

*Валиев Ш.Ф., Шарифов Г.В.*

**ДУШАНБЕ ШААРЫ ЖАНА АНЫН АГЛОМЕРАЦИЯСЫНЫН АЙМАГЫНДАГЫ  
ГЕОРИСКТЕРДИ АЛДЫН АЛУУ ЖАНА ИНЖЕНЕРДИК-ГЕОНОМИЯЛЫК  
ТИПИЗАЦИЯСЫ**

*Валиев Ш.Ф., Шарифов Г.В.*

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОНОМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ И ПРОГНОЗ ГЕОРИСКОВ НА  
ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ДУШАНБЕ И ЕГО АГЛОМЕРАЦИИ**

*Sh.F. Valiev, G.V. Sharifov*

**ENGINEERING AND GEONOMIC TYPIFICATION AND GEORISKS PROGNOSIS IN  
THE DUSHANBE CITY AND ITS AGGLOMERATION AREA**

УДК: 624.131

*Душанбе шаары жана анын агломерациясынын аймагындагы инженер-геономиялык жана сейсмикалык абалдын анализи берилет.*

**Негизги сөздөр:** геология, геономия, инженердик геология, агломерация, ресурстар, геофизика, минерализация.

*Проанализировано современное состояние инженерно-геономической условия территории города Душанбе и его агломерации, показаны особенности сейсмического условия исследуемой территории.*

**Ключевые слова:** геология, геономия, инженерная геология, агломерация, ресурсы, геофизика, минерализация.

*The analysis of the seismic conditions and engineering geonomical situation on the territory of Dushanbe city and its agglomeration area. The fundamentals of EGN typification and georisks prognosis for the study area are developed.*

**Key words:** geology, geonomy, engineering geology, agglomeration, resources, geophysics, mineralization.

Прогноз изменения инженерно - геологических условий, ведущих соответственно к изменению сейсмических условий является одной из важнейших задач инженерно- геологических исследований. В её решении значительную роль играет систематизация и обобщение проведенных изысканий, инженерно-геологическое картирование и стационарные наблюдения. Задача прогноза приобретает еще большую актуальность для районов, сложенных, сложенных лессовыми просадочными породами [1-5].

Наибольшая часть уже застроенных площадей г. Душанбе, а также территорий перспективной застройки сложена лессовыми породами. Повышение влажности существенно изменяет инженерно геологические и сейсмические свойства этих грунтов.

Распределение влажности в лессовых породах г. Душанбе тесно связано с географической и гидрографической средой и особенно с инженерной деятельностью человека. Увеличение её наблюдается на площадях более ранней густой застройки (III терраса) и объясняется нарушением поверхностного стока, неорганизованным поливом зеленых насаждений и потерями воды сетью подземных коммуникаций

(водопровод, канализация, теплосетью).

Как показывает анализ литературных данных само подтопление городов и поселков - явление неизбежное и зависит от литологического строения толщи, приводит к некоторому увеличению влажности, либо - к образованию «техногенного» уровня грунтовых вод [1-5].

С учетом изложенного дальнейшая застройка города и освоение прилегающих территорий (в том числе и адыров) вызовет: а) в районах с толщиной лессовых грунтов мощностью до 17-20 м, подстилающихся хорошо фильтрующими галечниковыми отложениями (I-III террасы р. Душанбинки), увеличение естественной влажности до 23-25%, что приведет соответственно, к снижению и деформативных и прочностных характеристик, при этом суммарная величина возможной просадки грунтов под собственным весом уменьшится до 10-15 и менее см; б) в районах с толщиной лессовых грунтов мощностью более 20-40 м, при наличии относительного водоупора (восточная часть города, включая адыры), неизбежно произойдет образование «техногенного» уровня грунтовых вод с увеличением влажности грунтов до 28-30%, соответствующим снижением модуля деформации и сопротивляемости грунтов сдвигу (просадка лессовых грунтов под собственным весом при этом должна полностью проявиться); в) в адырной части города из-за значительной пересеченности рельефа после увлажнения лессовой толщи могут активизироваться физико-геологические процессы, которые проявятся в виде оползней и механической суффозии.

Повышение влажности лессовых пород приводит к значительному изменению их сейсмических свойств - к изменению приращения балльности, что должно находить свое отражение при последующей корректировке схем сейсмического микрорайонирования.

