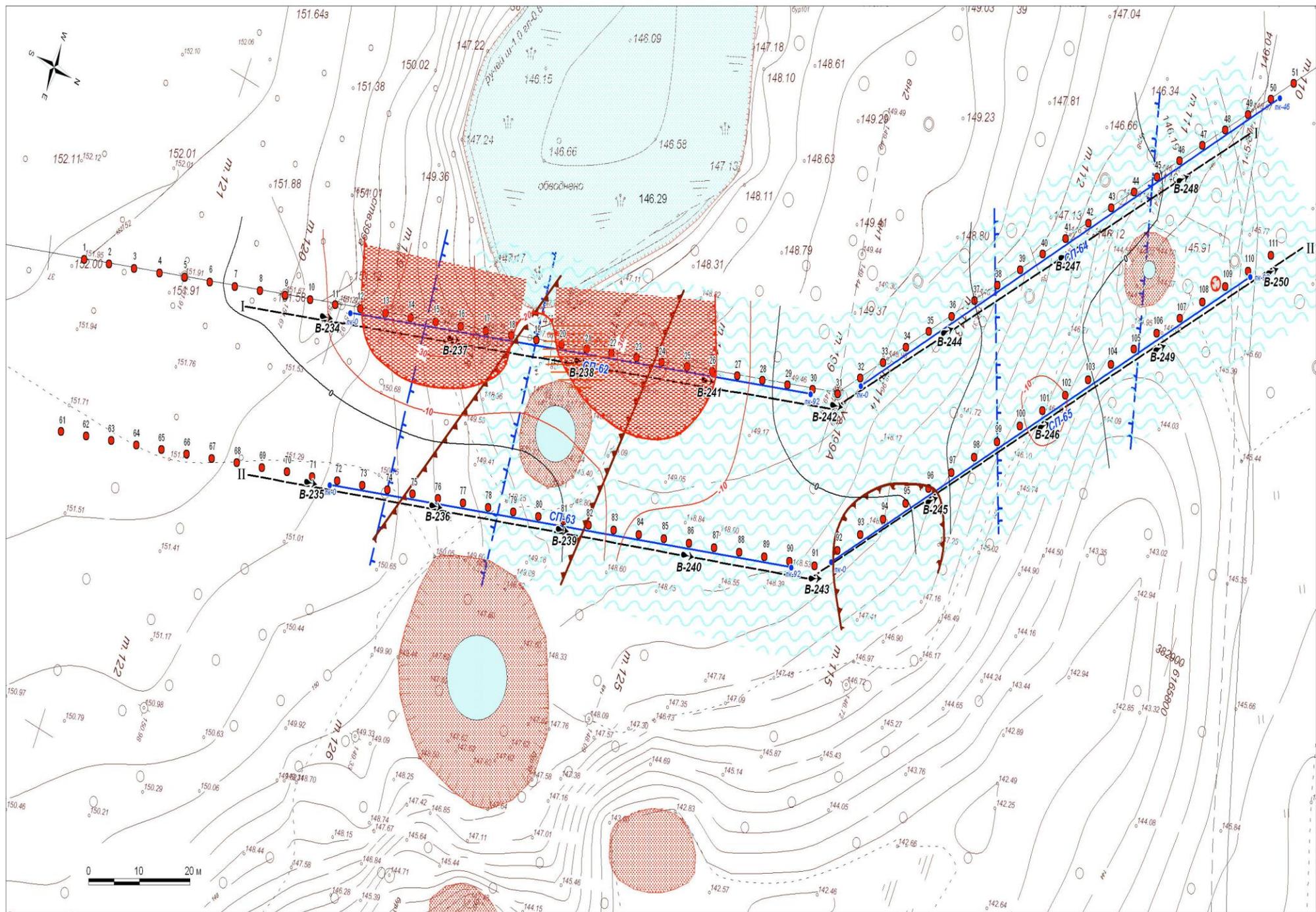
Карта локальных аномалий поля силы тяжести

(изолинии в микрогаллах)

Условные обозначения

- контуры проектируемого сооружения
- точка наблюдения гравразведки

- изолинии локальных аномалий поля силы тяжести (мкГал)



- B-234
- B-235
- B-236
- B-237
- B-238
- B-239
- B-240
- B-241
- B-242
- B-243
- B-244
- B-245
- B-246
- B-247
- B-248
- B-249
- B-250

Оценка территории в баллах	1	2	3	A
Оценочное значение интенсивности карстовых деформаций λ (провалов / год*кв.км)	0,04	0,2	1,0	
Примерное соответствие категориям карстоопасности СП	IV B	II B	I-II B	I A-B
Расчетный пролет карстового провала под сооружением - l_d (м)	3,5	13,5	17,5	20

Карстоопасность территории выполнена на базе вероятностной природы проявлений карста на дневной поверхности с учетом установленных комплексом исследований особенностей грунтового массива методом инженерно-геологических аналогий.

Вероятность проявления карстово-суффозионного процесса деформацией земной поверхности за срок службы сооружения достаточно высокая (экспертно оцениваемая величиной 0,8-0,9).

Отклонения физических свойств грунтов основания подтверждается всеми применявшимися геофизическими методами.

По данным высокоточной гравиметрии отмечается дефицит массы, как в покровной, так и карстующейся толще.

Сейсморазведкой отмечается потеря скорости волны до величин, соответствующих карстующимся породам очень сильной разрушенности ($K_{пор}=0,7-0,85$).

По данным электроразведки отмечается наличие погребенной эрозионной формы, выполненной относительно более проницаемыми и прочными песчано-глинистыми отложениями.

«Стволовая» структура аномалии позволяет предполагать, что для этих участков условия выхода на поверхность карстовых полостей наиболее благоприятна.

Параметры возможной карстовой деформации возможно определить аналитическим расчетом, опираясь на полученные результаты гравиметрии. С учетом дефицита масс в покровной толще, дефицит массы в коренных отложениях может составить несколько тысяч тонн в пределах гравиметрических точек 12-26. При их локализации в едином пространстве (полости) объем такой формы может составить около 1500-2000м³. При трансляции (передвижении) к дневной поверхности такая карстовая форма частично потеряет в объеме (за счет относительно высокого коэффициента разрыхления покровных грунтов $K_p=1,3$) с формированием провала, а затем и воронки объемом до ~700м³. С учетом механизма развития и проявления на поверхности такого карстообразования возможно формирование воронки диаметром до ~20 м. Такие размеры соответствуют пессимистическому варианту развития карстообразования, учитывающего возможность достаточно быстрого раскрытия бортов воронки или развития повалообразования по другому механизму с формированием более пологой формы бортов воронки.



Провал 12 апреля 2005г.

