

УДК 551.3

UDC 551.3

25.00.00 Науки о Земле

Sciences about Earth

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

**INTEGRATED ASSESSMENT OF
COMPLEXITY OF ENGINEERING AND
GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE
TERRITORIES OF THE KRASNODAR REGION**

Любимова Татьяна Владимировна
к.г.-м.н., доцент
РИНЦ SPIN-код 8659-3020
*Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия, доцент*
TV-Luy@yandex.ru

Luybimova Tatyana Vladimirovna
Candidate of Geology and Mineralogy
TV-Luy@yandex.ru
*Kuban State University,
Krasnodar, Russia*
Associate Professor

Бондаренко Николай Антонович
д.г.-м.н., доцент
РИНЦ SPIN-код 4315-9949
*Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия, профессор*
nik_bond@mail.ru

Bondarenko Nikolay Antonovich
Dr.Sci.Geol.-Mineral., associate professor
nik_bond@mail.ru
*Kuban State University,
Krasnodar, Russia*

Погорелов Анатолий Валерьевич
д.г.н., профессор
*Кубанский государственный университет,
Краснодар, Россия, заведующий кафедрой
геоинформатики*
pogorelov_av@bk.ru

Pogorelov Anatoly Valeryevich
Dr.Sci.Geograph., professor
pogorelov_av@bk.ru
*Kuban State University,
Krasnodar, Russia*

Одной из основных проблем при инженерно-геологических исследованиях является выбор наиболее подходящей территории для строительства проектируемых объектов и сооружений. Большую угрозу для экономики и безопасности населения Краснодарского края представляют опасные геологические процессы. В статье приводится экспертная оценка инженерно-геологических условий территории, карта-схема оценочного инженерно-геологического районирования региона. Дается характеристика инженерно-геологическим таксонам, выделенным по степени благоприятности условий

One of the main problems at engineering-geological researches is the choice of the most suitable territory for construction of designed projects and constructions. The most dangerous threat to the economy and the security of the Krasnodar region are geohazards. The article provides an expert evaluation of engineering-geological conditions of the territory, the map-scheme of evaluation of engineering-geological zoning of the region. The characteristic is given to the engineering-geological taxons allocated on degree of usefulness of conditions

Ключевые слова: ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Keywords: GEOHAZARDS, INTEGRATED ASSESSMENT, ENGINEERING AND GEOLOGICAL ZONING

Doi: 10.21515/1990-4665-121-129

Актуальность. Одной из основных проблем при инженерно-геологических исследованиях является выбор наиболее подходящей территории для строительства проектируемых объектов и сооружений. Особое место здесь занимает оценка наличия и степени активности

экзогенных геологических процессов (ЭГП), определяющих безопасность объектов строительства.

Территория Краснодарского края характеризуется разнообразием природных условий и развитостью хозяйственного комплекса. Большую угрозу для экономики и безопасности населения края представляют экзогенные (оползни, боковая и донная эрозия, разрушение морских берегов, подтопление территорий) природные геологические процессы. 1250 населенных пунктов края подвержены различным видам экзогенных геологических процессов, развитие которых создает угрозу безопасности проживающего в них населения [1].

Постановка проблемы. В настоящее время для Краснодарского края наиболее остро встает вопрос о выборе наиболее оптимальной территории будущего строительства уже на этапе территориального планирования (пример строительства Олимпийских объектов, Керченского моста, автодорог федерального значения). На отечественный рынок начинают входить все больше инвесторов использующих западный опыт строительства, который отличается проведением предварительного комплекса исследований на различных участках планируемой застройки с целью выбора наиболее оптимального и соответственно безопасного участка строительства. Исходя из этого, целесообразно и рационально проводить заблаговременную оценку инженерно-геологических условий площадок, как будущего строительства объектов, так и эксплуатируемых.