Макросейсмическими исследованиями изучен эффект проявления сильных и ощутимых землетрясений на территории города Душанбе.

При Хаитском землетрясении 10 июля 1949 г. наибольшая сила сотрясения на территории города достигла 6-6,5 баллов. Землетрясением были повреждены ряд зданий, в том числе здания роддома по улице Красных партизан (Мирзо Турсунзода) и пединститута по улице Ленина (Рудаки), в которых появились трещины во внутренних поперечных кирпичных стенах шириной до 0,5-1,0 см и многочисленными трещинами кирпичных и каменных зданий в городе высотой в 2-3 этажа. Особенностью этого землетрясения явилось сравнительное равномерное повреждение зданий на всей территории города. На правом берегу в то время не было высоких кирпичных зданий. Судя же по повреждениям одноэтажных кирпичных и саманных построек сила сотрясения на правом берегу была меньше, чем на основной территории города левобережья примерно на 0,5 балла.

Сила Душанбинского землетрясения 27 февраля 1952 г. в городе достигла 6,5-7 баллов в отличие от Хаитского, имевшего многочисленные последующие толчки в течение 3-5 лет, это землетрясение не имело ни одного ощутимого последующего толчка. Душанбинское землетрясение было обследовано детально в радиусе 20 км от города. Обследования проводились различными экспедициями на протяжении 5 лет. Экспедиция института сейсмологии АН Таджикской ССР в 1952 г. выявила на территории города, так называемый сейсмический остров территории, где сила сотрясения по сравнению с окружающей местностью при большинстве бывает значительно слабее. Северной границей этого острова являлась проспект Правды. Южная граница находится у селения Ак-Курган (южный конец улицы Нахимова). Восточная проходит в 2 км восточнее Кокташского шоссе у клуба колхоза «Россия».

Эпицентр Явроского землетрясения 16 сентября 1960 г. находился северо-восточнее города 20-30 км. Сила сотрясения в городе была близка к 6 баллам. Наибольшего значения она достигла в районе улицы Айни, а наименьшего - в районе сейсмического острова (5-5,5 балов).

Эпицентр Алмасинского землетрясения 23 августа 1961 г. располагается в 20-30 км северо-западнее города Душанбе. Землетрясение ощущалось в Хоробе и Ленинабаде (Худжанде). Наибольшая сила его в левобережной части города на третьей террасе, достигала шести баллов. На «острове» сила была 5-5,5 баллов.

Эпицентр Афганского землетрясения 14 марта 1956 г. располагался в Афганистане юго-восточнее город Душанбе на расстоянии 280 км. Землетрясение имело большую магнитуду  $M=7,5$ , глубокий очаг и поэтому охватило всю территорию Таджикистана и сопредельные с ними страны. Макросейсмическое обследование землетрясения проводилось детально на всей территории города Душанбе.

Наименьшая сила землетрясения, равная 4-5 баллам, отмечалась в центральной части города, сложенной мощной толщей гравийно-галечниковых отложений при глубине залегания уровня грунтовых вод ниже 15 м. На южных участках города, где грунтовые воды постепенно поднимаются до глубин 1-2 м, сейсмический эффект оставался таким же.

На западной части города, характеризующейся такой же толщей гравийно-галечных отложений и глубиной залегания грунтовых вод ниже 15 м, но прикрытый слоем лессовидных суглинков мощностью от 3 до 8 м, наблюдался более высокий сейсмический эффект, достигший 5,5-6 баллов, т.е. интенсивность здесь была на 0,5-1 баллов выше, чем на гравийно-галечных отложениях. На левобережной части города, где грунты представлены лессовидными суглинками большой мощности (более 20 м), интенсивность землетрясения увеличилась на 1,0-1,5 балла по сравнению с гравийно-галечными отложениями центральной части города. При этом наибольший эффект наблюдался вблизи лессовых уступов террас. Интенсивность землетрясения в пределах района, характеризующегося расчлененным адырно-холмистым рельефом и сложенного маловлажными лессовидными суглинками повышается до 6 баллов, т.е. примерно на 1,5 балла выше, чем на галечниках центральной части города.