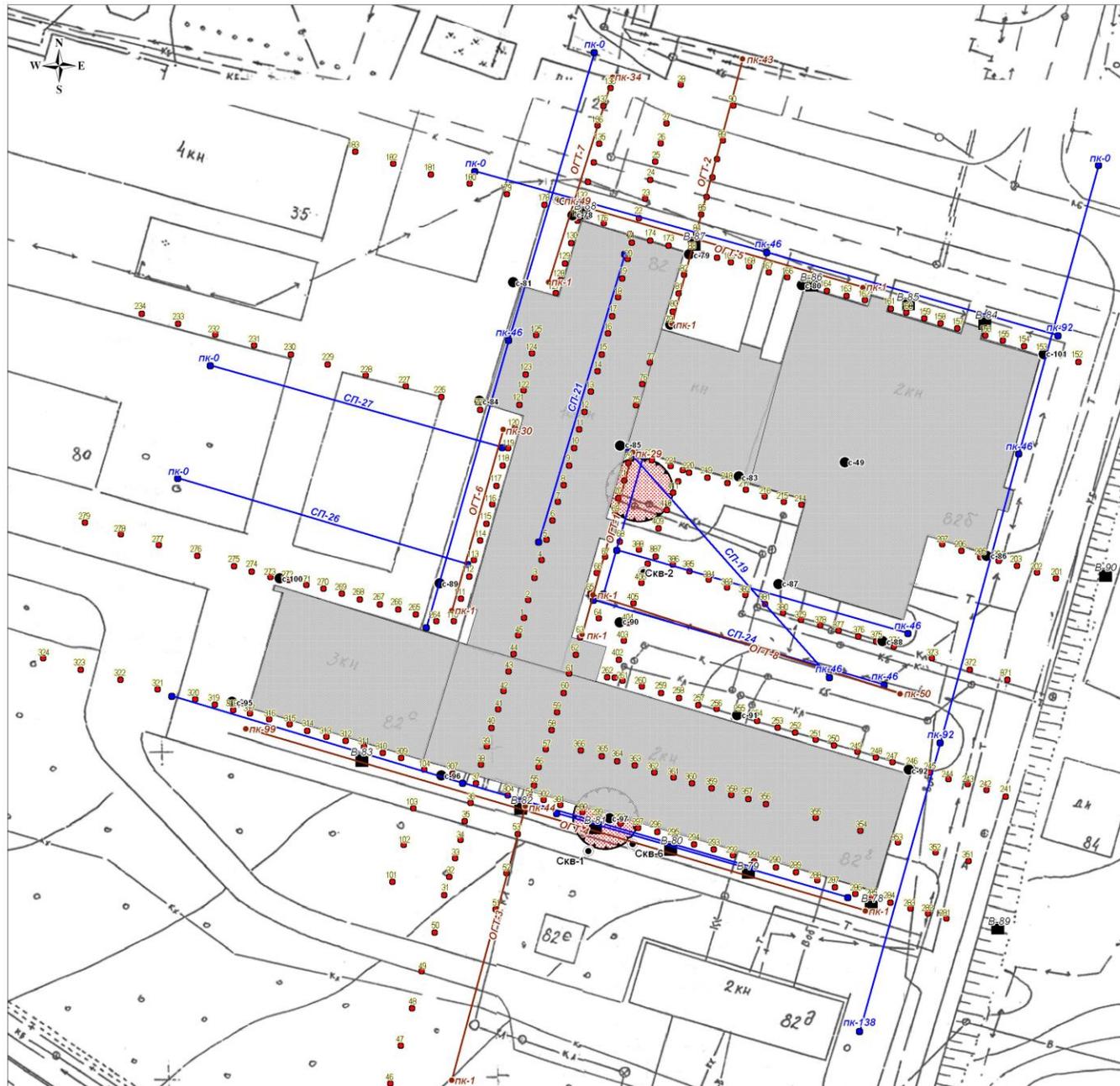


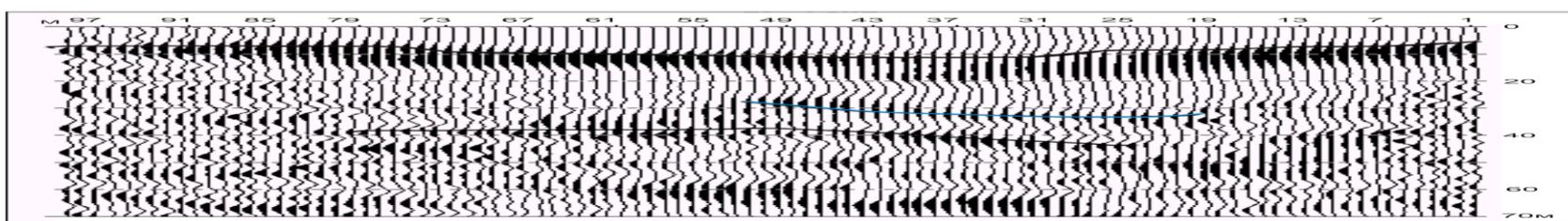
Рис.1 Карта фактического материала

Масштаб 1 : 500

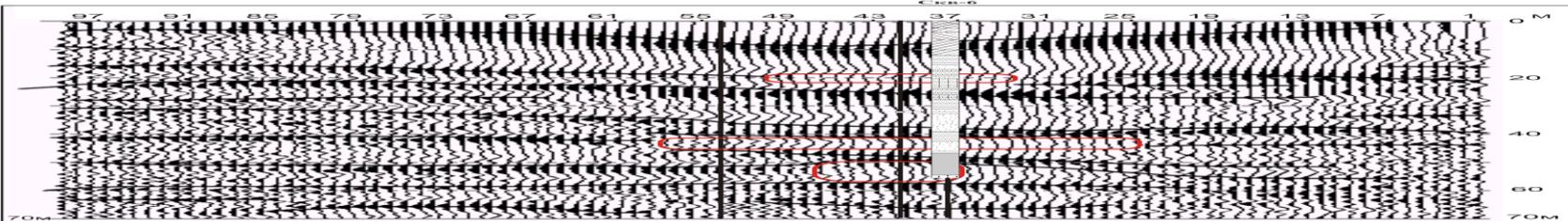
Условные обозначения

-  - Линия сейсмического профиля методом МПВ, его номер и номер ашкетов.
-  - Точка гравиметрического наблюдения, ее номер.
-  - Линия сейсмического профиля методом ОГТ и его номер.
-  - Точка ВЭЗ МДС, ее номер и направление разноса линии АО.
-  - Карстовые провалы 2005г.
-  - Скважина инженерно-геологическая, ее номер (п/я А-3307, 1981 г).
-  - Скважина инженерно-геологическая, ее номер (ТулаТИСИЗ, 2005).