Инженерно-геологические условия Краснодарского края изучаются достаточно давно. В 1968 г. впервые была построена первая карта инженерно-геологического районирования под редакцией М.И. Черкасова (РГУ, г. Ростов-на-Дону) на базе представлений и материалов тех лет. На протяжении многих лет эта карта служила геологам справочным документом при изысканиях на ранних стадиях, особенно в труднодоступных местах края. В 1983 г. была издана карта инженерно-

геологического районирования Северного Кавказа (М 1: 500000), автор Д.Г. Гонсировский (ЦКГЭ, г. Ессентуки). Карта объединяла территории Краснодарского, Ставропольского краев, Кабардино-Балкарскую, Северо-Осетинскую, Чечено-Ингушскую и Дагестанскую АССР и систематизировала материалы такого обширного региона, но для изыскателей в пределах нашего края использовать такой материал при изысканиях на отдельных площадках не представлялось возможным [2]. В 2004 г. временным творческим коллективом были собраны, систематизированы архивные и фондовые материалы, по которым была составлена карта инженерно-геологических условий Краснодарского края (М 1: 200000) [3].

За последнее десятилетие на территории Краснодарского края были произведены большие объемы изыскательских работ, накоплено большое количество новой инженерно-геологической информации, которая требует осмысления на качественно ином уровне с учетом актуализированной нормативно-правовой базы по инженерным изысканиям.

Однако методологические основы оценки риска воздействий на геологическую среду остаются до конца не разработанными (нет единой классификации опасных природных процессов, понимания “риск”, “оценка риска”, имеется единичный опыт рассмотрения региональных особенностей рисков ЭГП, нет четкости в принципах проведения оценки риска).

В контексте разработки регионального оценочного инженерно-геологического районирования настоящее исследование будет способствовать выбору наиболее подходящих участков для строительства сооружений, а также выработке мероприятий оптимального планирования инженерно-геологических исследований.

Методика работы. В основу работы положена методика оценочного инженерно-геологического районирования. Формулировка

«благоприятные» и «неблагоприятные» инженерно-геологические условия, подразумевает под собой качественную оценку территории, однако наиболее подходящим методом изучения данной проблемы должна стать некая количественная характеристика.

По данным В.Т. Трофимова, для сравнительной оценки сложности инженерно-геологической обстановки широко применяется балльный метод. Это метод оценки отдельных факторов или интегральной оценки сложности инженерно-геологических условий сформированный в результате простого суммирования оценок баллов всех составляющих их компонентов [4]. В широком смысле метод балльной оценки заключается в экспертном определении наиболее значимых факторов-критериев, которым присваиваются веса в зависимости от их важности. Качественные оценки по каждому из названных критериев выражаются количественно, т.е. им присваиваются баллы. Итоговая оценка рассчитывается как среднее арифметическое всех баллов по выбранным факторам влияния, округленная до целого числа по правилам математического округления [5]. Метод балльной (или ранговой) оценки позволяет в значительной степени преодолеть сложность оценивания, вызванные неоднородностью сравниваемых показателей.

В ходе изучения комплекса факторов, влияющих на инженерно-геологические условия территории Краснодарского края, был выделен ряд наиболее значимых факторов, по которым построены частные карты-схемы, показанные на рисунке 1:

- интенсивность неотектонических движений,
- сейсмичность,
- степень расчлененности рельефа (земной поверхности),
- распространение специфических грунтов (набухающих и просадочных),
- пораженность территории просадочными формами рельефа,

- пораженность территории подтоплением,
- пораженность территории карстом,
- пораженность территории селями,
- пораженность территории оползневыми процессами,
- пораженность территории обвально-осыпными процессами,
- пораженность территории овражно-балочной эрозией,
- пораженность территории лавинами.