Эпицентр 7 балльного Гиссарского землетрясения 21 апреля 1968 года располагался в 26 км ЮЗ от города Душанбе. Глубина очага 10-15 км, магнитуда  $M=4,5$ . По территории г. Душанбе данное землетрясение проявилось от 4-5 до 5-6 баллов. На представленной аллювиальными галечниками современного и верхнечетвертичного возрастов, слагающие низкие и современные террасы р. Душанбинки, землетрясение проявилось в 4-5 баллов районы Якка-Чинара, Масложиркомбината, Севастопольского массива, 2-го Советского, колхоза «Россия». На представленной лессовым комплексом пород, слагающих разные по возрасту и уровню террасовые поверхности, сила землетрясения составила, в зависимости от удаленности от эпицентра, от 4-5 до 5-6 баллов. Так, 5-6-балльные колебания землетрясения отмечены в Кара-Боло, поселок Калинина, Парвин. Землетрясение такой же силы достигло и в районе улицы Нагорной, несмотря на значительную (17-19 км) удаленность от эпицентра. Это рассматривается как усиление интенсивности землетрясения и связано с холмистостью рельефа данной местности. На жилмассиве ДОК, отстоящем на расстоянии 21-22 км от эпицентра, интенсивность землетрясения была 4-5 баллов.

Таким образом, интенсивность Гиссарского землетрясения на галечниковых участках города Душанбе была на 0,5-1 балла ниже, чем на лессовых участках, что объясняется влиянием различий грунтовых условий этих районов. Последующие

землетрясения, проявленные на территории город Душанбе, имели силу не более 5 баллов и в основном подтверждали наличие пониженной силы сотрясения в юго-западной части города. Среди этих землетрясений можно указать следующие:

Афганское землетрясения 1955 г. силой 4-4,5 балла, Душанбинское землетрясения 4 ноября 1968 г. силой до 4,5 баллов, Афганское землетрясения 30 июля 1974 г. силой до 4,5 баллов, Памирское землетрясение 9 апреля 1975 г. силой в городе до 3,5 баллов.

Территория города Душанбе может подвергаться сильным сотрясениям от очагов землетрясений, эпицентры которых расположены на расстоянии от 10 до 300 км, что сильно увеличивает повторяемость сотрясений и значительно ослабляет здания за счет усталостных повреждений их конструкции и неравномерной осадки грунтов в их основании.

Обычно весьма затруднен уже сложившейся планировкой города и поэтому такие мероприятия приходится выполнять в течение длительного времени. К таким мероприятиям относятся:

1. Размещение наиболее ответственных общегородских сооружений в зонах пониженной балльности.

2. Закольцовывание и дублирование коммуникаций всех видов источников снабжения.

3. Оставление свободных мест в каждом квартале и около каждого дома на случай выселения жителей в палаточные городки.

4. Разделение всей территории широкими полосами озеленения на отдельные зоны.

5. Равномерное распределение по территории больничных, складских и других зданий.

6. Учет сейсмической опасности при эксплуатации города.

Важнейшими задачами здесь являются: а) выявление степени фактической сейсмостойкости существующих зданий в первую очередь школа, больниц, театров, больших жилых домов, крупных магазинов и других мест скопления людей; б) выработка очередности и степени усиления всех этих зданий в комплексе с другими мероприятиями по их модернизации; в) создание базы для строительства легких сооружений и других мест аварийного размещения населения в холодное время года; г) разработка специального плана общегородских мероприятий на случай землетрясений и доведения их до каждого жителя.

Территория города Душанбе относится к районам, где возможны землетрясения интенсивностью до 9 баллов (по шкале MSK-64). Их магнитуда (M) может достигать 7,5-8,0. Высокая степень сейсмической опасности города Душанбе обусловлена тем, что практически вдоль северной окраины, по подножью Гиссарского хребта, прослеживается крупное

тектоническое нарушение глубокого заложения – Гиссаро-Кокшаальский разлом. Вдоль этого разлома произошли наиболее сильные катастрофические землетрясения, такие как: Каратагское, 1907г. (I=9; M=7, 4; H=35 км), Хаитское, 1949г. (I=9 – 10; M=7,4; H=16 км), Файзабадское, 1943г. (I=8 – 9; M=6; H=15 – 20 км) и др. Эти землетрясения ощущались в г. Душанбе интенсивностью 5 – 6 баллов.