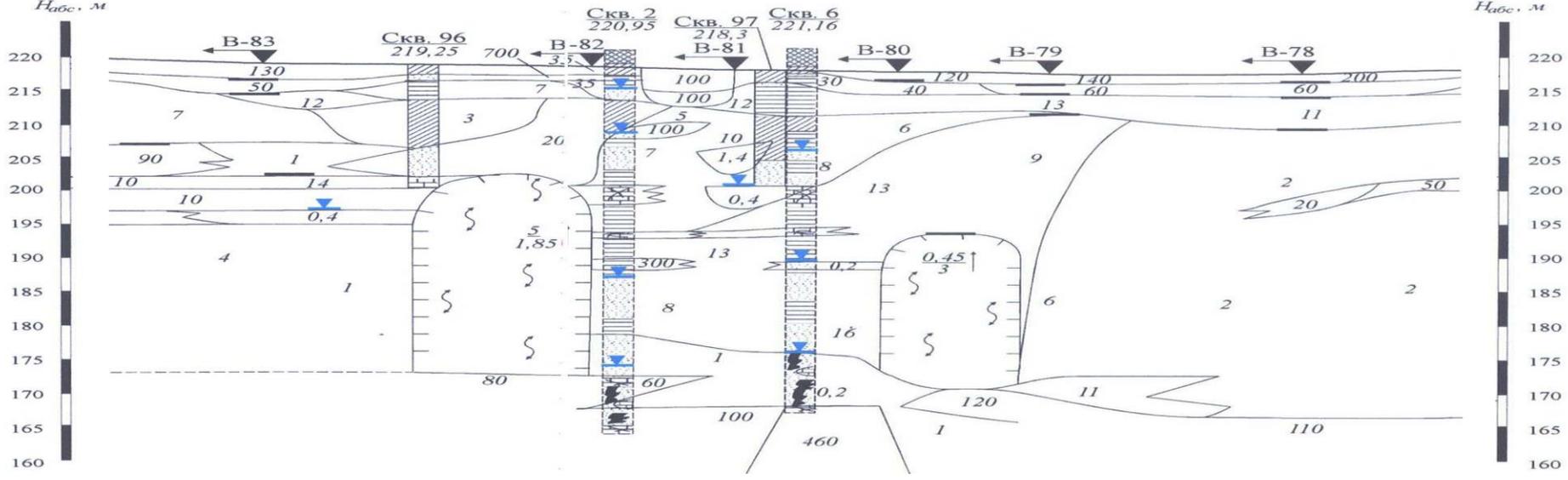
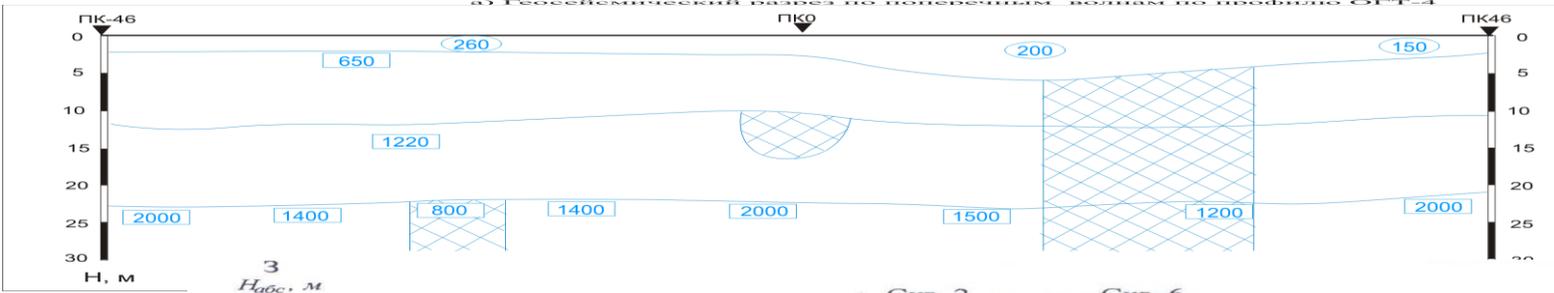




УГБ-1
УГБ-2



Суглинок
Глина
Известняк
Глина
Песок
Известняк



Результаты интерпретации методов ОГТ-р, ОГТ-s, МПВ и ВЭЗ МДС

Рис. 4.5.1 Карта геофизических аномалий, обусловленных развитием карстово-суффозионных процессов

Масштаб 1 : 500

Условные обозначения

-  - Зона распределения низких скоростей по пласту тульских известняков по данным сейсморазведки методом МПВ.
-  - Участки развития локальных отрицательных аномалий поля силы тяжести по данным высокоточной гравиметрии.
-  - Изолинии локальных отрицательных аномалий поля силы тяжести по данным высокоточной гравиметрии.
-  - Зоны деформации пласта тульских известняков по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Зона карстования тульских известняков по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Зоны поглощения (разуплотнения) в покровной толще по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Зоны субвертикальной проводимости по данным ВЭЗ МДС.
-  - Зоны формирования полостей в тульских известняках по данным электроразведки методом ВЭЗ МДС.
-  - Участки присутствия водоупора в кровле карстующихся пород по данным ВЭЗ МДС.
-  - Карстовые провалы 2005 г.

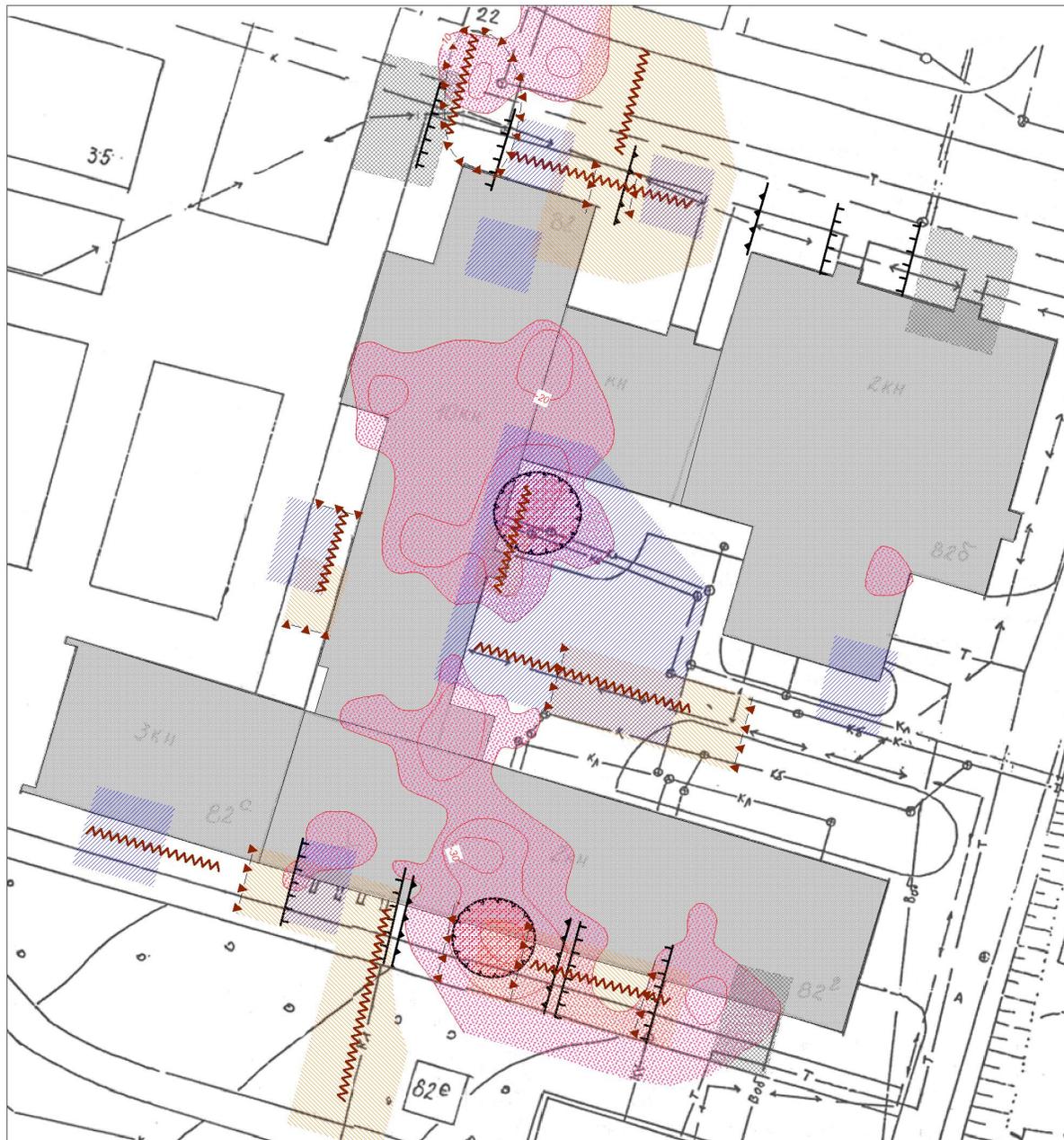
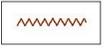
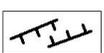
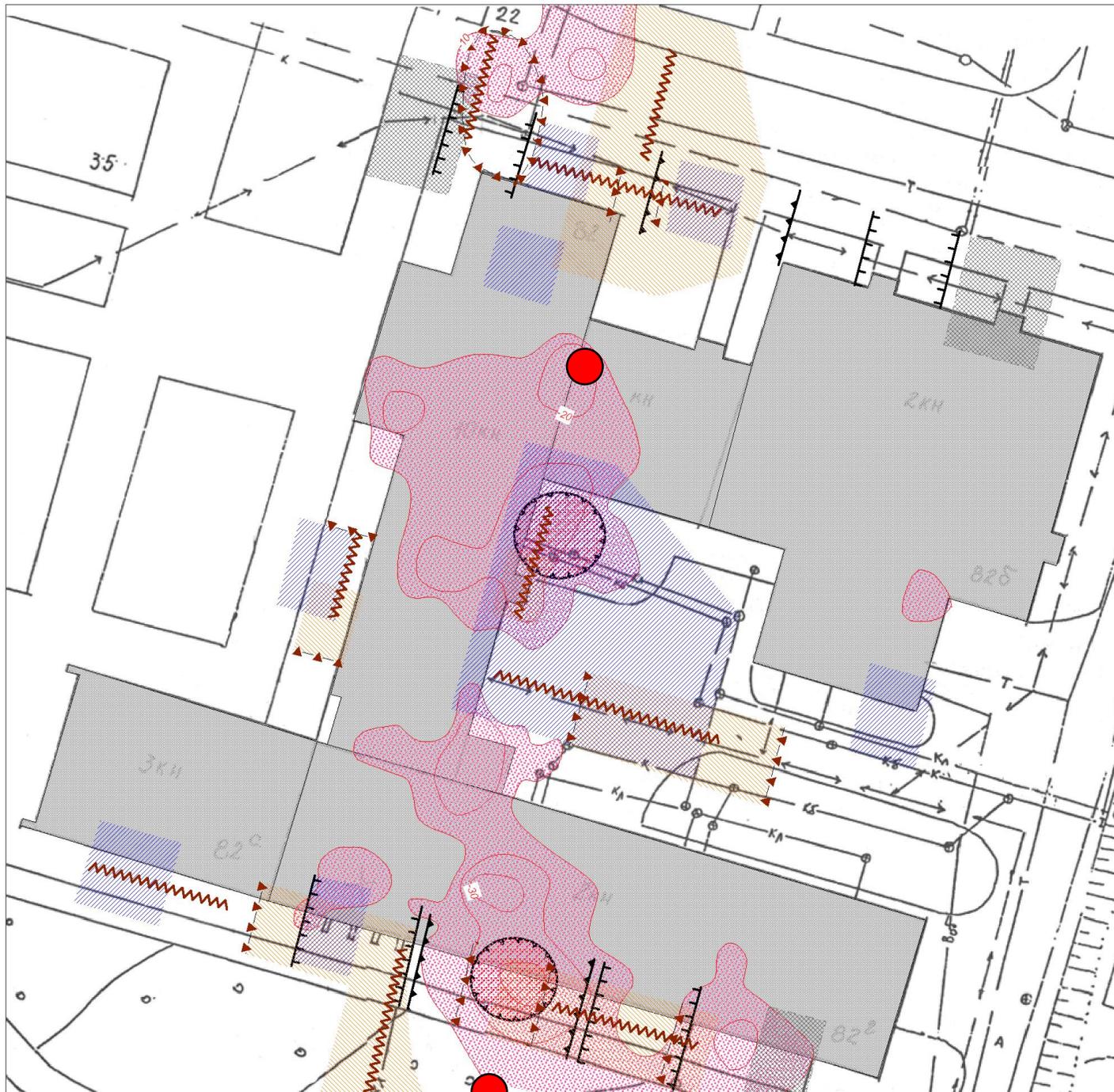


