ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о результатах выполненных работ по изучению карстово-суффозионных процессов по объекту:

«Оценка карстово-суффозионной опасности территории пос. Вышков Злынсковского района Брянской области»

Государственный контракт № 12/21 от 03.08.2021

1. Карстологические исследования для разработки документации по объекту: «Оценка карстово-суффозионной опасности территории пос. Вышков Злынковского района Брянской области» проводились согласно техническому заданию, утвержденному Заказчиком.

2. Карстологические исследования регламентируются свидетельством о допуске к работам соответствующего вида.

3. Согласно техническому заданию и программе работ объемы выполнены в соответствии с требованиями СП 47.13330.2016, СП 11-105-97, ч. I, II, «Руководства по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста» (1995).

4. ООО «Противокарстовая и береговая защита» карстологические исследования, научно-исследовательские работы в окрестностях исследуемого объекта ранее не выполнялись. При написании отчета использованы различные карстографические материалы и опубликованные работы.

5. В административном отношении участок изысканий расположен в европейской части Российской Федерации, в Центральном федеральном округе, в пределах Злынковского района Брянской области, в поселке Вышков.

6. В локальном геоморфологическом отношении участок изысканий приурочен к правобережному склону р. Ипуть. Абсолютные отметки уреза воды в пределах участка исследования изменяются от 126,8 до 128,0 м. Участок правобережья, севернее поселка Вышков заболочен. Территория поселка спланирована, застроена, в целом на изыскиваемом участке абсолютные отметки изменяются от 130 до 160 м.

7. В соответствии со схемой климатического районирования для строительства, приведенной в СП 131.13330.2020, участок изысканий располагается в строительно-климатической зоне II-В. Репрезентативной по основным климатическим характеристикам для района изысканий принята метеостанция (м/ст) Брянск.

Севернее территории исследуемого поселка Вышков протекает река Ипуть. Ипуть – наиболее протяжённый и самый полноводный приток реки Сож. В районе поселка Вышков русло реки извилистое, заболоченное, с большим количеством старичных озер, ширина реки изменяется от 55 до 80 м. Восточнее и юго-восточнее поселка протекает река Злынка – левый приток реки Ипуть. Исток реки находится южнее г. Злынка, устье расположено рядом с деревней Добродеевка. Русло реки слаборазветвленное, по берегам произрастают лесные массивы.

8. По результатам анализа карт прошлых лет, а также результатам опроса местных жителей, выявлено что в пределах поселка Вышков, в границах улиц Ленинской и Чкалова, ранее протекала река, которая в дальнейшем была засыпана в результате расширения поселка. Исток реки фиксируется топографическими геоморфологическими картами масштаба 1:25000-1:100000 и начинается в 2,0 км юго-западнее границы поселка. Далее, распространение данной «подземной реки» хорошо отбивается по данным геофизических исследований.

9. Принимая во внимание выше сказанное, а также материалы рекогносцировочного обследования, степень техногенной нагрузки на изыскиваемую территорию, благоприятствующую активизации карста и суффозии, следует **оценить, как среднюю**. Следует отметить, что техногенная нагрузка на природную среду не ассоциируется с карстоопасностью, а лишь может ее усугубить, если на участке присутствуют условия для развития карста.

10. Методика исследований обоснована требованиями нормативных документов (СП 11-105-97, ч.II., СП 47.133330.2012, СП 47.133330.2016, СП 22.13330.2016, «Руководством по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста» (1995), «Рекомендаций по проектированию фундаментов на закарстованных территориях» (1985), сведениями о природных условиях района работ, программой работ на выполнение карстологических исследований.

11. Район изысканий расположен в центральной части Восточно-Европейской платформы (структура I порядка), в пределах северо-западного крыла Воронежской антеклизы (структура II порядка), в западной части Приднепровской впадины.

12. В геологическом строении приповерхностной части на исследуемом участке по данным карстологического бурения принимают участие породы меловой (K), палеогеновой (₽) и четвертичной (Q) систем.

Образования меловой системы (K) представлены верхним отделом. Отложения верхнего отдела сложены суглинками (мел выветрелый до состояния суглинка) кампанского яруса (K_2km). Кровля меловых отложений вскрывается на глубине от 10,4 до 44,6 м (абс. отм. 90,23-140,23 м), образования вскрыты всеми скважинами. Вскрытая мощность меловой системы составляет 19,4-55,6 м.

Образования палеогеновой системы (₽) представлены эоценовым отделом киевской свитой. Отложения киевской свиты ($₽_2kv$) представлены песками мелкими до средней крупности, средней плотности до плотных, малой степени водонасыщения до насыщенных водой, с прослоями суглинков и супесей, с включениями щебня. Палеогеновые песчаные отложения вскрыты практически всеми скважинами на глубинах от 7,0 до 32,8 м (абс. отм. 117,74-148,51 м). Вскрытая мощность палеогеновой системы составляет 1,5-25,4 м.