Южная граница Предгиссарской впадины – Илякский разлом также является сейсмогенной структурой, к которой могут быть приурочены толчки интенсивностью до 9 баллов, однако их глубина может достигать лишь 10–12 км. Следовательно, эти землетрясения будут охватывать относительно небольшие территории. Сейсмогенная зона, выделяемая вдоль Илякского разлома, может генерировать толчки с M=6,5-7,0 и I=8-9 баллов. Землетрясения, возникающие в Илякской сейсмогенной зоне, ощущаются в город Душанбе интенсивностью, чаще всего, 5-6 баллов. Одним из последних толчков, связанных с отмеченной зоной, было Гиссарское землетрясение 1989 г. (I=7-8; M=5,5; H=5-7 км) в районе селений Шарора и Окули Боло, расположенных в 15 км к юго-западу от Душанбе. Кроме землетрясений, генерируемых в зонах Гиссаро-Кокшаальского и Илякского разломов, в Душанбинской агломерации известны толчки, эпицентры которых располагаются внутри прогиба. Непосредственно в районе города Душанбе известно два землетрясения: Сталинабадское 1952г. и Лучобское 1967г. Первое событие имело место южнее города, его плейстоценовая область, имеющая форму эллипса, вытянута на 15 км. Интенсивность Сталинабадского землетрясения в эпицентральной зоне оценена в 6 – 7 баллов, в южной части города – в 7 баллов; M=4,5; а H=7–8 км. Эпицентр Лучобского землетрясения располагался к северо-западу от города Душанбе. Его плейстоценовая область имеет форму овала, длинная ось которого вытянута субширотно с юго-запада на северо-восток на 20 км. Сила толчка составила 5-6 баллов; M=4,5; H=10 км.

Эпицентральные зоны землетрясений Душанбинской агломерации сравнительно невелики – от 3 до 20 км, ширина 2–5 км. Землетрясения этой группы образуют полосу, вытянутую с юго-запада на северо-восток. Очаги их располагались на сравнительно небольшой глубине и были, вероятно, приурочены к разрывам, находящимся под мощной толщей отложенных мезозоя-кайнозоя, в теле складчатого фундамента. Имеющиеся сведения дают основание полагать, что интенсивность сейсмических толчков, возникающих непосредственно в Гиссарской впадине, не будет превышать 7 баллов. Быстрый рост Душанбе, новые типы возводимых зданий и сооружений вызвали необходимость составления карты сейсмического микрорайонирования города.