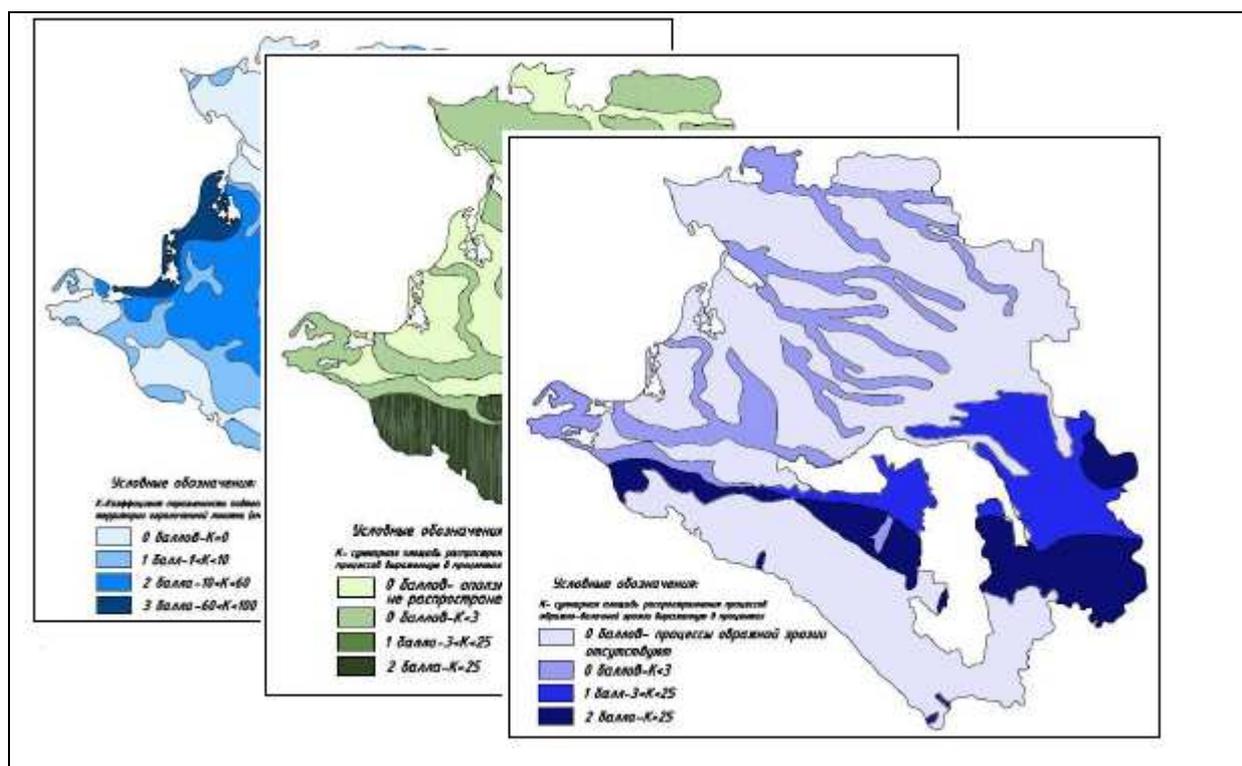


Рисунок 1. Пример карт-схем пораженности территории Краснодарского края различными опасными экзогенными процессами

Интенсивность нетектонических движений оценивалась по схеме размещения новейших структур Краснодарского края [6]. Сейсмичность была принята по карте А (10%) ОСР-97* [7]. Коэффициенты К для отражения степени пораженности территории тем или иным процессом рассчитывались исходя из суммарной площади территорий, пораженных процессом, выраженной в % на основе данных [8]. В таблице 1 приводятся количественные характеристики рассматриваемых показателей.

Таблица 1– СВОДНАЯ ТАБЛИЦА КРИТЕРИЕВ ДЛЯ БАЛЛЬНОЙ
ОЦЕНКИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Критерий оценки	Характеристика	Вес критерия, в баллах
1	2	3
Тектоническая активность (интенсивность движений)	Слабые	0
	Умеренные	1
	Интенсивные	2
	Инверсия направления движения	2
Сейсмичность по карте ОСР-97А*, балл	6	0
	7	1
	8 и более	2
Распространение просадочных грунтов	Не распространены	0
	I тип просадочности	1
	II тип просадочности	2
Распространение набухающих грунтов	Не распространены	0
	Распространены	1
Расчлененность земной поверхности, км/км ²	0,0-0,10	1
	0,10-0,50	2
	0,50-1,00	3
	Свыше 1,00	
Пораженность просадочными формами рельефа	K=0	0
	0<K<10	1
	10<K<25	2
	25<K<35	3
Степень подтопления	K=0	0
	0<K<10	1
	10<K<60	2
	60<K<100	3
Пораженность карстовыми процессами	Не распространены	0
	Распространены	1
Пораженность водно-эрозионными процессами, %	Менее 3%	0
	3-25%	1
	Более 25%	2
Пораженность обвально-осыпными (гравитационными) процессами, %	Менее 3%	0
	3-25%	1
	Более 25%	2
Пораженность селевыми процессами	Менее 3%	0
	3-25%	1
	Более 25%	2
Пораженность оползневыми процессами	Менее 3%	0
	3-25%	1
	Более 25%	2
Лавиноопасность	Не распространены	0
	Распространены	1