Современные четвертичные образования представлены аллювиальными и флювиогляциальными песками, суглинками и супесями. Пески желтовато-коричневые, коричневые, желтовато-серые мелкие до средней крупности, средней плотности до плотных, участками рыхлые, малой степени водонасыщения до насыщенных водой, с прослоями суглинков и супесей, с включением органического вещества, с редкими включениями щебня. Мощность песчаных образований

изменяется от 0,6 до 42,9 м. Супесь коричневая, местами зеленоватая, серовато-коричневая, пластичная до твердой, с прослоями песка. Мощность супесчаных образований изменяется от 1,2 до 12,4 м. Суглинок коричневый, местами серовато-коричневый тугопластичный до полутвердого, легкий, песчанистый, с прослоями супеси и песка. Мощность суглинков изменяется от 2,4 до 28,8 м.

13. В гидрогеологическом плане территория, на которой располагается изыскиваемый участок, принадлежит к Восточно-Европейской артезианской области, Днепровскому артезианскому бассейну. Карстологическими скважинами до глубины 70,0 м встречен 1 горизонт подземных вод – грунтовый. Грунтовые воды вскрыты скважинами на глубинах 5,0-27,0 м. Воды имеют напор, величина которого достигает 20,5 м. Установившийся уровень зафиксирован на глубинах 3,0-22,8 м. Водовмещающими породами являются песчаные образования четвертичной и палеогеновой систем и суглинистые отложения меловой системы, образующие единый водоносный горизонт, приуроченный к поровому пространству в песках и мелах, с единым общим уровнем воды. По химическому составу воды хлоридно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-хлоридные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные различного катионного состава. Минерализация грунтовых вод изменяется в пределах 0,327-0,890 г/дм^3, при среднем значении 0,715 г/дм^3. Воды преимущественно неагрессивны к известнякам и агрессивны по отношению к доломитам и сульфатным породам (гипсам и ангидритам). Питание водоносного горизонта осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Разгрузка осуществляется в долинах рек. Воды подвержены техногенному загрязнению.

14. Грунты, встречающиеся на исследуемом участке, разделены на отдельные геологические слои (ГС). В один слой объединялись грунты одного вида, состава, состояния, возраста и происхождения, независимо от их положения по площади и в разрезе. Для каждого слоя оценивались средние значения основных физико-механических свойств, используемых в карстологических расчетах.

15. Грунты, развитые в пределах изыскиваемого участка, преимущественно являются несуффозионными – 83,8%, слабо- (6,8%) и среднесуффозионные (9,4%). Суффозиоонные грунты в пределах исследуемой территории развиты в юго-западной части поселка Вышков. Несуффозионные грунты встречаются в северной части поселка, в непосредственной близости к реке Ипуть, где суффозионный процесс находится в стадии затухания.

16. Исследуемый участок по районированию А.Г. Чикишева (1978 г.) расположен в Деснинско-Припятской карстовой области, в пределах Днепровско-Деснинской карстовой провинции. Днепровско-Деснинская карстовая провинция охватывает территорию в бассейнах Верхнего Днепра и Десны. Территория сложена преимущественно породами верхнего мела и палеогена. Провинция представляет собой плоскую аллювиально-зандровую равнину, с эрозионными, эоловыми и карстовыми формами рельефа. В пределах провинции карстуются писчий мел и мергели верхнего мела.

17. Согласно карте карстоопасности Российской Федерации, составленной в Институте Геоэкологии РАН (г. Москва) в 1993 г. территория поселка расположена в пределах умеренно опасной категории.

18. Согласно карте распространения карста на территории Российской Федерации (рис. Б.5 СП 115.13330.2016) изыскиваемый участок пос. Вышков попадает на территорию развития мелового карста. *Меловой карст* является подтипом карбонатного, но сильно отличается особенностями, связанными со свойствами мела и мелоподобных пород.

19. Растворимость мела, как и других карбонатных пород, мала. При этом для мела характерна высокая пористость, которая достигает 50% и более. Также мел характеризуется легкой размываемостью, значительным понижением несущей способности при увлажнении и возможностью перехода при обводнении в разжиженное состояние, особенно при динамическом воздействии. Следует отметить, что в меловых толщах механическое разрушение происходит в 4-6 раз интенсивнее, чем растворение. В ряде случаев разрушение породы сопровождается даже растеканием превращенного в плывун мела.