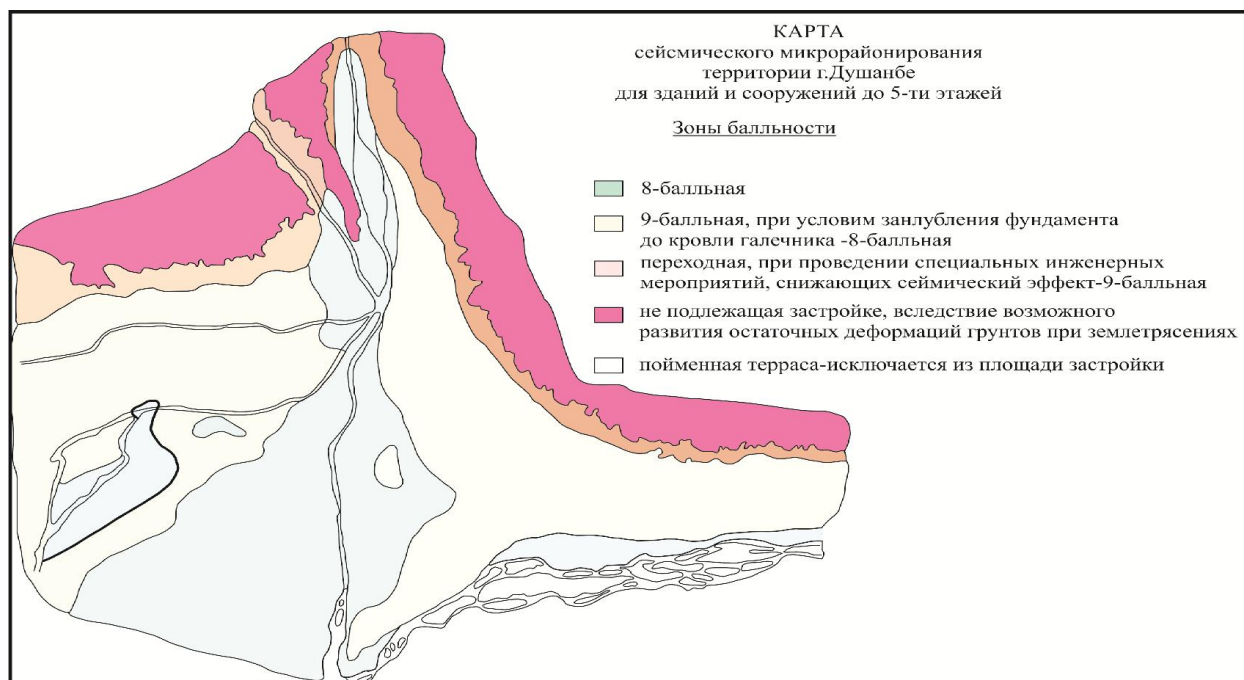


Рис. 1. Карта сейсмического микрорайонирования территории г. Душанбе для зданий и сооружений до 5-ти этажей.

Для снижения сейсмического риска, обеспечения безопасности зданий и сооружений необходимо изучение закономерностей сейсмических проявлений. Сейсмические особенности грунтов города Душанбе заключаются в следующем:

Грунты, слагающие территории города Душанбе, представлены двумя разновидностями. Это гравийно-галечниковые отложения значительной ( $H=10$  м) мощности с крупно или среднезернистым песчаным заполнителем и 20-30% включения отдельных валунов. Граница грунтовых вод колеблется в них от одного до первых десятков метров. Высокие прочностные свойства этих грунтов обеспечивают малую деформативность оснований, возводимых на них зданий и сооружений и, как следствие этого, отсутствие в над фундаментных конструкциях «начальных» деформаций и напряжений. Как показали инструментальные наблюдения, колебания поверхности обводненных галечников при слабых землетрясениях пренебрежимо мало отличается от колебания поверхности сухих. Многочисленные описания сильных землетрясений также указывают на отсутствие разницы между интенсивностью сотрясений на обводненных и сухих галечниках. Последнее служит основанием для включения участков территории города Душанбе, сложенных сухими и обводненными гравийно-галечниковыми грунтами в одну 8-балльную зону.

Вторая категория грунтов, представлена на территории города – макропористыми лессами и лессовидными суглинками. Эти рыхлые грунты, обладающие к тому же просадочными свойствами. В

сухом состоянии они обладают достаточно высокой несущей способностью, однако при увлажнении она резко падает.

Возможные величины деформаций на лессовых грунтах определяются нагрузками на них от зданий и сооружений и деформативными (прочностными) характеристиками грунта (первые определяются через вторые). Достоверность определения прочностных характеристик грунта и особенно прогноз их изменения представляют значительные трудности, что приводит к расхождениям между фактическими и расчетными величинами деформаций. Например, при застройке городских территорий влажность лессовых грунтов повышается от естественной (8-16%) до близкой к максимальной молекулярной влажностью (15-20%).

Перечисленные причины привели к тому, что в настоящее время в город Душанбе на участках, сложенных лессовидными грунтами, имеется большое число зданий и сооружений, чьи фундаментные конструкции в разной степени деформированы вследствие неравномерных просадок оснований. Их возникновению способствовало отсутствие жесткого заземления фундаментов. Поскольку влажные лессовидные грунты весьма чувствительны к динамическим воздействиям (27), вибрация от транспорта и слабых землетрясений значительно ускоряют течение процесса неравномерных просадок.

Таким образом, возведенные на лессовых грунтах здания и сооружения в город Душанбе уже подготовлены к сильным повреждениям даже от землетрясений сравнительно небольшой интенсивности (7

баллов). Последние представляют особую опасность, т.к. если к увлажненному лессовому грунту одновременно с вертикальной нагрузкой прикладывается сдвигающее усилие, то просадка существенно возрастает и может иметь провальный характер.

Учитывая, что при более сильном землетрясении будут наблюдаться массовые нарушения водоводных и канализационных сетей, чему, как показал опыт, способствует отсутствие жесткого защемления фундаментов зданий и сооружений, на участках города, сложенных лессовыми грунтами, при землетря-

сениях более 7 баллов, следует ожидать интенсивного развития дополнительных просадочных явлений и, как следствие этого, значительных повреждений зданий и сооружений [1-5].

Очевидно, что механическое увеличение балльности участков территории города Душанбе, сложенных лессовидными грунтами (увеличение коэффициента  $K_c$ ) не является решением проблемы. По нашему мнению, при проектировании зданий и сооружений должны заглубляться до кровли подстилающих галечников.

