

кальные смещения отражающих границ, визуально формирующие «плоскость скольжения», возможно связанную со смещением техногенного заполнения в юго-западном направлении.

Прослеживается устойчивая тенденция расширения негативных изменений породного массива в пределах контролируемой территории, вызванных гидрогеологическими процессами в районе провала и северо-западного потенциально-опасного участка. В итоге по сейсморазведочным данным установлено объединение эпицентральных областей и расширены границы максимальных негативных областей.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках соглашения по государственному заданию № 075-03-2021-374 от 29 декабря 2020 г.*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168 с.
2. Калашникова М.М. Результаты комплексного мониторинга аварийной зоны на СКРУ-2 // Горное эхо. – 2020. – № 3 (80). – С. 72-77. – DOI: 10.7242/echo.2020.3.14.

УДК 550.853

DOI:10.7242/echo.2021.4.14

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИЙ НОВЫХ ОТВЕТСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ г. ПЕРМИ ПО СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫМ ДАННЫМ

В.В. Никифоров

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация.** Выполнены исследования физико-механических свойств грунтов по скважинам, расположенным на территории г. Перми. Проведен количественный анализ всех полученных материалов. Исследованы интегральные характеристики прочностных свойств, которые выражены в виде средневзвешенного значения предела одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии грунтов. На основании экспертных оценок определены наиболее ослабленные участки исследуемой территории.

**Ключевые слова:** инженерно-геологические свойства, экспертная оценка, ослабленные участки, методика.

Методика оценки состояния терригенно-карбонатной толщи (ТКТ) для подработанных территорий применялась в г. Березники [3] и г. Соликамск [1]. Площадка в г. Перми не является подработанной, поэтому проверка методики экспертной оценки в условиях техногенной городской застройки представляет практический и теоретический интерес.

Весьма интересной представляется проблема разработки интегрального показателя, который бы учитывал все виды воздействия на геологическую среду. Для этого необходимо проводить нормирование показателей, переводя их в безразмерные, относительные величины, например, использовать приведенные показатели к среднему значению по площади, либо к его максимальному (минимальному) значению.

Второй способ нормирования это балльная оценка. Фактор субъективности может быть существенно снижен введением весовых коэффициентов, которые должны базироваться на большом количестве экспериментального материала [2].

Инженерные сейсморазведочные исследования выполнены на площади 100 на 200 метров в пределах участка будущего строительства. Схема фактического материала с расположением архивных и новых инженерно-геологических скважин представлена на рис. 1. Площадка изысканий и ее окрестности характеризуются наличием зданий бывшего завода и технологических конструкций, расположенных как на поверхности, так и заглубленных ниже поверхности геофизических наблюдений. Кроме этого, осложняющим фактором для проведения сейсморазведочных исследований является большое количество промышленного мусора в пределах точек геофизических наблюдений и высокий уровень техногенного шума.

Выделенные негативные осложнения волнового поля, вероятно, вызваны наличием разуплотненных, слабо прочных пород в исследуемом интервале геологического разреза. Начальная глубина их локализации примерно соответствует верхней части коренных алевролитов.

Выделяемые при интерпретации волновых полей ослабленные участки можно объединить в три области: западную центральную и восточную, которые пересекают площадь работ с юго-востока на северо-запад. Наиболее контрастно выделяется центральная зона осложнений волнового поля, для которой наблюдается наибольшее изменение скоростей. Что, как правило, связано с изменением в худшую сторону физико-механических свойств пород. Положение зон частично коррелируется с направлением изолиний УГВ, приуроченных к коренным породам (eP, P).

Площадь исследований приурочена к первой надпойменной террасе р. Кама в районе впадения в нее р. Егошиха. По данным инженерно-геологических скважин площадь работ сложена песчано-глинистыми четвертичными отложениями и подстилающими их верхнепермскими алевролитами, переходящими в песчаники. В верхней части разреза по всей площади присутствуют насыпные отложения, различающиеся как по времени формирования, так и по литологическому составу. Их мощность также достаточно нестабильна по площади: от 2 до 10 м.