Рис. 4.5.1 Карта геофизических аномалий обусловленных развитием карстово-суффозионных процессов

Масштаб 1 : 500

Условные обозначения

-  - Зона распределения низких скоростей по пласту известняков по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Участки развития локальных отрицательных аномалий поля силы тяжести по данным высокоточной гравиметрии.
-  - Изолинии локальных отрицательных аномалий поля силы тяжести по данным высокоточной гравиметрии.
-  - Зоны деформации пласта тульских известняков по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Зоны карстования тульских известняков по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Зоны поглощения (разуплотнения) в покровной толще по данным сейсморазведки методом ОГТ.
-  - Зоны субвертикальной проводимости по данным электроразведки методом ВЭЗ МДС.
-  - Зоны формирования полостей в тульских известняках по данным электроразведки методом ВЭЗ МДС.
-  - Участки присутствия водоупора в кровле карстовых пород по данным ВЭЗ МДС.
-  - Карстовые провалы 2005 г.

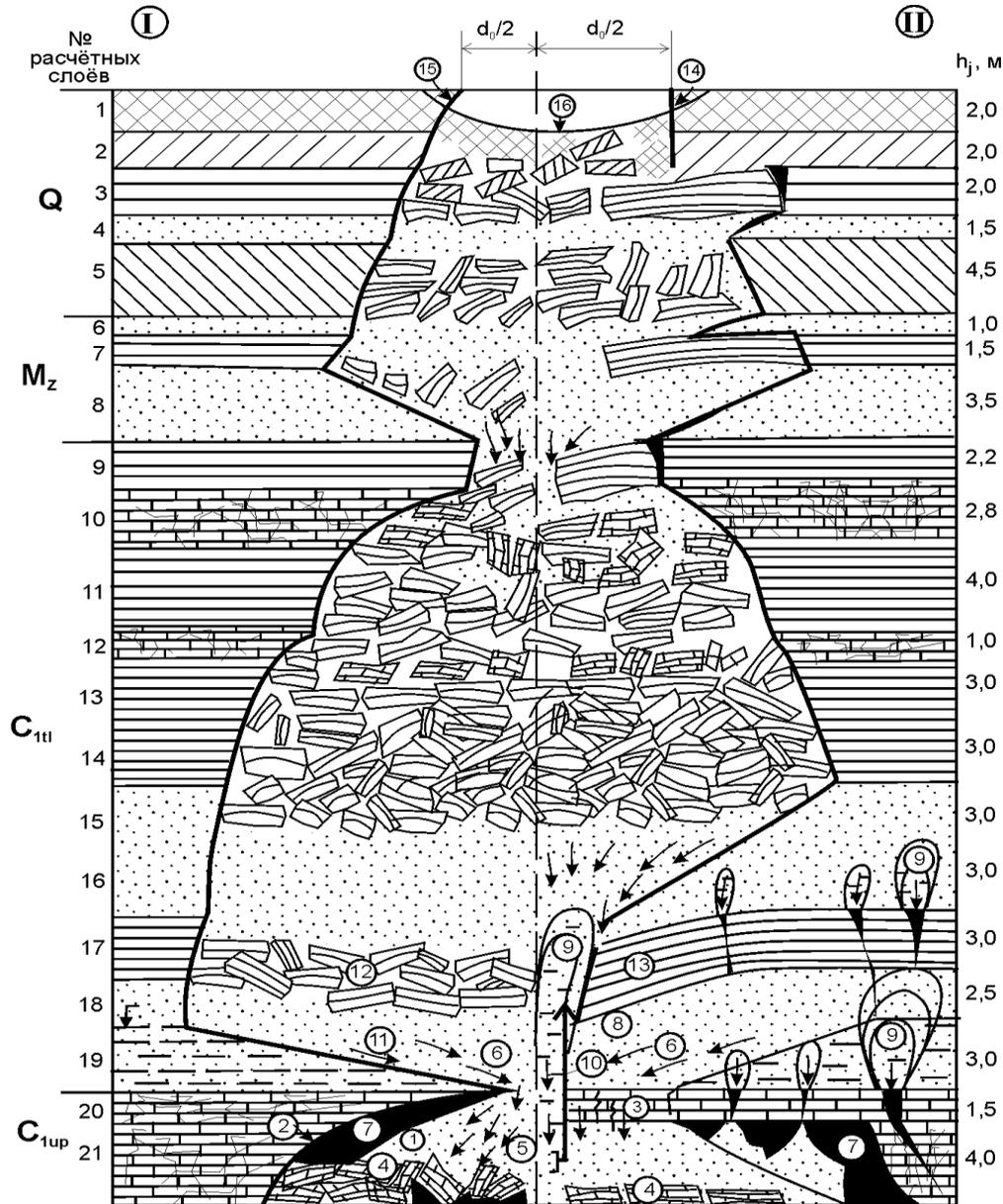


Для оценки области влияния полостей, вышедших на поверхность провалами, была разработана **модель развития карстово-суффозионной деформации.**