Результаты исследования. Для комплексной оценки инженерно-геологических условий территории Краснодарского края и построения итоговой карты-схемы потребовалось послойно наложить друг на друга все частные карты-схемы и вычислить среднее арифметическое значение баллов для каждого ограниченного участка. Итогом стала карта-схема оценочного инженерно-геологического районирования, показанная на рисунке 2. Территории, характеризующиеся наиболее благоприятными инженерно-геологическими условиями, имеют минимальный балл, а территории с неблагоприятными условиями – максимальный.

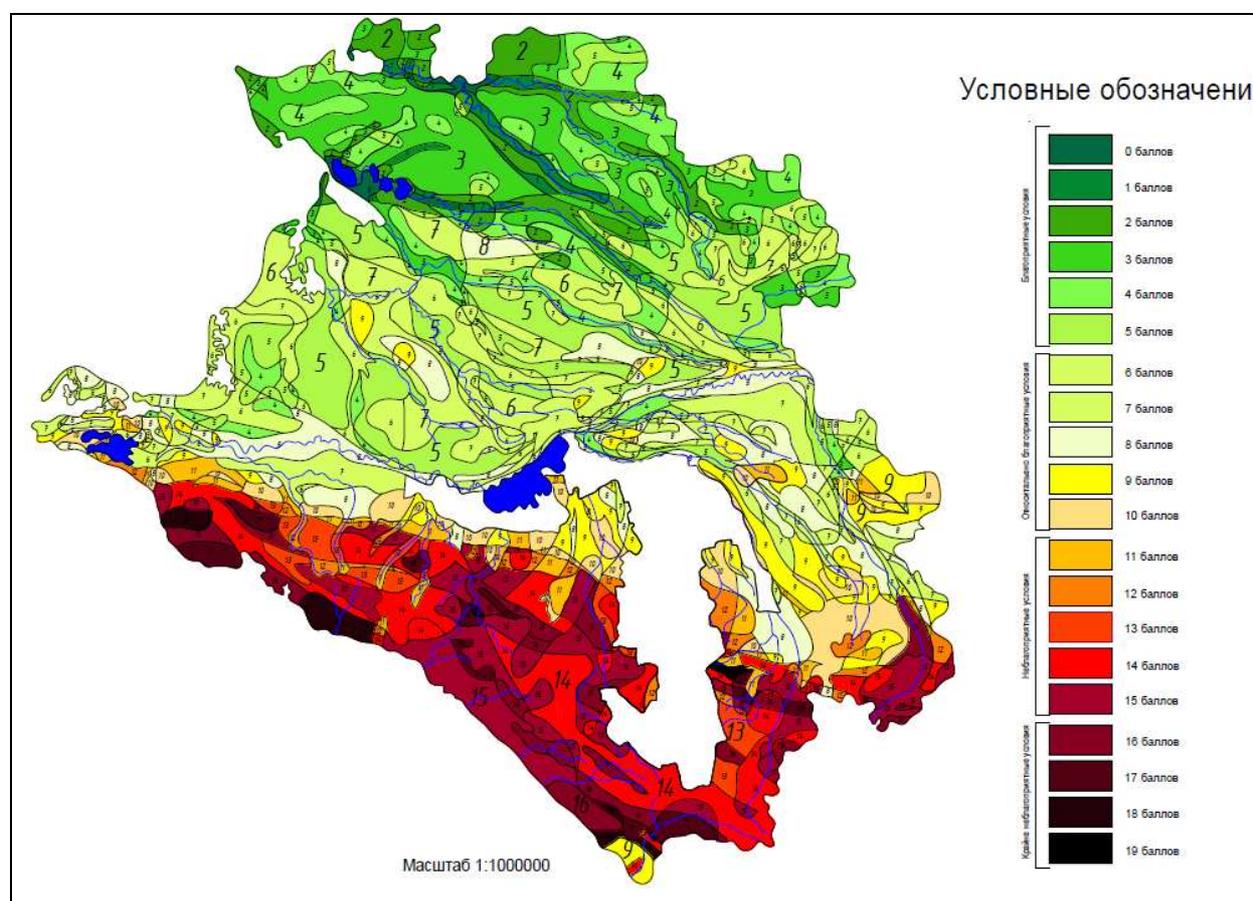


Рисунок 2. Карта-схема оценочного инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края