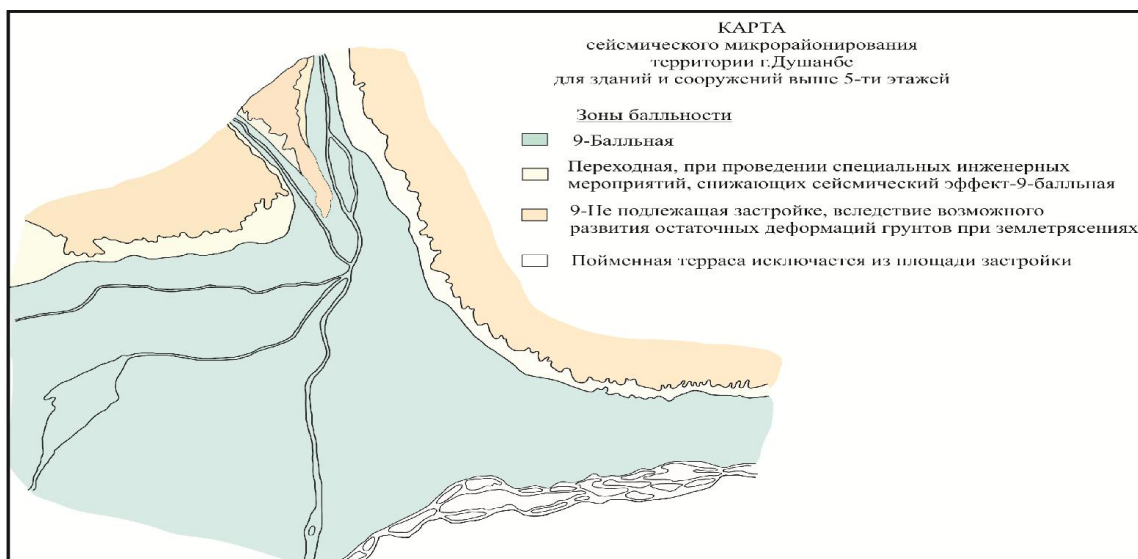


Рис. 2. Карта сейсмического микрорайонирования территории г. Душанбе для зданий и сооружений выше 5-ти этажей.

Ощутимые землетрясения на территории города по макросейсмическим исследованиям показали, что очаги находятся на расстоянии от 10 до 300 км; при большинстве землетрясений сила сотрясения в юго-западной части города обычно бывает на 0,5-1,5 балла меньше по сравнению с левобережной равниной, сложенной лессовыми породами, частью города; на лессовых грунтах, слагающих холмистую, адырную часть города, вблизи уступов террас происходит возрастание интенсивности землетрясения на 0,5-1 балла по сравнению с лессовой равниной частью города; разные глубины залегания уровня грунтовых вод в аллювиальных галечниках левобережья города не оказывают заметного влияния на изменения сейсмической интенсивности землетрясения.

#### Литература:

1. Бабаев А.М., Кошлаков Г.В., Мирзоев К.М. Сейсмическое районирование Таджикистана: Объясн. зап./ Д.: Дониш, 1978. - 68 с.
2. Валиев Ш.Ф. Инженерно-хозяйственная трансформация кровли литосферы Таджикистана. Душанбе: Сино, 2014. - В.15. - 216 с.
3. Валиев Ш.Ф., Ниёзов М.А., Одинаев Ш.Х. Крупные инженерные сооружения Таджикистана и связанные с ним вероятные геоопасности и геориски / Мат-лы межд. конф. "Дистанционные и наземные исслед. Земли в Центральной Азии", посвященная 10-летию ЦАИИЗ. Б., Кыргызстан 8-9.09.2014. С.136-137.
4. Валиев Ш.Ф., Усупаев Ш.Э. О трансформации литосферы георисками в Таджикистане / Современные техника и технологии в научных исследованиях/ Материалы докладов VII Международной конференции молодых ученых и студентов. г. Бишкек, 25-26 марта 2015 г. Б., 2015. - С. 22-27.
5. Чедия О.К. Юг Средней Азии в новейшую эпоху горообразования. Ф.: Илим, 1971. - 321 с.

Рецензент: к.г.-м.н., доцент Файзиев Ф.