На базе этой модели существует возможность **оценить изменения пространственно-временных и физических параметров грунтового массива**, затронутого провалом и выработать соответствующую **стратегию исследований**, а в последующем и **характер противокарстовых мероприятий.**

Определение параметров ожидаемых провалов

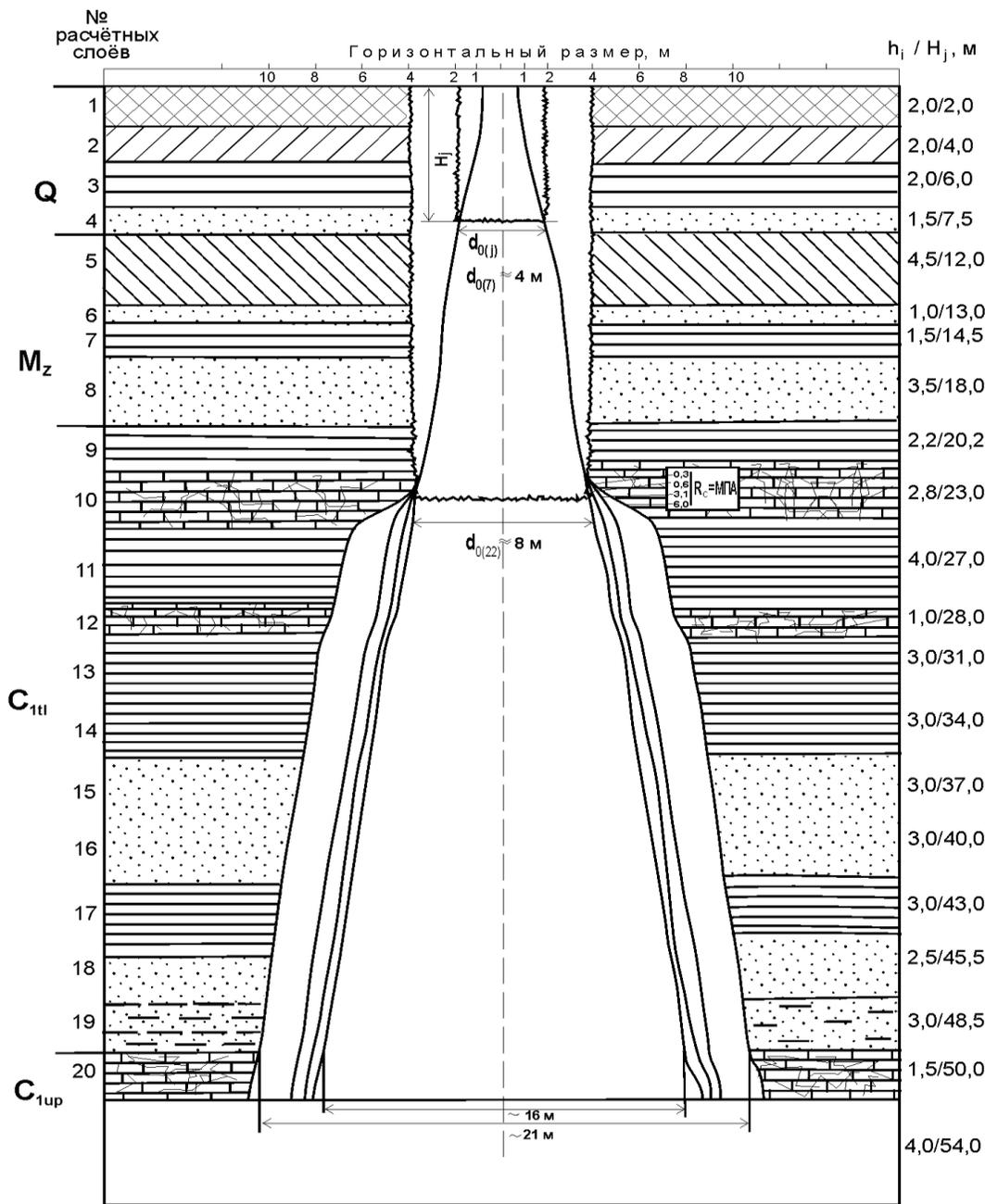


хема формирования карстового провала

При обрушении кровли полости (1) в упинских известняках путем образования свода (2) или выпадения отдельных блоков (3) происходит частичное заполнение полости обломками известняка (4) и вышележащим песком (5) в результате его истечения (6).

Полость частично заполняется породами. При обрушении породы разрыхляются (коэффициент разрыхления известняков $K_r \approx 1,8-2,0$, для песков $K_r \approx 1,05-1,1$). В полости могут оставаться незаполненные обрушенной породой пространства (7). Одновременно происходит отжатие напорной воды из полости через отверстие в верхней части полости и трещины с формированием зон разжижения (9) и последующим истечением разжиженного песка в полости и трещины (10). На контакте водонасыщенного и влажного песка (11) формируется своеобразная воронка с пологими склонами, которая очень быстро заполняется за счет сдвижения влажного песка. На контакте песчаной и глинистой толщ (слои 18 и 17) формируется распластанная, но неглубокая полость, в которую происходит обрушение (12) или прогиб глинистого слоя (13) с образованием трещин.

При достижении зоной сдвижения грунтов и соответствующей промежуточной полости определенной глубины, при которой вес некоторого столба грунта окажется больше сил сопротивления по периметру этого столба, происходит сдвижение (14) круглоцилиндрического столба грунта (диаметром d_0 с глубины H_0) до земной поверхности. Другим вариантом провалообразования является выход свода на земную поверхность (15). В дальнейшем провальные круглоцилиндрические или кувшинообразные впадины постепенно принимают воронкообразную (коническую) форму (16) за счет оползания грунта.



Эквипотенциальные поверхности образования круглоцилиндрических провалов

Определение параметров ожидаемых провалов

$$d_{oj} = 2(2C + \gamma H_{oj} N \operatorname{tg} \varphi - 2CM \operatorname{tg} \varphi) / \gamma,$$

где d_{oj} – диаметр круглоцилиндрического столба сдвижения грунта, которое может произойти с глубины H_{oj} ;

C, φ, γ – средневзвешенные по глубине H_j значения удельного сцепления, угла внутреннего трения и объемного веса грунта, определяемые по данным инженерно-геологических изысканий.

$$C = \sum c_i h_i / H_j; \quad \varphi = \sum \varphi_i h_i / H_j; \quad \gamma = \sum \gamma_i h_i / H_j,$$

где c_i, φ_i, γ_i – соответствующие значения физико-механических характеристик грунтов для i -го слоя грунта;

$$H_j = \sum h_i;$$

$$N = (1 - \operatorname{tg} \varphi / \operatorname{tg} \beta) / (1 - \operatorname{tg}^2 \varphi + 2 \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \varphi),$$