Недостатком построенной карты является то, что по ней практически невозможно судить о наличии на участке конкретного осложняющего фактора и степени его распространения. Для достижения генерализации

схемы оценочного инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края выполнено разбиение критериев на классы. Участки со схожей степенью оценки благоприятности или неблагоприятности инженерно-геологических условий были объединены в 4 района и представлены на рисунке 3:

- 1 – 1-5 баллов – благоприятные,
- 2 – 6-10 баллов – условно благоприятные,
- 3 – 11-15 баллов – неблагоприятные,
- 4 – более 16 – крайне неблагоприятные.

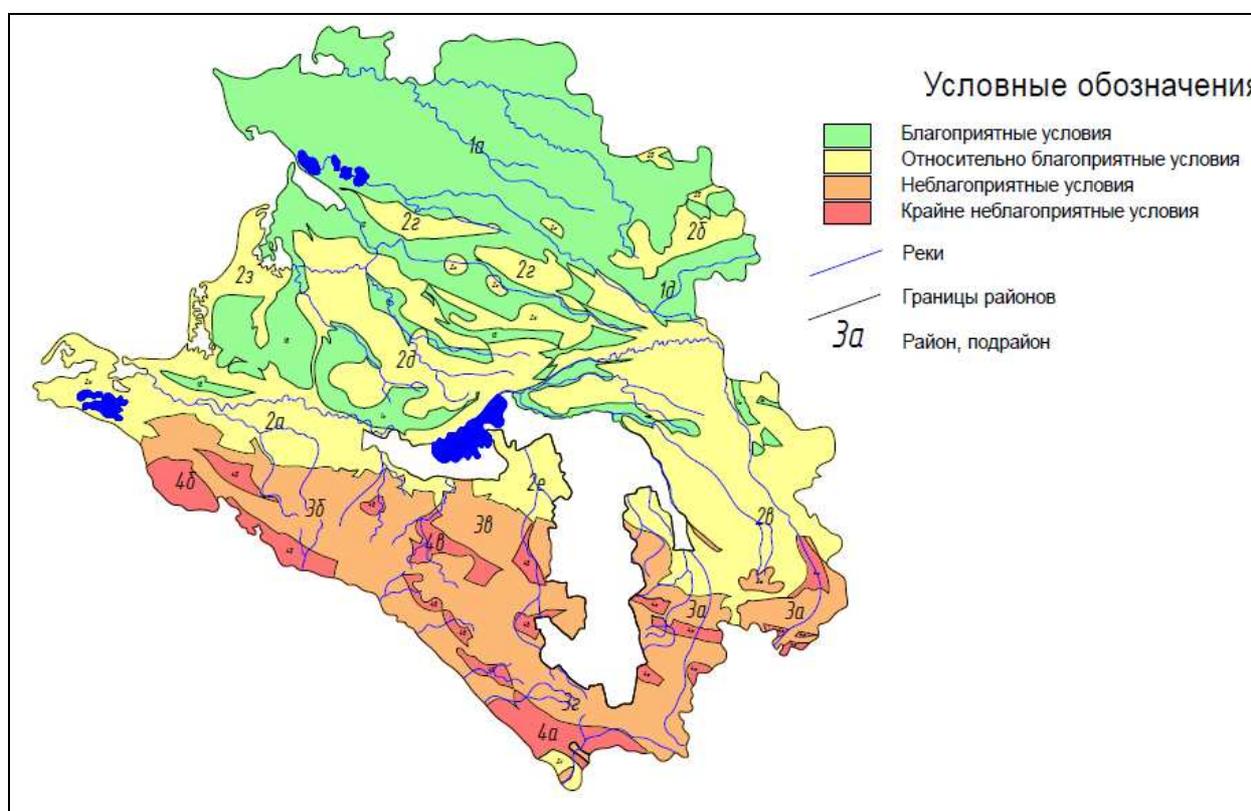


Рисунок 3. Генерализованная карта-схема оценочного инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края