Всего на площадке пробурено 22 скважины, глубиной от 7 до 23 м (рис. 1). Отобраны пробы грунта для лабораторного определения физико-механических свойств.

На рисунке 2 представлены изолинии мощностей скального грунта.

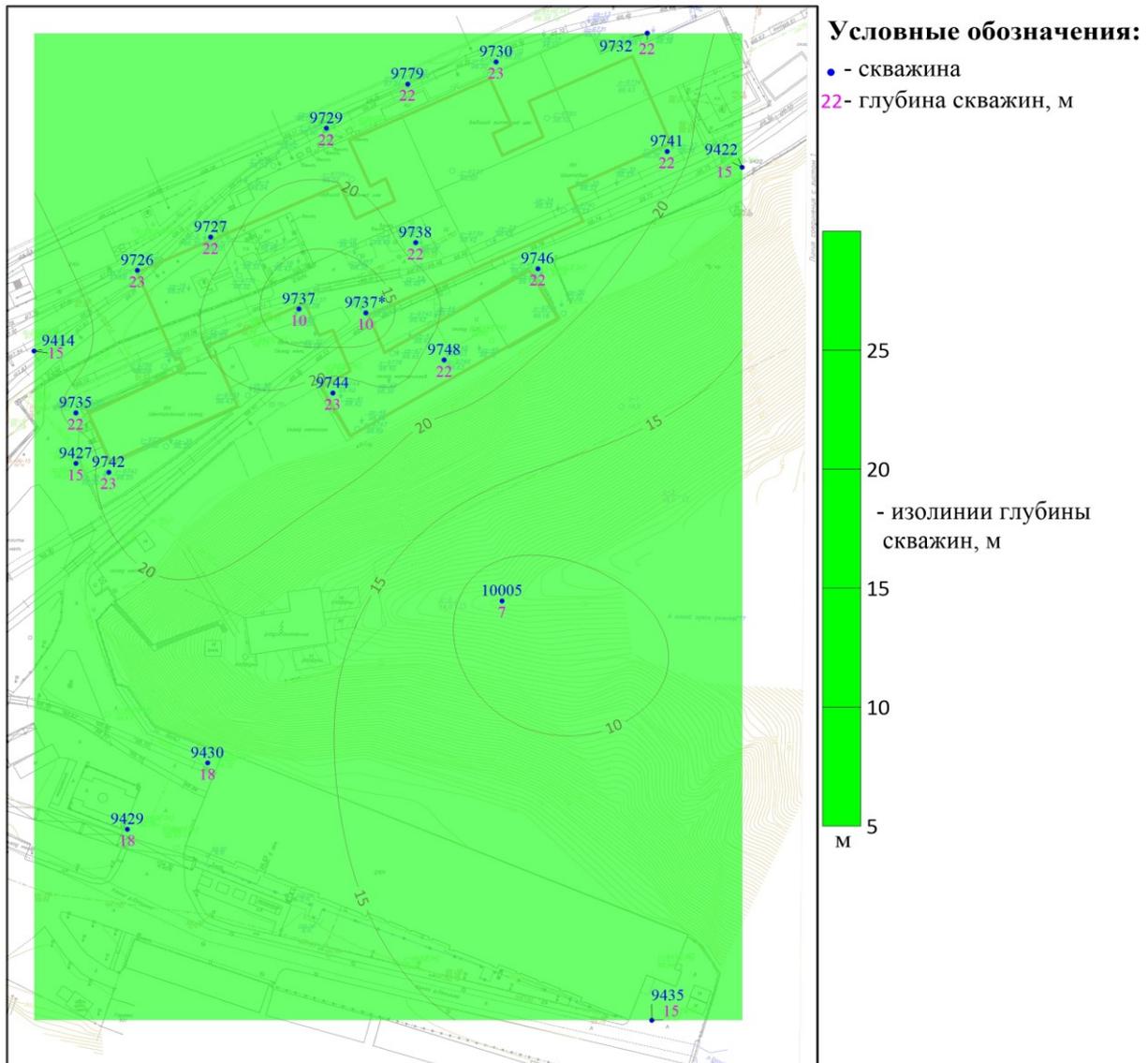
Мощность скального грунта по абсолютной величине не позволяет сравнивать скважины разной глубины. Поэтому введен параметр относительной мощности – выраженное в процентах отношение суммы мощностей скального грунта к общей глубине скважины. Поскольку состояние терригенно-карбонатной толщи определяется как качественными (литологическими особенностями разреза), так и количественными параметрами, к которым можно отнести мощности отдельных слоев и характеристику прочности скального грунта, введена балльная оценка этих параметров. При мощности скальной толщи 90-100% – 10 баллов, далее уменьшению мощности на 10% соответствует уменьшение на 1 балл.