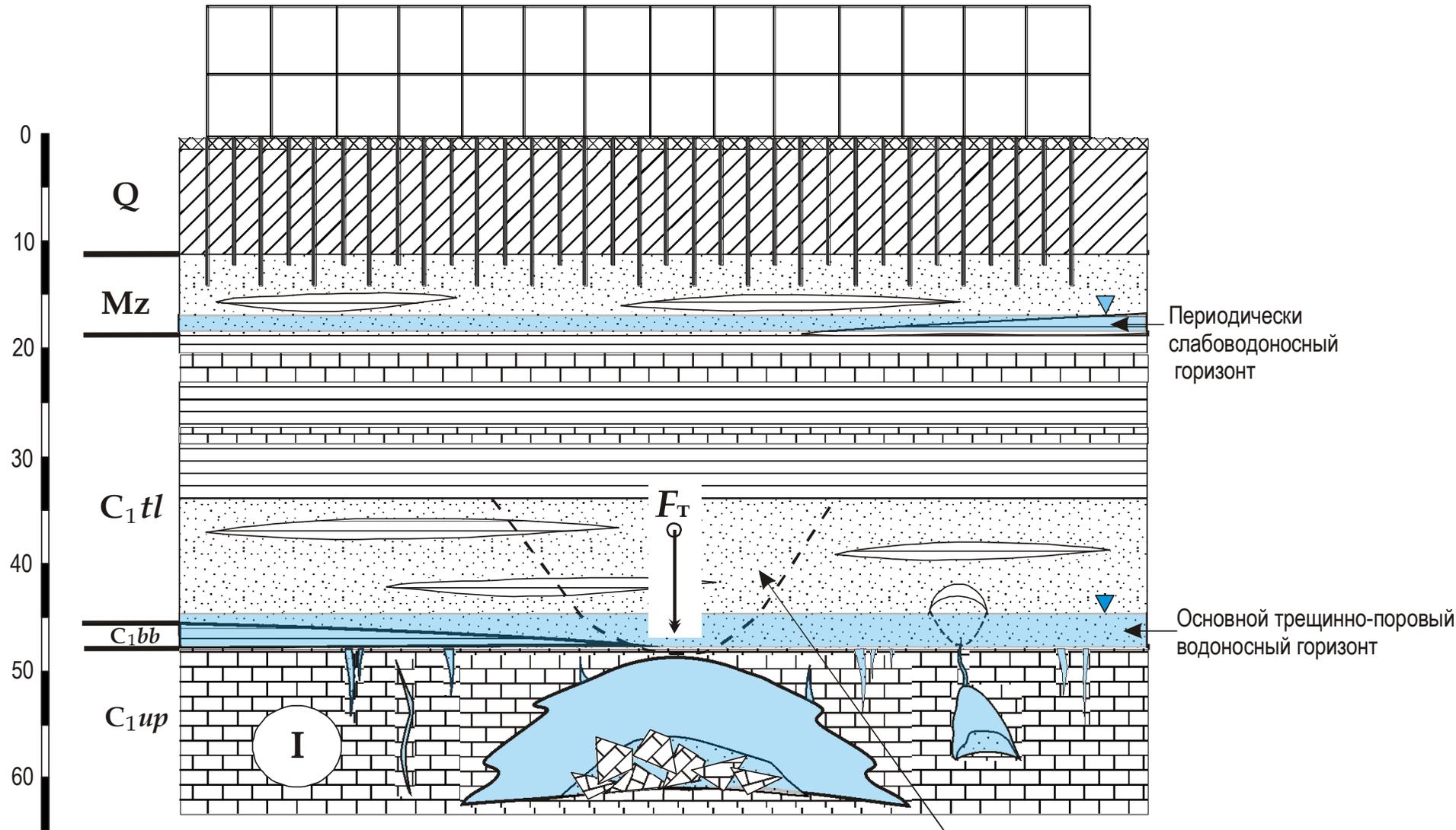
$$M = (2 \operatorname{tg} \beta + 1 / \operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \varphi) / (1 - \operatorname{tg}^2 \varphi + 2 \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \varphi),$$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \varphi + (0,5(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi))^{1/2}.$$

$$d_{\max} = 16 \text{ м}$$

$$d_{\text{ср}} = 8 \text{ м}$$

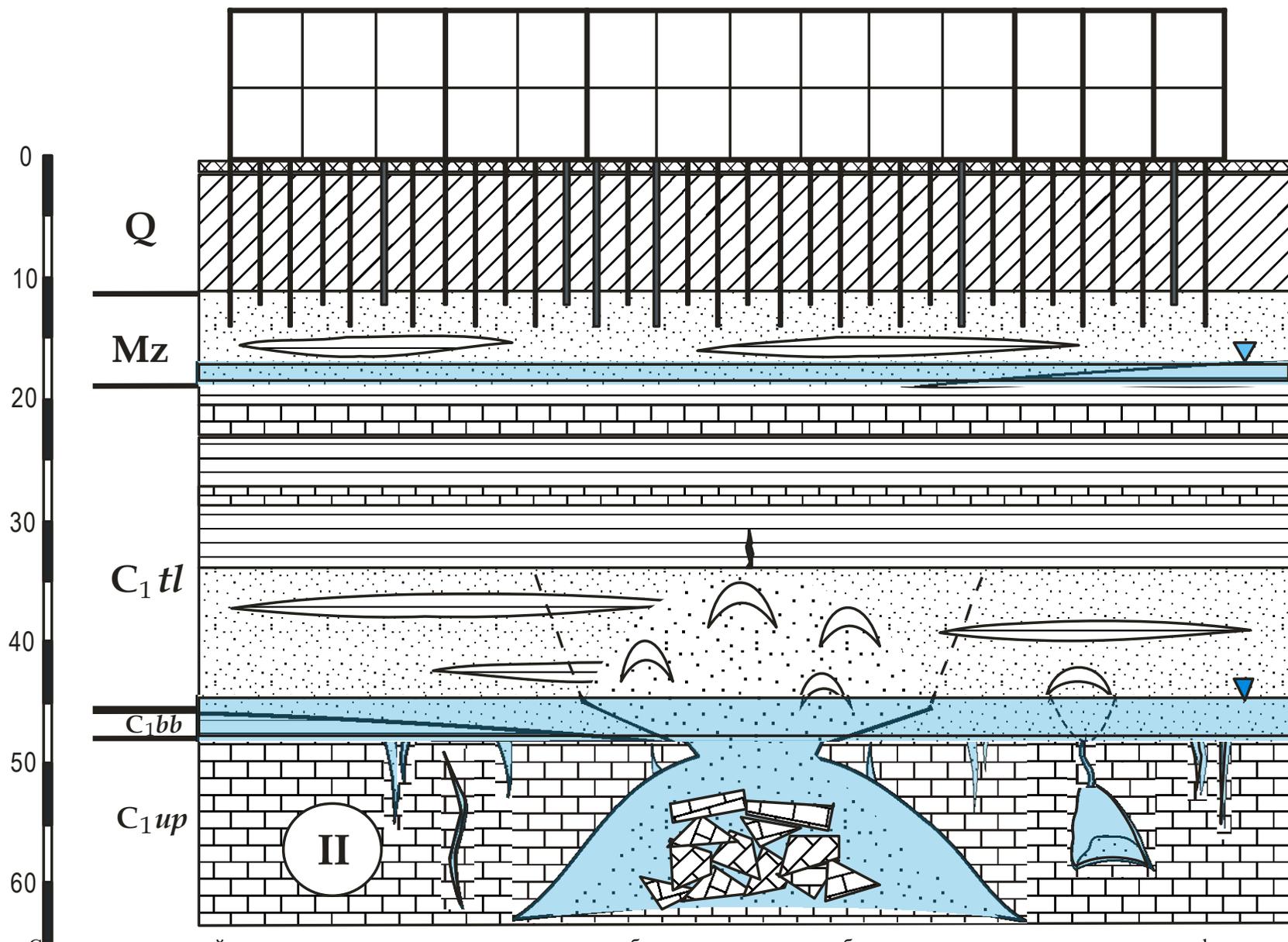
Механизм провалообразования (стадия I)