При таком подходе можно получить более подробную характеристику каждого района, с указанием причин назначения баллов. Всего было выделено 4 района и 23 подрайона по степени благоприятности или неблагоприятности инженерно-геологических условий (табл. 2). Наиболее благоприятными инженерно-геологическими

условиями для строительства характеризуется около 30% территории Краснодарского края. Это северная и северо-западная его часть. Средняя оценка условий – 4 балла. Всего выделено 5 подрайонов, незначительно отличающихся друг от друга инженерно-геологическими условиями. Около 35% территории Краснодарского края характеризуется условно благоприятными инженерно-геологическими условиями. Такие районы распространены в центральной части края. Средний балл составляет 8 баллов. Всего выделено 8 подрайонов. Неблагоприятными условиями характеризуется около 28% территории Краснодарского края. Средняя оценка условий составляет 14 баллов. Это территории, приуроченные к горной и низкогорной части края. Всего выделено 4 подрайона. Около 7 % территории Краснодарского края характеризуется крайне неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Районы с такими характеристиками приурочены к горной территории края. Всего выделено 4 подрайона.

В таблице 3 представлены результаты оценочного инженерно-геологического районирования, проведенного на качественной и количественной основе.

Таблица 3 – СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Инженерно-геологические условия (площадь, %)	Карта инженерно-геологического районирования для строительства Краснодарского края, масштаб 1:200000 (2004) [5]	Карта-схема оценочного инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края, масштаб 1: 1000000 (2016)
Благоприятные	20	30
Условно благоприятные	50	35
Неблагоприятные	30	35

Заключение. Проведенная оценка интегрального риска экзогенных геологических процессов может быть востребована как госслужбами, так и производственными изыскательскими организациями и бизнесом, использоваться для целей территориального планирования, при принятии решения о наиболее рентабельном строительстве в отношении безопасности от воздействия экзогенных процессов. Кроме этого результаты исследования могут служить обоснованием для выбора оптимальной методики инженерно-геологических исследований и организации сети регионального мониторинга экзогенных геологических процессов. На стадиях эксплуатации сооружений уточнение оценки интегрального риска может производиться по оперативным данным, полученным в ходе производственного (приватного) мониторинга. Построенная карта интегрального риска опасных экзогенных геологических процессов даст возможность рассчитать ориентировочную стоимость необходимых защитных мероприятий.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-45-230909

Таблица 2 – КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНОВ

Условия района	Район	Подрайон	Интенсивность неотектонических движений	Сейсмичность	Тип рельефа	Коэффициент растленности рельефа ображно-балочной сетью	Тип грунтов по просадочности	Коэффициент пораженности территории просадочными формами	Наличие набухающих грунтов	Коэффициент пораженности территории оползневыми процессами	Коэффициент пораженности территории огыпями и обвалами	Коэффициент пораженности территории ображно-балочной	Коэффициент пораженности территории лабинами	Коэффициент пораженности территории селями	Коэффициент пораженности территории карстом	Коэффициент пораженности территории подтоплением	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Благоприятные	1	а	слабые прогибания	6	равнинный	$0 < K < 0,10$	I тип	$K < 10$	Есть	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	$K < 10$	
		б	слабые прогибания	6	равнинный	$0 < K < 0,10$	I тип	$K < 10$	-	$K < 25$	-	-	-	-	-	-	$K < 10$
		в	интенсивные прогибания	7	равнинный	$0 < K < 0,10$	-	-	-	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	-	$K < 60$
		г	интенсивные прогибания	7	равнинный	$0 < K < 0,10$	I тип	$K < 10$	-	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	-	-
		д	умеренные прогибания	6	равнинный	$0 < K < 0,10$	-	-	-	$K < 25$	-	$K < 25$	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2

Уклоны района	Район	Подрайон	Интенсивность неотектонических движений	Сейсмичность	Тип рельефа	Коэффициент растленности рельефа образно-балочной сетью	Тип грунтов по просадочности	Коэффициент пораженности территории просадочными формами	Наличие набухающих грунтов	Коэффициент пораженности территории оползельными процессами	Коэффициент пораженности территории осыпями и обвалами	Коэффициент пораженности территории образно-балочной	Коэффициент пораженности территории лавинами	Коэффициент пораженности территории селями	Коэффициент пораженности территории карстом	Коэффициент пораженности территории подтоплением	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Относительно благоприятные	2	а	слабые прогибания	6	равнинный	$0 < K < 0,10$	II тип	$K < 25$	-	$K < 25$	-	$K < 3$	-	-	-	$K < 10$	
		б	интенсивные прогибания	6	равнинный	$0 < K < 0,10$	I тип	$K < 10$	-	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	-	-
		в	инверсия направления	8	низкогорье	$0,10 < K < 0,50$	I и II тип	$K < 10$	Есть	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	-	$K < 60$
		г	интенсивные прогибания	7-8	равнинный	$0 < K < 0,10$	-	-	-	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	-	$K < 60$
		д	умеренные прогибания	7	равнинный и низкогорный	$0,10 < K < 0,50$	I тип	$K < 10$	-	$K < 25$	-	$K < 25$	-	-	-	-	$K < 60$
		е	интенсивные прогибания	6-7	равнинный	$0 < K < 0,10$	I тип	$K < 25$	-	$K < 3$	-	$K < 3$	-	-	-	-	$K < 10$
		ж	интенсивные прогибания	7	равнинный	$0 < K < 0,10$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$K < 100$
		з	умеренные прогибания, инверсия направления	6-7	равнинный	$0 < K < 0,10$	I и II тип	$K < 10$	-	$K < 25$	-	-	-	-	-	-	$K < 60$
		и	умеренные прогибания	7	равнинный, низкогорный	$0,10 < K < 0,50$	I тип	$K < 10$	-	$K < 25$	$K < 25$	$K < 25$	-	$K < 25$	-	-	$K < 10$
		к	инверсию направления	8	предгорье	$K > 1,0$	-	-	-	$K > 25$	-	-	-	-	-	-	$K < 10$

Окончание таблицы 2

Условия района	Район	Подрайон	Интенсивность неотектонических движений	Сейсмичность	Тип рельефа	Коэффициент растленности рельефа образно-балочной селью	Тип грунтов по просадочности	Коэффициент пораженности территории просадочными формами	Наличие набухающих грунтов	Коэффициент пораженности территории оползевыми процессами	Коэффициент пораженности территории осылями и обвалами	Коэффициент пораженности территории ображно-балочной	Коэффициент пораженности территории лабинами	Коэффициент пораженности территории селями	Коэффициент пораженности территории карстом	Коэффициент пораженности территории подтоплением
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Неблагодорятные	3	а	умеренных поднятий	7	низкогорье	0,5<K<1,0	-	-	-	K>25	K>25	-	-	-	-	K<10
		б	инверсия направления	8	предгорье	K>1,0	-	-	-	K>25	K>25	-	-	K>25	K>25	K<10
		в	умеренных поднятий	8	низкогорье	K>1,0	-	-	-	K>25	-	K>25	-	-	-	K<60
		г	умеренных поднятий	8	высокогорный	K>1,0	-	-	-	K>25	K>25	-	K>25	K>25	-	K<10
Крайне неблагоприятные	4	а	умеренных поднятий	8	высокогорный	K>1,0	-	-	-	K>25	K>25	-	K>25	K>25	-	K<10
		б	инверсия направления	8	низкогорье	K>1,0	-	-	-	K>25	K>25	-	K>25	-	K>25	K<10
		в	инверсия направления	8	предгорье	K>1,0	-	-	-	K>25	K>25	-	-	-	K>25	K<60
		г	умеренных поднятий	8	низкогорье	0,5<K<1,0	-	-	-	K>25	K>25	K>25	K>25	K>25	K>25	K<10