20. Таким образом, карст на исследуемой территории покрытый, карбонатный (меловой), карстующимися породами являются труднорастворимые согласно СП 11-105-97, ч.II (п.5.1.5) мел и мергель. Механизм развития деформаций на земной поверхности преимущественно карстово-суффозионный. По времени образования карст современный, так как проявляет себя на поверхности в виде новых провальных форм.

21. На исследуемой территории поселка и в радиусе 1-2 км от него поверхностная закарстованность характеризуется неравномерностью. Всего на площади 18,32 км^2 в ходе полевого рекогносцировочного обследования было зафиксировано 90 поверхностных карстопроявлений, представленных преимущественно древними карстово-суффозионными воронками (50 шт.), просадками (19 шт.) и понижениями (21 шт.). Следует отметить, что генезис практически всех отрицательных форм рельефа в районе работ преимущественно карстово-суффозионный. Наиболее вероятный механизм образования зафиксированных поверхностных карстово-суффозионных форм заключается в постепенном их оседании и углублении за счет выноса песчаного материала по трещинам вниз по разрезу и растворения карбонатных включений в глинистых грунтах.

22. Подземная закарстованность для мела характерна для толщи, находящейся в обводненном состоянии. В пределах исследуемой территории наиболее активно карстовый процесс развит на контакте разновозрастных отложений – покровных песчаных пород с меловыми. На исследуемой территории меловая толща представлена мелами сильновыветрелыми до состояния суглинка текучепластичной и мягкопластичной консистенции, которые при обводнении и под действием вибродинамических воздействий переходят в разжиженное состояние, тем самым способствуя ускорению процесса растворения и механической суффозии.

23. По данным бурения карстологических скважин на исследуемой территории выделено 24 ослабленные зоны. Ослабленные участки приурочены к мелам сильновыветрелым и развиты в интервалах глубин от 13,0 м до 66,0 м, мощностью от 1,5 до 30,0 м.

24. В каждой карстологической скважине после окончания бурения выполнен видеокаротаж с целью исследования внутренний поверхности стенок. По данным видеокаротажа, вода, в интервале глубин развития меловых пород, мутная, что свидетельствует о наличии движущегося подземного потока и непосредственно механического разрушения меловой толщи. Характерных для классического карбонатного карста полостей, пустот и каверн в толще растворимых пород не выявлено.

25. По результатам петрографического анализа приведено качественное описание и фотографирование образцов, взятых из подвижных меловых отложений на территории пос. Вышков Брянской области.

Образцы белого цвета, представлены карбонатной горной породой – мелом. Образцы мягкие, рассыпчатые, слабосцементированные. Структура тонкозернистая, текстура массивная, излом ступенчатый. По минеральному составу мел сложен кальцитом. 8 образцов мела, отобранных с разных глубинных интервалов и скважин (с-1, с-2, с-3, с-4, с-9, с-10, с-14, с-16) на территории поселка Вышков, ввиду однородности текстуры и структуры были объединены в единую валовую пробу для которой определены минералогический и химический состав мела.

26. Минеральный состав образцов мела представлен преимущественно кальцитом с небольшим количеством в виде примеси кварца. На дифрактограмме четко различаются пики структуры кальцита и кварца. Общий фон дифрактограммы низкий, что свидетельствует об отсутствии рентгеноаморфной минеральной фазы вещества.

27. Химический состав образцов по результатам рентгенофлуоресцентного анализа соответствует его минеральной составляющей, порода преимущественно состоит из CaO и CO_2 (потери при прокаливании), в виде примеси присутствует кремнезем. Среди микроэлементов в образце присутствует повышенное содержание стронция.

28. Данные микрозондового анализа также подтверждают чисто кальцитовый минеральный состав породы. Содержание CaO оценивается в 50,0%, в качестве примесей присутствуют кремнезем (1,18%) и глинозем (0,36%). Немного оксидов бария (0,27%) и магния (0,20%). Интересно отметить присутствие в меловой породе микроэлементов (%): Cu – 1,15; Zn – 0,80; Sb – 1,30.

29. Определение скорости растворения выполнялось расчетом на основании замеров масс образцов. Уменьшение массы образца в период проведения опыта позволили вычислить уменьшение объема пробы за определенный промежуток времени.

30. Климатические и гидрогеологические условия района, в котором расположен поселок Вышков, не обеспечивают постоянной обильной подпитки грунтовых вод (особенно приуроченных к меловым отложениям) поверхностными

водами. Циклы активной инфильтрации ограничены короткими по времени периодами, связанными с обильными снеготаяниями и проливными дождями. Учитывая вышеотмеченные скорости растворения, установленные в ходе проведения лабораторных опытов при постоянной (ежедневной) инфильтрации поверхностных вод в течение года, дополнительно скорректированы с учетом с учетом **15 циклов обильной инфильтрации** поверхностного стока, который приходится:

− на период активного снеготаяния: середина марта – середина апреля – 30-35 дней, из которых обильная инфильтрация занимает **10 дней**;

− на период сильных проливных дождей – 10-15 дней, из которых обильная инфильтрация занимает **5 дней**.

31. Геофизические исследования методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) выполнены с целью расчленения геологического разреза, получения информации о строении и физическом состоянии пород в пределах границ поселка Вышков. ВЭЗ выполнялись сеткой с шагом 100 м.

32. Сопротивления горных пород, развитых в пределах исследуемой территории, изменяются в диапазоне от 18 до 3000 Ом·м. Максимальная глубина разреза кажущихся сопротивлений – 85 м.

33. В ходе анализа параметрических зондирований можно выделить четырехслойную геоэлектрическая модель среды.

Первый геоэлектрический горизонт характеризует самую верхнюю часть разреза и выделяется высокими значениями сопротивлений около 1500 Ом·м и мощностью примерно 3-5 м. Такие сопротивления характерны для насыпных грунтов, почвенно-растительного слоя и песка, залегающего на небольших глубинах.

Второй геоэлектрический слой отождествляется с горными породами, преобладающими пониженным сопротивлением, в среднем до 100 Ом·м и включает супеси и суглинки. Пески, которые также встречаются в этом слое имеют значения сопротивлений, в среднем 750 Ом·м.

Третий слой характерен для водонасыщенных песков с сопротивлениями около 100 Ом·м.

Четвертый горизонт представлен меловыми отложениями. Опираясь на кривые сопротивлений, можно сделать вывод, что в карстоопасной зоне значения сопротивлений значительно ниже, чем в нормальной зоне. Для опасной зоны характерны значения сопротивлений до 500 Ом·м. Для нормальной зоны 1000 Ом·м и более.

34. В результате анализа разрезов кажущихся сопротивлений в пределах границ изыскиваемого объекта выделены участки пониженных значений сопротивлений пород, связанные с зонами повышенной обводненности и ослабленного состояния пород.

35. На наиболее опасном участке и участках недавно произошедших провалов, выполнены геофизические исследования методом преломленных волн. По данным МПВ выделяются два слоя.

36. Территория проведения работ не относится к районам развития классического карбонатного карста применение стандартных условий и факторов при районировании территории поселка по характеру развития карста **невозможно**. На территории пос. Вышков не выделяется явных структурных единиц, которые могли бы быть учтены при районировании. Для мелового карста, развитого в пределах изучаемых границ, предлагается использовать поэтапное районирование, основанное на анализе природных и техногенных условий и факторов.

37. На первом этапе – общего районирования – учитывались геолого-гидрогеологические условия и факторы. На опасность и активность развития карста, в том числе мелового, оказывают определяющее влияние состав и состояние карстующихся пород и перекрывающих их отложений, а также степень обводненности массива пород и степень агрессивности водной среды к карстующимся породам.

38. В результате районирования на первом этапе в пределах исследуемой территории поселка **выделено 7 карстовых участков**. В их пределах условия развития карста могут характеризоваться квазиоднородностью.

39. На втором этапе при инженерно-карстологическом районировании учтены техногенные условия и факторы, среды которых рассматривались погребенные речные долины и овражно балочная сеть, а также сооружения транспортной инфраструктуры, оказывающиеся динамические воздействия на геологическую среду.

40. В результате районирования второго этапа, в дополнение к основным карстовых участкам, выделены ореолы вокруг существующих и погребенных речных долин, а также существующих автомобильных и железных дорог (действующих и недействующих). При удалении от вышеназванных объектов интенсивность и риск аварий, связанных с развитием карста, уменьшается.

41. При назначении количественных значений интенсивности использовались результаты выполненного карстологического районирования территории. На участке №5 ввиду наличия данных о существующих карстопроявлениях, интенсивность участка оценена с учетом времени образования первого (20 апреля 2006 г.) и последнего (16 октября 2020 г.) провалов. Данный временной интервал соответствует 15 годам. Для остальных участков №№1-4, 6-7, ввиду отсутствия данных многолетних наблюдений за процессом провалообразования, интенсивность оценена с учетом времени их образования принятым равным 100 годам.

42. Определение средних диаметров провалов выполнено с применением статистического, детерминистического и вероятностного методов.

43. *Статистический метод* основан на данных о количестве и морфометрии поверхностных карстовых форм, развитых в пределах исследуемой территории. При этом в расчете в качестве единой совокупности учитываются диаметры ранее происходивших провалов в пределах участка и воронок, выделенных в рамках полевого рекогносцировочного обследования.

44. *Детерминистический метод*. Расчет ожидаемых размеров вновь образующихся карстовых провалов выполнен по детерминистическим формулам с учетом данных о мощностях и физико-механических характеристиках отдельных прослоев перекрывающих дисперсных отложений, установленных по данным карстологических изысканий. Данный расчет основан на допущении, что полость будет заложена на контакте перекрывающих рыхлых отложений и коренных карстующихся пород.

45. *Вероятностный метод* определяется по вероятностной методике В.В. Толмачева, в зависимости от размеров сооружения, срока службы, интенсивности провалообразования, среднего диаметра провала и допустимого уровня риска. Вероятностный метод является комбинированием статистического и детерминистического методов, так как одновременно учитывает средние диаметры провала установленный детерминистическим способом, и тип распределения и максимальный диаметр провала – статистическим.

46. Принимая во внимание проведенный анализ развития поверхностной и подземной закарстованности, анализа геологических, гидрогеологических условий и геофизических исследований в пределах поселка Вышков, карстово-суффозионная опасность в пределах, выделенных по результатам районирования, участков может быть оценена категориями устойчивости и численными величинами, приведенными на рисунке 1 и в таблице 1.

47. В качестве рекомендуемых для целей принятия решений и проектирования следует использовать диаметры карстовых провалов, установленные **детерминистическим методом.**

48. С целью оптимизации противокарстовых мероприятий, снижения активности процессов карстообразования, а также регулирования их течения на исследуемой территории с учетом проведенного районирования и выделенных категорий устойчивости рекомендуется:

1. Профилактические и противофильтрационные мероприятия согласно п. 8.3.3 СП 116.13330.2012 с целью оповещения и предотвращения активизации карстово-суффозионных процессов:

– (П1) Уведомление населения о возможной карстово-суффозионной провальной опасности на территории поселка;

– (П2) Уведомление населения о необходимости сообщать в администрацию поселка обо всех фиксируемых случаях образования новых деформаций земной поверхности, а также связанных с ними деформаций несущих конструкций зданий и сооружений;

– (П3) На всей территории поселка, за исключением участков №№ 1, 2 необходимо соблюдать противоинфильтрационные мероприятия по регулированию поверхностного стока согласно п.п. 8.3.3.1-8.3.3.2 СП 116.13330.2012, а именно:

а. мероприятия по борьбе с утечками хозяйственно-бытовых вод;

b. недопущение скопления поверхностных вод в котлованах и на площадках в период строительства, строгий контроль за качеством работ по гидроизоляции, укладке водонесущих коммуникаций;

c. ограничение объемов откачки подземных вод из грунтового водоносного горизонта.

2. *Конструктивные мероприятия согласно п. 8.3.6.1 СП 116.13330.2012, п. 6.12.13 СП 22.13330.2016 применяются отдельно или в комплексе с геотехническими мероприятиями. Конструктивные мероприятия обеспечивают прочность и устойчивость сооружения с учетом расчетных параметров карстовых деформаций:*

– (К1) При проектировании и строительстве новых зданий и сооружений необходим комплекс дополнительных инженерно-геологических изысканий для определения параметров карстово-суффозионных деформаций, с учетом которых должны приниматься проектные решения, обеспечивающие устойчивость и безаварийную эксплуатацию;

– (К2) Для существующих зданий и сооружений, локализованных в границах участка №5, с целью принятия проектных решений о необходимости усиления фундаментов необходимо предусмотреть комплекс дополнительных инженерных изысканий, включающий:

a. инженерно-геологические изыскания и геофизические исследования по выявлению ослабленных зон и пустот в основании фундаментов, а также оценке состояния толщи меловых пород с последующим уточнением диаметров карстово-суффозионных деформаций с применением детерминистических методов;

b. обследование состояния несущих конструкций и фундаментов сооружений, выявление наличия недопустимых деформаций.

Выявление в ходе буровых работ свободного погружения буровой колонны (под собственным весом) при проходке толщи меловых пород и(или) недопустимых деформаций несущих конструкций, является прямым индикатором возможности образования провала за период, сопоставимый со сроком эксплуатации сооружения. В таких случаях проектной организации при принятии о возможности и целесообразности усиления фундаментов существующих зданий и сооружений следует руководствоваться расчетными диаметрами провалов, уточненными по результатам дополнительных инженерных изысканий. В иных случаях следует вести регулярный мониторинг в соответствии с ниже изложенными рекомендациями Э2 и Э3, на основании данных которого принимать дальнейшие решения.

3. *Геотехнические мероприятия согласно п. 8.3.6.1 СП 116.13330.2012, п. 6.12.13 СП 22.13330.2016 применяются с целью изменения физико-механических характеристик основания сооружения, исключающих образования карстовых деформаций или обеспечивающих прочность устойчивость сооружения с учетом расчетных параметров карстовых деформаций:*

– (Г1) Срочная ликвидация воронок, образовавшихся вследствие свежих провалов (локальных оседаний) на территории поселка эксплуатирующей организацией. При образовании провалов допустима засыпка провальной воронки слабоводопроницаемым материалом (например, глиной). Необходимо проведение специальных исследований на предмет выявления на участке провала опасных карстовых полостей, т.к. в 80% случаев в непосредственной близости от провала за время, соизмеримое со сроком службы сооружений, происходит повторный провал;

– (Г2) Необходим комплекс геотехнических мероприятий, связанный с заполнением полостей тампонажными или несвязными инертными материалами, в случае их обнаружения при проходке скважин в рамках инженерно-геологических изысканий в зоне влияния существующих административно-производственных зданий и сооружений. Определение состава и концентрации тампонажного раствора, способов его нагнетания, также общая методика проведения тампонажа в каждом отдельном случае определяется индивидуально с учетом состава и состояния грунтов, в которых была обнаружена полость и места ее локализации. Для проведения таких работ следует привлекать специализированные геотехнические организации.

4. Эксплуатационные мероприятия согласно п. 8.3.7.1 СП 116.13330.2012, п. 6.12.13 СП 22.13330.2016 применяются с целью контроля возможной активизации карстово-суффозионных процессов:

– (Э1) Для домохозяйств, попадающих в границы участков №3 и №5 необходимо уведомить население о повышенном риске провалообразования;

– (Э2) Предусмотреть проведение ежегодного мониторинга за состоянием и изменением карстологической обстановки в пределах участков, характеризующихся II-IV категорией устойчивости. Мониторинг следует выполнять визуальным способом посредством пеших маршрутных рекогносцировочных наблюдений с фиксацией мест существующих и новых деформаций земной поверхности, а также деформаций внешних несущих стен и отмостки зданий и сооружений;

– (Э3) Для карстового участка №5 с категорией устойчивости II необходим регулярный инструментальный контроль за состоянием грунтов в основании зданий и сооружений с целью выявления симптомов карстовых, суффозионно-карстовых и карстово-суффозионных деформаций. Обнаружение симптомов деформации и оповещение об этом факте специалистов-карстоведов способствуют профессиональной оценке опасности развития карстово-суффозионного процесса и своевременному проведению адекватных риску противокарстовых мероприятий. К особенностям контроля относится сбор и мониторинг сведений о регулярных осадках сооружений, который осуществляется посредством установки настенных марок и грунтовых реперов с последующими геодезическими наблюдениями за их перемещением. Замеры следует вести не реже 4 раз в год на протяжении 5 лет. При составлении схемы и системы геодезических наблюдений следует привлекать специализированные организации;

– (Э4) ограничение эксплуатации административно-производственных зданий и сооружений, а также частных домовладений, локализованных в границах карстового участка №5, до проведения инженерных изысканий по выявлению пустот и ослабленных зон в основании фундаментов. Исходя из проведенных исследований, уровень карстоопасности в границах участка №5 весьма высокий, при котором образование следующей карстовой деформации и наступление аварийного случая можно ожидать в любой момент времени до проведения дополнительных инженерно-геологических изысканий под конкретные сооружения. По факту выполнения дополнительных исследований, степень ограничительных мер следует определять, руководствуясь следующим:
Выявление в ходе буровых работ свободного погружения буровой колонны (под собственным весом) при проходке толщи меловых пород и(или) недопустимых деформаций несущих конструкций, является прямым индикатором возможности образования провала за период, сопоставимый со сроком эксплуатации сооружения. В таких случаях проектной организации при принятии решений о возможности дальнейшей эксплуатации существующих зданий и сооружений следует руководствоваться расчетными диаметрами провалов, установленными с применением детерминистических методов и уточненными по результатам дополнительных инженерных изысканий. В иных случаях следует вести регулярный мониторинг в соответствии с рекомендациями Э2 и Э3, на основании данных которого принимать дальнейшие решения.

Дополнительные рекомендации:

– Для всей территории поселка с категорией устойчивости, отличной от V для уменьшения последствий от возможных аварийных ситуаций необходимо составить регламентацию действий администрации в случае образования карстовых деформаций с планом ликвидации аварии. В пределах участка №5 рекомендуется предусмотреть страхование объектов от карстовых рисков;

– Рекомендуется зарегулировать (снизить) скорость движения железнодорожного транспорта до минимальной на территории поселка ввиду значительной чувствительности меловых пород к техногенным воздействиям, особенно к вибрациям, возникающим от железной дороги, проходящей по центральной части территории поселка.

Ранжирование рекомендуемых противокарстовых мероприятий по выделенным карстовым участкам приведено в таблице 1.

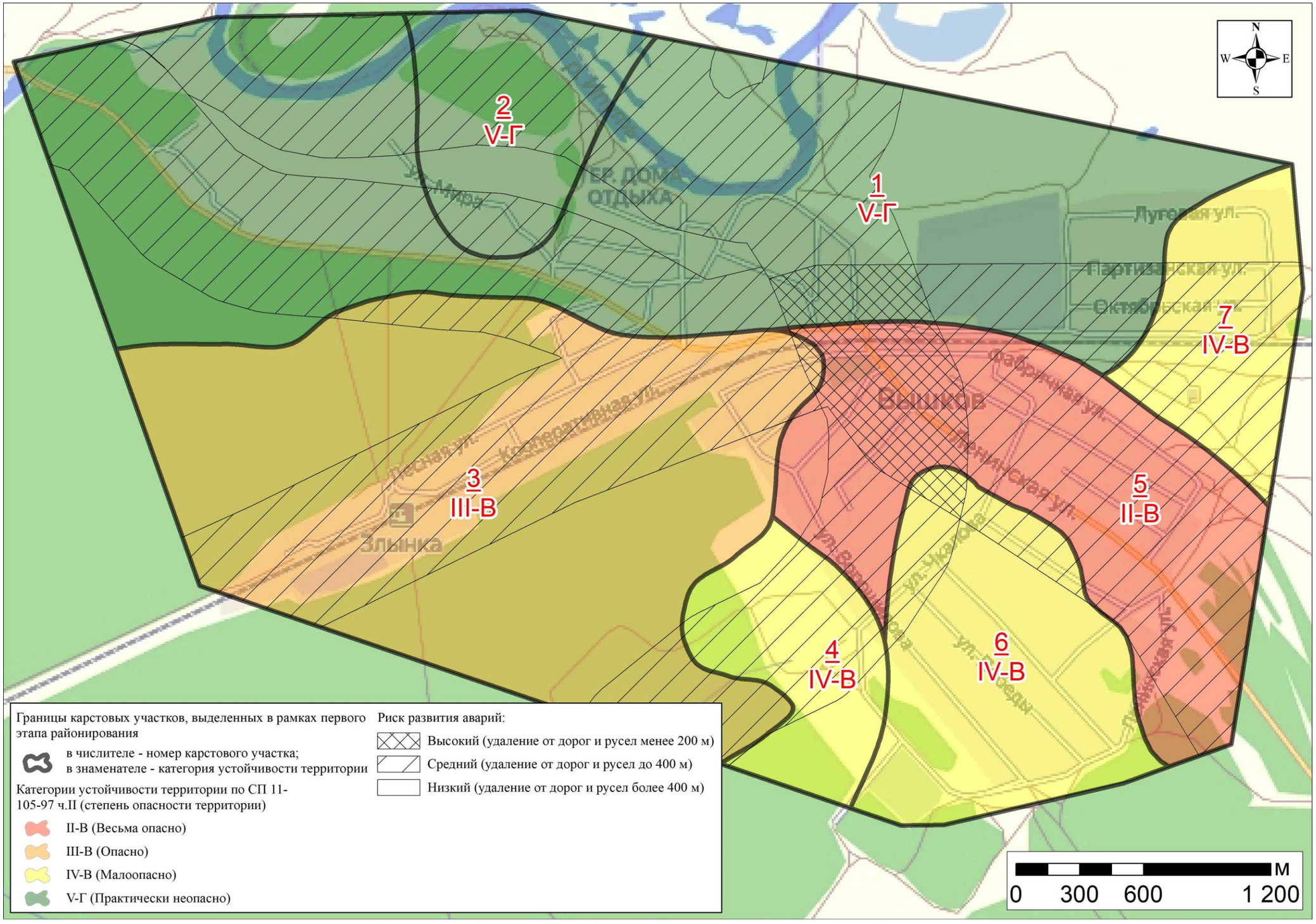

Рисунок 1 – Результаты районирования территории поселка Вышков

Таблица 1 – Результаты оценки карстово-суффозионной опасности поселка и рекомендуемые средние диаметры провалов

Степень опасности и категория по интенсивности образования провалов (шт./км^2 в год) в границах участков районирования (участок – категория – интенсивность)	**Категория по среднему диаметру провала (м) в границах участков районирования* (участок – категория – размер)**			**Риск развития аварий ****	**Рекомендуемые противокарстовые мероприятия *** (подробное описание рекомендуемых мероприятий приведено в текстовой части заключения)**			
	статистический	**детерминистический (расчетный)** *приоритетный метод*	**вероятностный (расчетный пролет)**		**профилактические**	**конструктивные**	**геотехнические**	**эксплуатационные**
Весьма опасно 5 – II – 0,462	5 – В – 8,1	*5 – В – 8,9*	5 – В – 6,85	высокий	П1, П2, П3	К1, К2	Г1, Г2	Э1, Э2, Э3, Э4
				средний	П1, П2, П3	К1, К2	Г1, Г2	Э1, Э2, Э3, Э4
				низкий	П1, П2, П3	К1, К2	Г1, Г2	Э1, Э2, Э3, Э4
Опасно 3 – III – 0,086	3 – В – 4,9	*3 – Б – 11,5*	3 – В – 3,34	высокий	П1, П2, П3	К1	Г1	Э1, Э2
				средний	П1, П2, П3	К1	Г1	Э1, Э2
				низкий	П1, П2, П3	К1	Г1	Э1, Э2
Малоопасно 4 – IV – 0,034 6 – IV – 0,034 7 – IV – 0,032	4 – В – 8,0 6 – В – 4,1 7 – В – 8,0	*4 – В – 6,7* *6 – В – 5,3* *7 – В – 3,8*	4 – Г– 0,37 6 – Г – 1,78 7 – Г – 0,84	высокий	П1, П2, П3	К1	Г1	Э2
				средний	П1, П2, П3	К1	Г1	Э2
				низкий	П1, П2, П3	К1	Г1	Э2
Практически неопасно 1 – V – 0,005 2 – V – 0,001	1 – Б – 11,0	*1 – Г – 2,5* *2 – Г – 2,6*	1 – Г – 0,32 2 – Г – 0,14	высокий	П1, П2	К1		
				средний	П1, П2	К1		
				низкий	П1, П2	К1		

* Методы определения средних диаметров провалов: 1) **статистический** – по данным осредненной статистики размеров ранее происходивших провалам, а также поверхностных воронок, выявленных по результатах пеших маршрутных рекогносцировочных обследований; 2) **детерминистический (расчетный)** – по данным бурения карстологических скважин, изучения особенностей напластования геологических слоев и физико-механических свойств грунтов; 3) **вероятностный (расчетный пролет)** – устанавливается по данным совместного анализа интенсивности образования провалов в пределах участка, диаметров провалов, определенных статистическим и детерминистическим методами, а также учитывает площадь застройки в границах участка районирования.

** Риск развития аварий учитывает динамические нагрузки от существующей сети магистральных железных и автомобильных дорог, а также влияния и воздействия от погребенных и существующих речных русел и овражно-балочной эрозии: **высокий** – удаление от дорог и русел менее 200 м; **средний** – удаление от 200 до 400 м; **низкий** – удаление более 400 м.

*** **Рекомендуемые противокарстовые мероприятия (подробное описание рекомендуемых мероприятий приведено в текстовой части заключения):**

Профилактические:

П1) уведомление населения о возможной карстово-суффозионной провальной опасности на территории поселка;

П2) уведомление населения о необходимости сообщать в администрацию поселка обо всех фиксируемых случаях образования новых деформаций земной поверхности, а также связанных с ними деформаций несущих конструкций зданий и сооружений;

П3) выполнение комплекса мер по минимизации утечек из частных и муниципальных водозаборных скважин и водонесущих коммуникаций. При образовании утечек следует незамедлительно принять меры по их устранению.

Конструктивные:

К1) проектирование и строительство новых зданий и сооружений с учетом возможности образования карстово-суффозионных деформаций.

К2) проведение работ по определению необходимости усиления фундаментов существующих административно-производственных зданий и сооружений по результатам дополнительных инженерных изысканий и обследования несущих конструкций;

Геотехнические:

Г1) срочная ликвидация воронок, образовавшихся в результате свежих провалов;

Г2) проведение работ по заполнению подземных пустот, если они выявляются по результатам дополнительных инженерных изысканий, в зоне влияния существующих административно-производственных зданий и сооружений.

Эксплуатационные:

Э1) уведомление населения о повышенном риске провалообразования;

Э2) ежегодный визуальный мониторинг за изменением карстологической обстановки и состоянием существующих зданий и сооружений;

Э3) регулярный инструментальный мониторинг состояния грунтов на предмет развития зон разуплотнения и подземных полостей в основании существующих зданий и сооружений;

Э4) ограничение эксплуатации административно-производственных зданий и сооружений, а также частных домовладений до проведения инженерных изысканий по выявлению пустот и ослабленных зон в основании фундаментов.