Область разуплотнения дисперсных грунтов вследствие развития полости

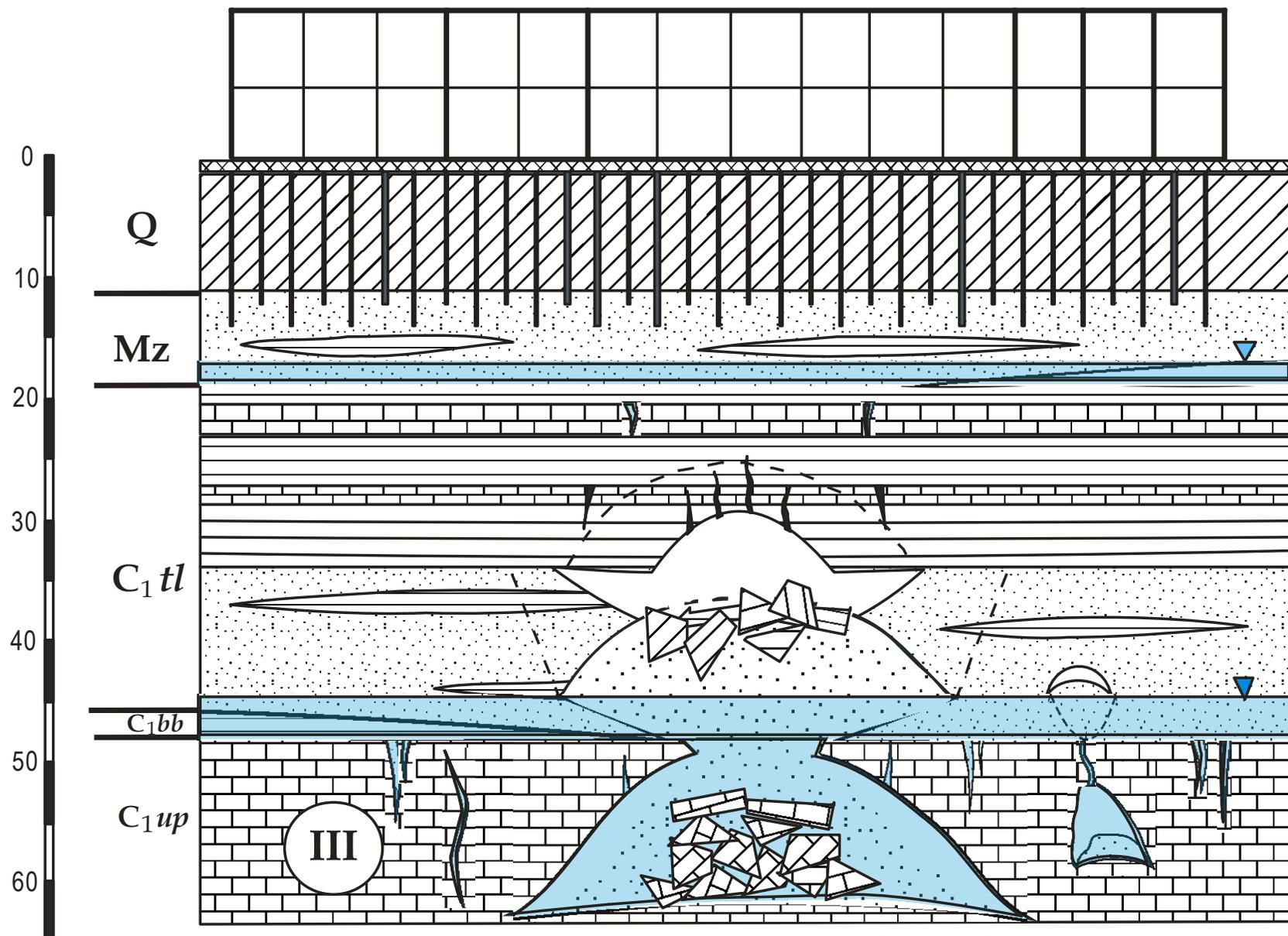
В предпровальном периоде за длительный период формируется полость. В ходе развития свод полости приближается к кровле известняка. Возможно за счет суффозии проникновение частиц дисперсных пород с формированием в песчаной толще небольших разуплотненных зон и промежуточных полостей.

Механизм провалообразования (стадия II)



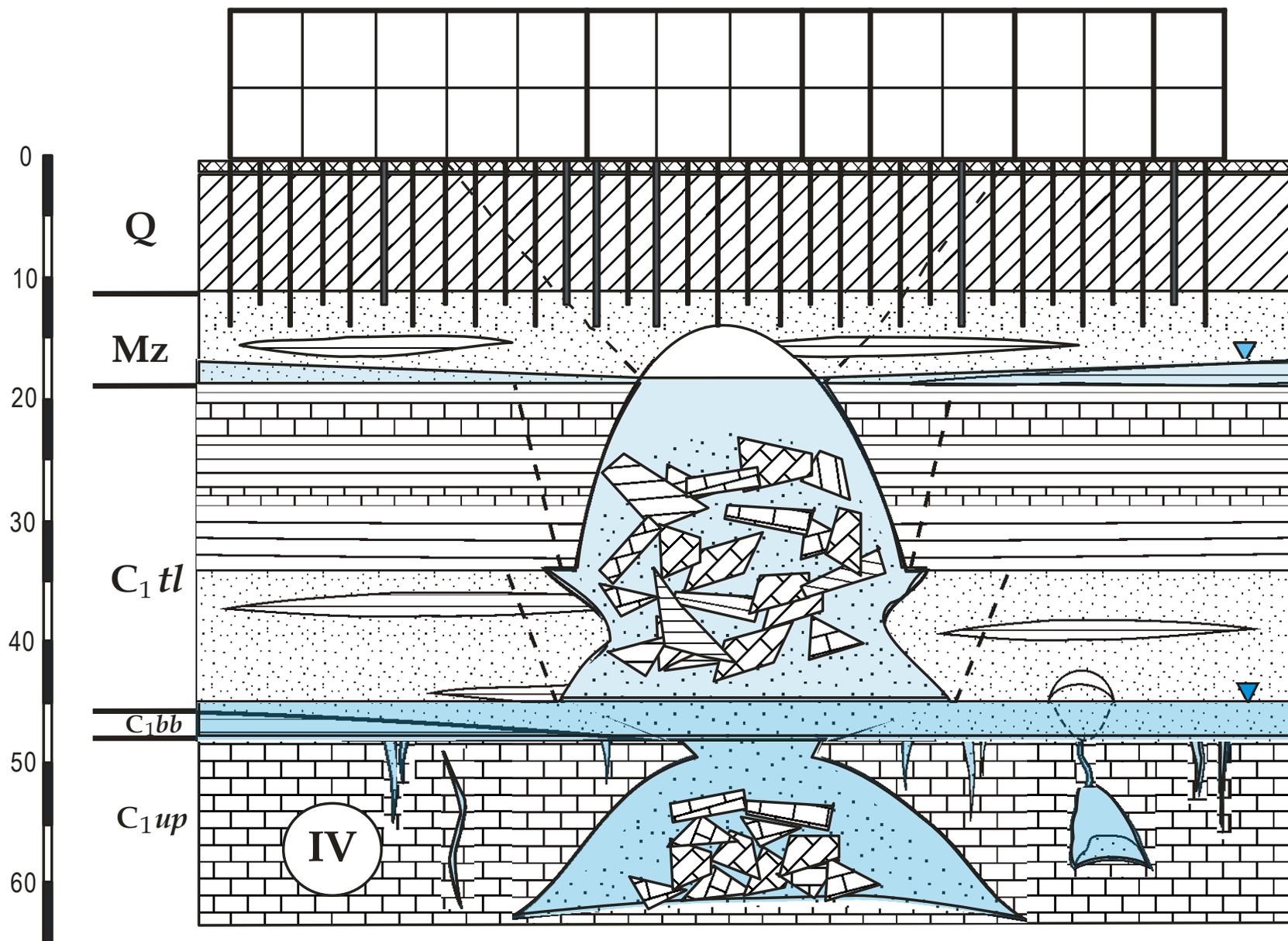
Сложившееся неустойчивое равновесие нарушается и происходит обвал кровли полости с обрушением вышележающих грунтов с формированием разуплотненных зон и промежуточного пустотного пространства. В водонасыщенных породах в виде перевернутого конуса, а затем и сводов.