В данном случае речь идет об алевролитах, переслаивающихся песчаниках (P<sub>1u</sub>).

Минимальные значения получены в скв. 9737 – 1,2 м, максимальные – скв. 9748 – 15 м. Наиболее ослабленные участки выделяются в центральной, западной и юго-западной частях: скв. 9737 – 1,2 м, скв. 9414 – 2,2 м, скв. 9427 – 2,9 м.

Уловно ослабленные участки установлены в центральной, юго-западной и юго-восточной частях: скв. 9429 – 4,8 м, скв. 1005 – 5,4 м, скв. 9435 – 4,5 м.

Благоприятные участки намечены в центральной, северной, северо-восточной, северо-западной и юго-западной частях: скв. 9430 – 9,5 м, скв. 9732 – 10,3 м, скв. 9730 – 10,4 м, скв. 9779 – 11 м, скв. 9729 – 9,3 м, скв. 9727 – 9,1 м, скв. 9726 – 9,3 м, скв. 9735 – 14,3 м, скв. 9742 – 13,1 м, скв. 9744 – 14 м, скв. 9748 – 15 м, скв. 9746 – 14 м, скв. 9741 – 9,1 м, скв. 9422 – 7,1 м, скв. 9738 – 8 м.



**Рис. 1.** Схема расположения и глубина скважин

На рисунке 3 представлены мощности нескальных грунтов в толще скального, в % к суммарной мощности скального и нескального грунта, м.

Минимальные значения получены в скв. 9737 – 0 м, максимальные – скв. 9430 – 5,2 м.

Чем меньше в толще нескальных пород, тем лучше характеристики толщи. В данном случае речь идет о дресвяно-щебенистом грунте с глинистым полутвердым, тугопластичным и твердым заполнителем. Дресвяно-щебенистый грунт с суглинистым полутвердым и тугопластичным заполнителем. Суглинок полутвердый с дресвой.

Наиболее ослабленные участки выделяются в центральной и юго-западной частях: скв. 9430 – 5,2 м, скв. 9738 – 5 м.

Уловно ослабленные участки установлены в центральной, юго-западной и северной частях: скв.: 9429 – 3,7 м, скв. 9744 – 2,8 м, скв. 9741– 3,3 м, скв. 9730 – 3,0 м, скв. 9729 – 2,8 м, скв. 9727 – 3,6 м, скв. 9726 – 3,4 м.

Благоприятные участки предполагаются в центральной, северо-восточной, западной, и юго-восточной частях: скв. 9435 – 1 м, скв. 9732 – 1,5 м, скв. 9746 – 1 м, скв. 9422 – 1,5 м, скв. 10005 – 0 м, скв. 9779 – 1,8 м, скв. 9737 – 0 м, скв. 9737\* – 0 м, скв. 9748 – 1,5 м, скв. 9742 – 1,1 м, скв. 9427 – 2 м, скв. 9735 – 0 м, скв. 9414 – 0,6 м.

Снижение значений пределов прочности характеризует низкие прочностные характеристики для тощи. Предел прочности средневзвешенного значения в водонасыщенном состоянии представлен на рис. 4.

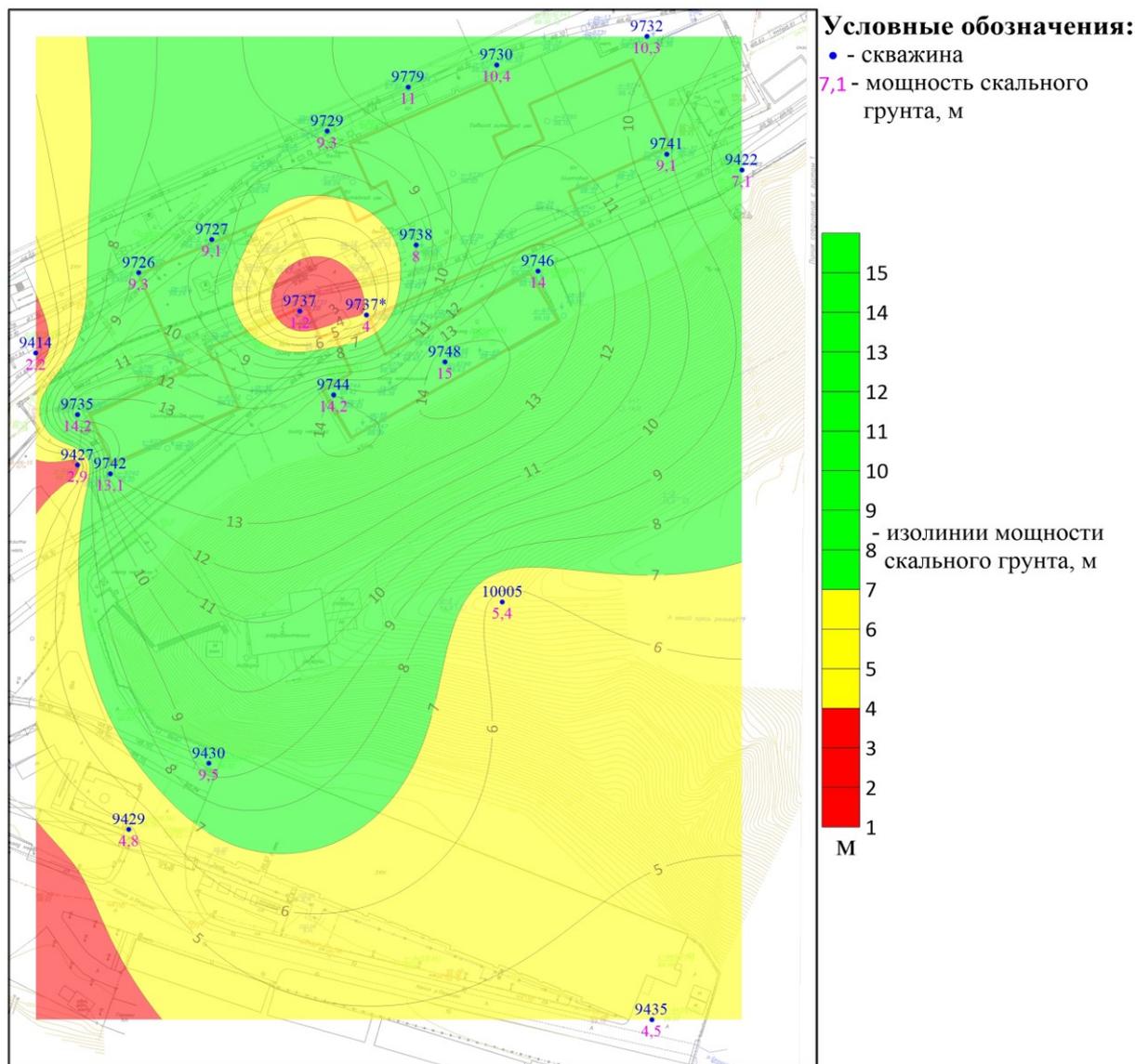
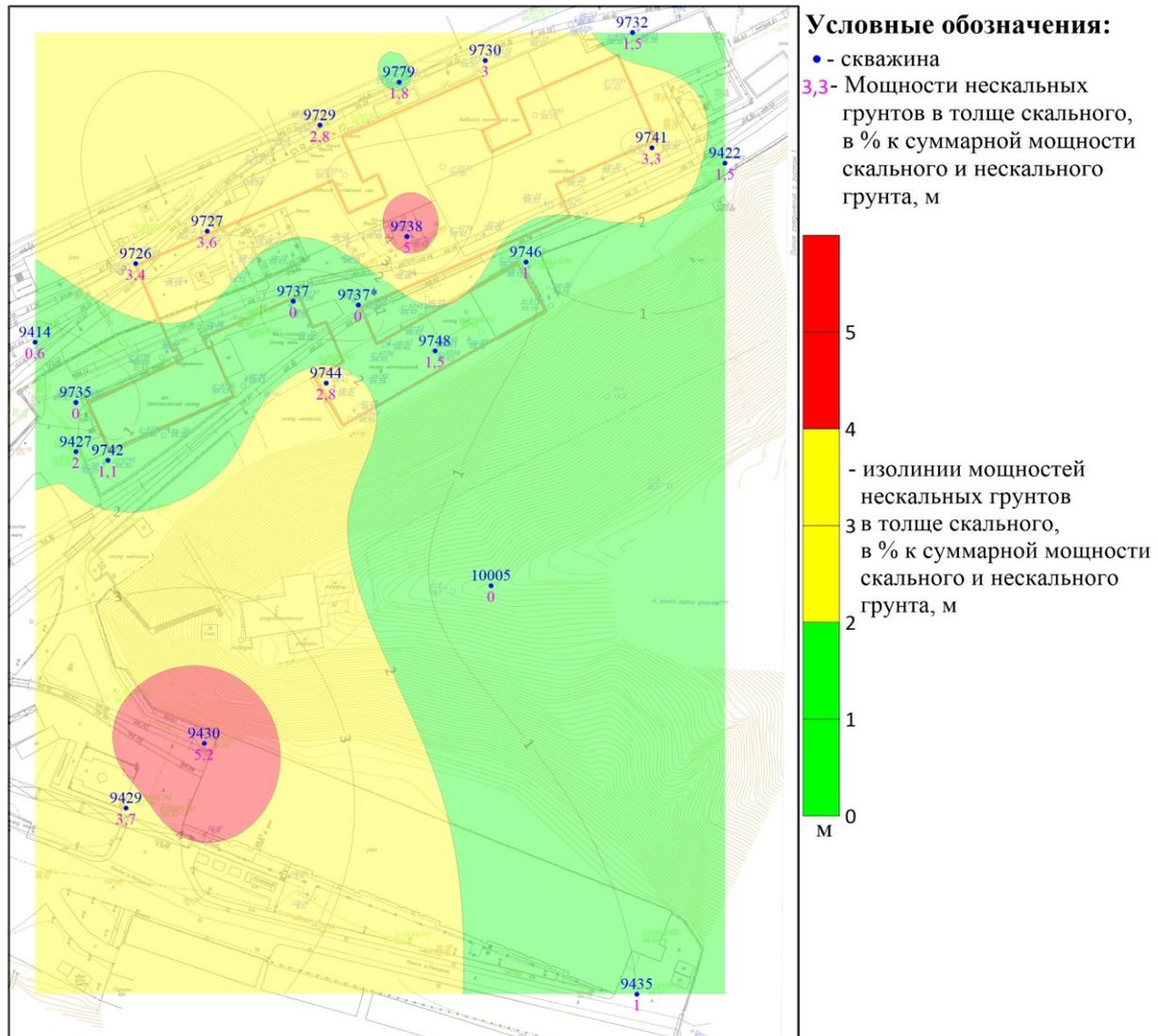


Рис. 2. Мощности скальных грунтов, м

Значению  $R_{c\text{ mt}} 10$  мПа, присвоено значение 10 баллов, поэтому интервалу 6-7 мПа соответствует 7 баллов, далее уменьшению на 1 МПа соответствует уменьшение на 1 балл.

Минимальные значения получены в скв. 10005 – 1,16 мПа, максимальные – скв. 9730 – 16,9 мПа.

Наиболее ослабленные участки выявлены в центральной, западной, юго-западной, юго-восточной, восточной частях: скв. 10005 – 1,16 мПа, скв. 9737 – 1,65 мПа, скв. 9738 – 3,98 мПа, скв. 9414 – 4,25 мПа, скв. 9427 – 4,45 мПа, скв. 9742 – 4,85 мПа, скв. 9429 – 3,2 мПа, скв. 9430 – 4,69 мПа, скв. 9435 – 3,05 мПа, скв. 9422 – 3,19 мПа.



**Рис. 3.** Мощности нескальных грунтов в толще скального в % к суммарной мощности скального и нескального грунта, м

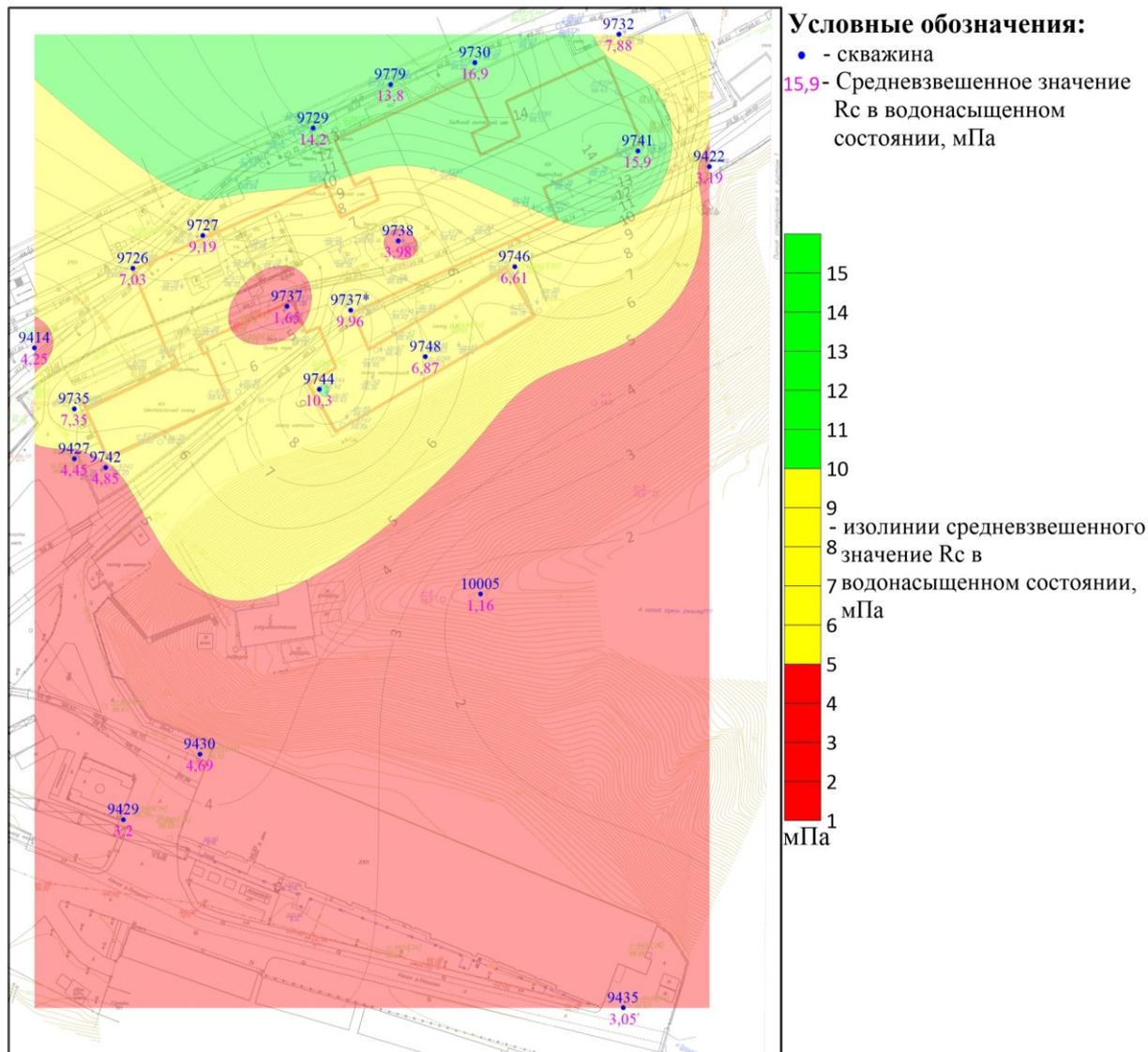
Уловно ослабленные участки установлены в центральной, западной и северо-восточной частях: скв. 9735 – 7,35 мПа, скв. 9726 – 7,03 мПа, скв. 9727 – 9,19 мПа, скв. 9737\* – 9,96 мПа, скв. 9748 – 6,87 мПа, скв. 9746 – 6,61 мПа, скв. 9732 – 7,88 мПа.

Благоприятные участки представлены в центральной и северной частях: скв. 9744 – 10,3 мПа, скв. 9729 – 14,2 мПа, скв. 9779 – 13,8 мПа, скв. 9730 – 16,9 мПа, скв. 9741 – 15,9 мПа.

На рис. 5 приведен результат экспертной оценки исследуемой территории в баллах.

Таким образом, для каждой скважины исследованы интегральные характеристики прочностных свойств, которые выражены в виде средневзвешенного зна-

чения предела одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии скальной толщи. При этом в расчетах учтены качественные характеристики скальной толщи: ее неоднородность и замещение на разных глубинах обломочными и пылевато-глинистыми разновидностями с тем или иным содержанием щебня и дресвы.



**Рис. 4.**  $R_c(mt)$ , предел прочности средневзвешенного значения в водонасыщенном состоянии, мПа

Наиболее ослабленные участки представлены в центральной, западной и юго-западной частях. Данная зона обусловлена низкими прочностными характеристиками, латеральной неоднородностью, большим количеством обломочного грунта, малыми мощностями скальной толщи (скв. 9427 – 2, скв. 9429 – 3, скв. 9737 – 3, скв. 9414 – 4, скв. 9738 – 5).

Уловно ослабленные участки представлены, в центральной, юго-восточной частях. Скв.: 9430 – 7, 9435 – 7.

Благоприятные участки представлены, в центральной, северной, северо-восточной, восточной, юго-восточной и западной частях. Скв.: 10005 – 10, 9742-11, 9735-15, 9726 – 11, 9727 – 11, 9729 – 18, 9779 – 19, 9730 – 19, 9732 – 12, 9422 – 8, 9741 – 19, 9746 – 13, 9748 – 13, 9737\* – 17.

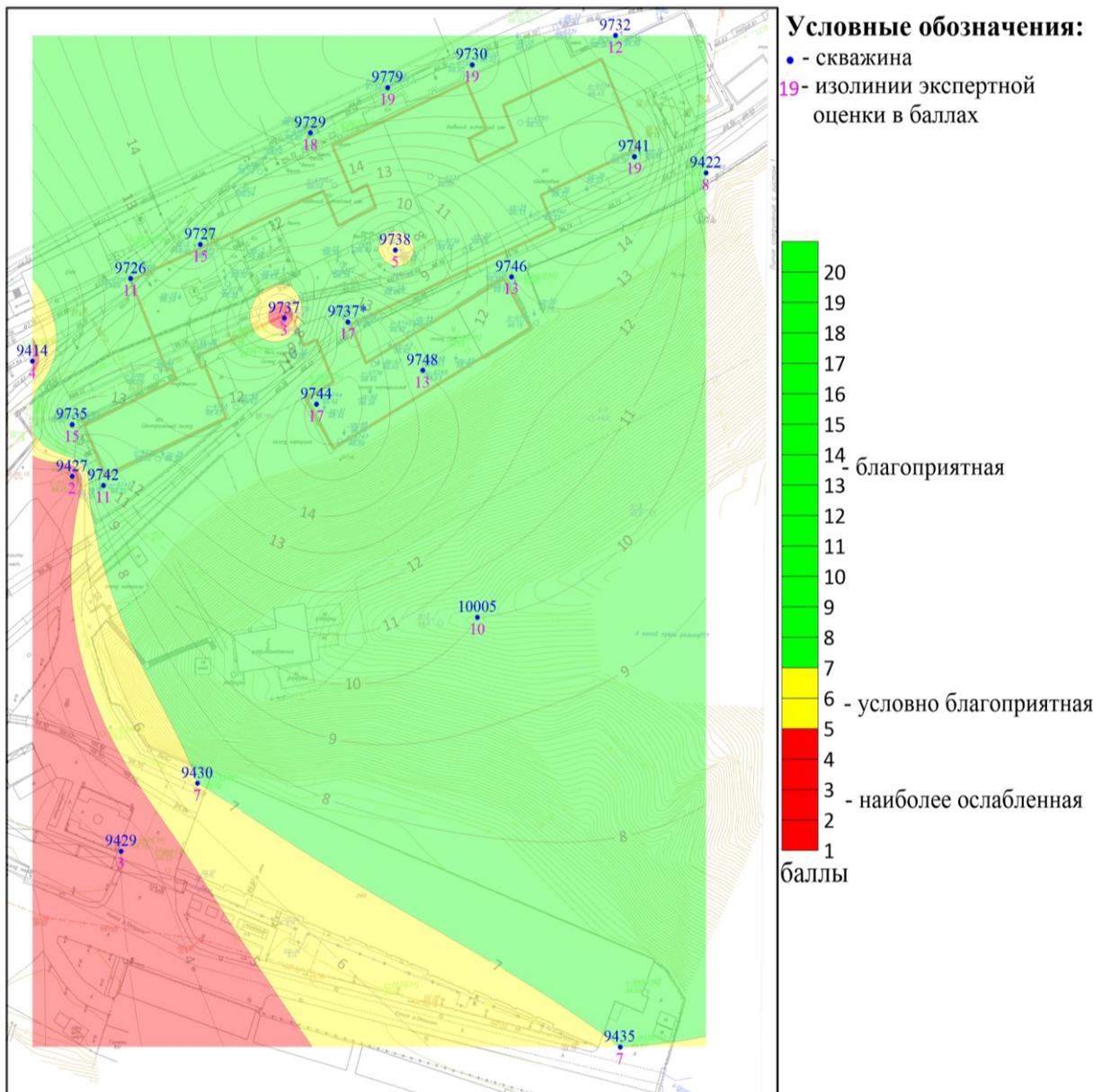


Рис. 5. Экспертная оценка в баллах

*Работа выполнена при поддержке РФФИ  
(грант № 20-45-596030 р\_НОЦ\_Пермский край)*

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никифоров В.В. Детализация особенностей инженерно-геологического строения на участке ускоренных оседаний // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 16 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2018. – С. 206-209. DOI: 10.7242/gdsp.2018.16.56.
2. Никифоров В.В. Инженерно-геологические исследования негативных последствий техногенных процессов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 4. – С. 390-396.
3. Березнев В.А., Никифоров В.В. Некоторые аспекты мониторинга подработанных территорий на основе инженерно-геологических исследований // Инженерная геофизика 2016: материалы 12-й науч.-практ. конф. и выставки. – Анапа, 2016. – Текст электронный. – URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.201600287>.