Список литературы

1. Совершенствование системы предупреждения чрезвычайных ситуаций путем проведения инженерно-геологического, гидрологического и сейсмического изучения территории Краснодарского края на 2013-2015 годы. Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края об утверждении ведомственной целевой программы от 28.06.2012 №765.
2. Водопьянова, О.Г. Карта инженерно-геологического районирования для строительства Краснодарского края, масштаб 1:200000 / О.Г. Водопьянова, Л.И. Чередниченко, А.Н. Батурина, И.Л. Кухарев. – Краснодар, 2004.
3. Любимова, Т.В. Инженерно-геологические условия Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа (на участке пос. Пшава - пос. Архипо-Осиповка) монография / Т.В. Любимова [и др.]. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2009. – 119 с.
4. Трофимов В.Т. Инженерно-геологические карты: учебное пособие /В.Т. Трофимов, Н.С. Красилова. – М.: КДУ, 2008. – 381 с.
5. Аверченков В.И. Инновационный менеджмент. / В.И. Аверченков, Е.Е. Ваинмаер. – М.:ФЛИНТА, 2011. – 293 с.
6. Турбин Л.И. Новейшая тектоника Западного Кавказа и Предкавказья /Л.И. Турбин, П.В. Александрова. В кн. Проблемы неотектоники и современной динамики литосферы. Таллин: ТИН АН ЭССР, 1982
7. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. – М., 2014 – 181 с.
8. Измайлов Я.А. Отчет о результатах регионального обследования экзогенных геологических процессов на территории Краснодарского края / Я.А. Измайлов, А.Т. Полещук [и др.]. ПГО «СевКавгеология», Краснодарская ГРЭ, Краснодар, 1982 – 211 с

References

1. Sovershenstvovanie sistemy preduprezhdeniya chrezvychainyh situacii putem provedeniya inzhenerno-geologicheskogo, gidrologicheskogo i seismicheskogo izucheniya territorii Krasnodarskogo kraja na 2013-2015 gody. Postanovlenie glavy administracii (gubernatora) Krasnodarskogo kraja ob utverzhenii vedomstvennoi celevoi programmy ot 28.06.2012. №765.
2. Vodop'yanova, O.G. Karta inzhenerno-geologicheskogo raionirovaniya dlya stroitel'stva Krasnodarskogo kraja, masshtab 1:200000 / O.G. Vodop'yanova, L.I. Cherednichenko, A.N. Baturina, I.L. Kuharev. Krasnodar, 2004.
3. Lyubimova, T.V. Inzhenerno-geologicheskie usloviya Chernomorskogo poberezh'ya Severo-Zapadnogo Kavkaza (na uchastke pos. Pshada - pos. Arhipo-Osipovka) monografiya / T.V. Lyubimova [i dr.]. Krasnodar: Prosveshenie-Yug, 2009. 119 s.
4. Trofimov V.T. Inzhenerno-geologicheskie karty: uchebnoe posobie /V.T. Trofimov, N.S. Krasilova. M.: KDU, 2008. 381 s.
5. Averchenkov V.I. Innovacionnyi menedzhment. /V.I. Averchenkov, E.E. Vainmaer. M.:FLINTA, 2011. 293 s.
6. Turbin L.I. Noveishaya tektonika Zapadnogo Kavkaza i Predkavkaz'ya /L.I. Turbin, P.V. Aleksandrova. V kn. Problemy neotektoniki i sovremennoi dinamiki litosfery. Tallin: TIN AN ESSR, 1982
7. SP 14.13330.2014 Stroitel'stvo v seismicheskikh raionah. M., 2014 181 s.
8. Izmailov Ya.A. Otchet o rezul'tatah regional'nogo obsledovaniya ekzogennykh geologicheskikh processov na territorii Krasnodarskogo kraja / Ya.A. Izmailov, A.T. Poleshuk [i dr.]. PGO «SevKavgeologiya», Krasnodarskaya GRE, Krasnodar, 1982 211 s.