Механизм провалообразования (стадия III)



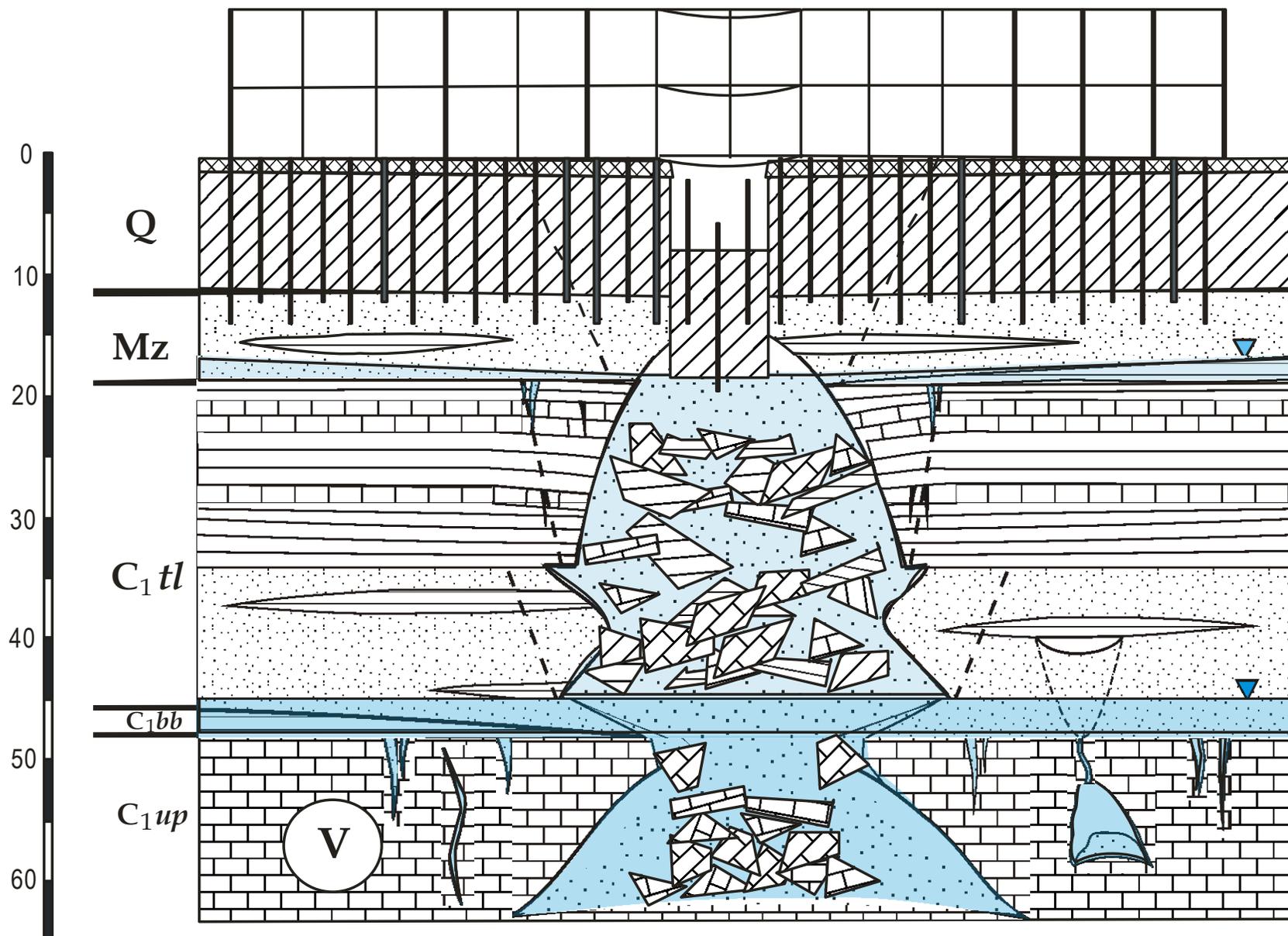
Выход на поверхность некоторое время сдерживается пачкой переслаивающихся глин и известняков (в силу их более высоких прочностных параметров) «Накопившаяся» в подошве полость формирует достаточно обширное ослабление, которое превысив некий критический пролет, формирует свод и в них.

Механизм провалообразования (стадия IV)



Свод промежуточной полости «прошивает» глинисто-известковую пачку и движется к поверхности

Механизм провалообразования (стадия V)



В момент, когда свод не выдерживает массы покровных грунтов происходит их обрушение единым блоком



10:01

16-6-1995

Оценка карстоопасности

- Основой оценки карстоопасности послужил комплексный анализ характера геолого-геофизических условий природной среды), который позволил выделить участки с различной степенью опасности.
- При определении степени опасности для объекта учитывалась конструктивная схема фундаментов, в частности то, что выход из строя любого из отдельно стоящих фундаментов приводит к деформациям здания. В этом случае даже минимальные по размерам провалы способны привести к снижению устойчивости здания.
- В результате проведенных изысканий удалось зонировать исследуемую площадку по картоопасности и характеру проведения защитных мероприятий.
- Достоверность прогноза подтвердилась 2 провалами в выделенных провалоопасных зонах произошедших уже после окончания исследований.



Карта карстоопасности

Условные обозначения

Зоны карстоопасности

-  - Чрезвычайно опасные (I - II).
-  - Опасные (II - III).
-  - Потенциально опасные (III - IV).
-  - Практически не опасные (IV).

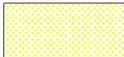
Основой оценки карстоопасности служит комплексный анализ геолого-геофизических условий природной среды, позволяющий выделить участки с различной степенью опасности. При определении степени опасности для объекта учитываются конструктивная схема фундаментов, в частности то, насколько близко к строю любого из отдельно стоящих фундаментов присутствуют деформациям здания. В таком случае даже минимальная



Карта карстоопасности

Условные обозначения

Зоны карстоопасности

-  - Чрезвычайно опасные (I - II).
-  - Опасные (II - III).
-  - Потенциально опасные (III - IV).
-  - Практически не опасные (IV).

Достоверность прогноза подтвердилась
2 провалами в выделенных
провалоопасных зонах произошедших
уже после окончания исследований.



**"На устройство подошвы и поддела
ни трудов, ни иждивения
жалеть не должно"**

**Из петровского «Руководства наставлений
для народных училищ строителей»
(конец XVII века)**

*подошва – грунтовое основание
поддел – фундамент
иждивение –расходовать , тратить*

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !