

УДК 556.5:551.3

Оролбаева Лидия Эргешевна

доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
Кыргызский горно-металлургический институт
им. У. Асаналиева,
пр. Чуй 215, Бишкек,
Кыргызская Республика, 720001
e-mail: orolbaeval@mail.ru

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ГЕОГИДРОСИНЕРГЕТИКИ
ТЯНЬ-ШАНЯ И ПАМИРО-АЛАЯ***Аннотация:*

Сложная орография территории Тянь-Шаня, геодинамически неустойчивая среда определяют формирование таких природных процессов, как оползни, землетрясения, селевые потоки, наводнения и паводки. Отвалы и хвостохранилища предприятий горнодобывающей промышленности, размещенные в руслах и поймах селе- и оползнеопасных рек существенно усложняют проявление опасных природных процессов и ухудшают экологическую ситуацию. Это определяет необходимость изучения факторов и условий формирования этих процессов, выявления закономерностей их проявления и взаимосвязи, а также изучения природы спусковых механизмов, приводящих к возникновению синергетических эффектов. В статье рассмотрены природные условия и факторы формирования опасных природных процессов и явлений Тянь-Шаня и Памиро-Алая, дана характеристика природных и техногенных факторов. Проанализированы и типизированы геориски с синергетическим эффектом, проявляющиеся с наибольшей частотой в бассейнах горных рек. Описано формирование селей с проявлением синергетического эффекта и формированием каскада опасных процессов. Описаны геогидросинергетические эффекты при формировании опасных природных процессов и явлений Тянь-Шаня и Памиро-Алая. В качестве примеров формирования опасных процессов рассматриваются Ош-Красуйский Оазис, бассейны рек Ала-Арча и Майлуу-Суу с типичными для большинства бассейнов горных рек природными условиями, активностью опасных природных процессов, а бассейн р. Майлуу-Суу с наложением техногенных факторов – наличием радиоактивных отвалов и хвостохранилищ. Для бассейна р. Ала-Арча рассмотрено проявление синергетического эффекта и формирование каскада опасных процессов при различных пусковых событиях. Для обоснования прогноза проявления синергетических эффектов при формировании георисков в бассейнах горных рек необходимо оценить существующую взаимосвязь между опасными природными и техногенными процессами, опреде-

DOI: 10.25635/2313-1586.2023.03.090

Orolbaeva Lidia E.

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Professor,
Kyrgyz Mining and Metallurgical Institute
n.a. U. Asanaliev,
Kyrgyz Republik, 720001 Bishkek,
215 Chui Av.
e-mail: orolbaeval@mail.ru

**ECOLOGICAL ASPECTS
OF GEOHYDROSYNERGETICS
OF TIEN SHAN AND PAMIR-ALAY***Abstract:*

The complex orography of the Tien-Shan territory and geo-dynamically unstable environment determine the formation of such natural processes as landslides, earthquakes, mudflows and floods. Mine dumps and tailings of enterprises placed in the river floodplains susceptible to landslides and mudflows contribute to ecological vulnerability of the territories. These issues require revealing the factors of occurrence and conditions of the formation of these processes, to identify the patterns of their manifestation and interrelation, as well as studying the nature of trigger mechanisms resulting in the development of synergetic effects.

The article considers natural conditions and factors of formation of dangerous natural processes and phenomena of the Tien Shan and Pamir-Alay, characterizes natural and technogenic factors. It analyzes and typifies geological risks with a synergetic effect, which are manifested with the greatest frequency in the basins of mountain rivers. We describe the formation of mudflows with the manifestation of a synergetic effect and the formation of a cascade of dangerous processes. We describe geohydrosynergetic effects in the formation of dangerous natural processes and phenomena of the Tien Shan and Pamir-Alai. As examples of the formation of hazardous processes, there are considered: the Osh-Krasuy Oasis, the basins of the Ala-Archa and Mailuu-Suu rivers with natural conditions typical for most mountain river basins, the activity of hazardous natural processes, and the Mailuu-Suu river basin with the imposition of technological factors – the presence of radioactive waste and tailings dumps. For the basin of the Ala-Archa river, the manifestation of the synergetic effect and the formation of a cascade of dangerous processes under various triggering events are considered. To substantiate the forecast of the manifestation of synergetic effects in the formation of geological risks in mountain river basins, it is necessary to assess the existing relationship between dangerous natural and man-made processes, to determine the likely triggering mechanisms, their nature and the probability of triggering in space and time. The fundamentals and methodology of geohydrosynergetics as the scientific direc-

лить вероятные пусковые механизмы, их природу и вероятность срабатывания в пространстве и времени. Рассмотрены основы и методология геогидросинергетики научного направления, ориентированного на изучение проявления синергетических эффектов, связанных с изменением подземных и поверхностных вод. Приведена карта геогидросинергетического районирования территории Кыргызстана.

Ключевые слова: потоки подземных вод, синергетика, геогидросинергетика опасных процессов и явлений, геогидросинергетическое районирование.

tion focused on the study of the manifestation of synergetic effects associated with the change of groundwater and surface waters are considered. The map of geohydrosynergetic zoning of the territory of Kyrgyzstan is given.

Key words: groundwater flow, synergetic, geohydrosynergetic of hazardous natural processes, geohydrosynergetic zoning.

Введение

В горных странах все компоненты этой весьма сложной геосистемы находятся в теснейшей взаимосвязи, обуславливающей как взаимное развитие, так и деградацию. Любые изменения, происходящие в геологической среде и экосистемах горных стран, имеющие природный или антропогенный характер, влекут за собой изменения геосистемы в целом и наоборот. В свою очередь техногенные изменения горных экосистем влекут за собой изменения микроклиматов, количества выпадающих осадков и, соответственно, вызывают изменения поверхностного и подземного стока.

Типичными горными странами являются Тянь-Шань и Памиро-Алай. В их гидрологических бассейнах выделяются артезианские бассейны межгорных и внутригорных впадин и гидрогеологические массивы [1, 2].

В пределах межгорных бассейнов полностью заканчиваются все гидродинамические процессы, составляя единый цикл: формирование, накопление, движение и разгрузку подземных вод. Однако сам гидродинамический процесс здесь очень сложный. В последние десятилетия, с возрастанием техногенной нагрузки и проявлением негативных георисков водного характера все большую актуальность приобретают исследования гидродинамических процессов в горных странах, их природные и техногенные связи. Понимание синергетического характера гидродинамики горных стран позволит прогнозировать и принимать предупредительные меры от негативных последствий.

Теория, материалы и методы исследования

Результаты исследований трансформации гидросферы Тянь-Шаня и Памиро-Алая показывают, что они определяются комплексом взаимосвязанных природных и техногенных факторов (табл. 1).

Таблица 1

Факторы, влияющие на трансформацию гидрогеосферы

Естественные факторы	Техногенные факторы
Физико-географические	Разработка месторождений и формирование оттоков горнорудного производства
Изменение климата	Водохранилища, ирригация
Геолого-структурные	Регулирование речного стока
Эндогенные и экзогенные процессы	Отбор подземных вод
Физико-химические процессы	Прессинг горных экосистем
Биохимические процессы	

На трансформацию гидросферы в большей степени влияют подземная и открытая добыча полезных ископаемых, отбор подземных вод для питьевого и промышленного водоснабжения, водохранилища и ирригация [3 – 5].

Трансформациям гидросферы способствуют изменения горных ледниковых и лесных экосистем. Вызванная совокупными воздействиями природных и техногенных факторов, она приводит к существенному росту георисков.

При трансформации гидросферы формируются геориски водного характера, и зачастую с серьезными экологическими последствиями. Все они имеют некоторые общие закономерности в их проявлении:

- определенную пространственную приуроченность;
- повторяемость опасных природных процессов;
- синергизм процессов.

Пространственная приуроченность опасных природных процессов определяется геоморфологическими, геолого-гидрогеологическими особенностями конкретной территории, историей ее геологического развития, климатическими, гидрологическими условиями и их изменениями, техногенным воздействием.

Повторяемость опасных природных процессов связана, как правило, с сезонностью и определенными временными интервалами их проявления.

Синергизм опасных процессов проявляется в их взаимосвязи и усилении негативных воздействий, когда одно экстремальное явление активизирует другое, а возможно, и целый ряд каскадных процессов, оказывая тем самым мультипликативный негативный эффект [6 – 10].

Геориски водного характера имеют разные по времени их проявлений скорости протекания: мгновенные и кратковременные (землетрясения, обвалы, оползни, лавины, сели, паводки) и медленные (подтопления, засоления, солифлюкция, современные движения).

Внезапные опасные природные процессы непродолжительного действия проявляются в высокогорье и среднегорье, приурочены к гидрогеологическим массивам и связаны с поверхностными водами (высокогорными прорывоопасными озерами, реками и временными водотоками), режим которых зависит от климатических факторов, температуры, количества и видов осадков, состояния экосистем.

Опасные процессы и явления развиваются длительно и проявляются постепенно, как правило, на наиболее освоенных и густонаселенных равнинных территориях.

Результаты исследования и их обсуждение

В силу особенностей сложного горного рельефа на территории Тянь-Шаня и Памиро-Алая высока вероятность формирования цепных многоступенчатых, синергетических процессов.

Здесь наиболее часты сели различного генезиса и оползни пояса зарождения снегово-дождевых селей, образующихся от интенсивного снеготаяния и дождей.

В зоне распространения опасных процессов могут быть химически или радиационно-опасные хвостохранилища и отходы предприятий горнодобывающей промышленности, что может способствовать возникновению региональной экологической катастрофы, с трансграничным загрязнением (рис. 1).



Рис. 1. Опасные процессы и явления с синергетическим эффектом

На рис. 1а видно, что синергетичность, ее интенсивность и мощность возрастают с повышением области формирования селе-паводковых процессов.

Как показывает анализ, в пределах гидрогеологических массивов, в связи с изменением поверхностных вод происходит формирование каскадных опасных процессов и явлений, имеющих синергетический характер. При этом в пределах высотных интервалов от 2000 до 4000 м и выше формируются многоступенчатые опасные процессы.

В пределах высотных интервалов от 2000 до 1200 м формируются двух- трехступенчатые процессы, включающие оползни, сели, береговую эрозию.

Опасные процессы и явления, развивающиеся длительно и проявляющиеся постепенно, формируются в предгорье и на равнинных территориях, низкогорных (в пределах высот от 800 м и ниже) и среднегорных впадин (ниже 1800 м). Они связаны преимущественно с техногенными трансформациями структуры потоков подземных вод межгорных бассейнов. В результате техногенного воздействия, качественно и количественно изменяются питание и разгрузка подземных вод, их взаимосвязь с поверхностными водами, создаются условия затрудненного оттока и подпора за счет водоупорных экранов, снижается отбор подземных вод, увеличивается забор речных вод. Длительные опасные процессы имеют также многоступенчатый характер (рис. 1б).

Основными типами потоков, структуры которых претерпевают существенные трансформации в пределах Тянь-Шаня и Памиро-Алая являются потоки подземных вод речных долин, потоки предгорного типа (предгорных шлейфов, подгорных шлейфов и подгорных равнин), междуречные (водораздельные) потоки.

Потоки в речных долинах в большей степени трансформируются от техногенного воздействия на речные экосистемы и поверхностный сток, тогда как потоки предгорного типа и междуречий – подземный. Подъем уровня грунтовых вод территорий распространения потоков в речных долинах и водораздельных потоков, связанный с техногенными факторами, вызывает заболачивание и засоление сельскохозяйственных угодий и подтопление населенных пунктов. На подтопленных территориях происходит изменение прочностных свойств грунтов, их деформация, что способствует осадкам, просадкам, разрушению зданий и коммуникаций, возникает эффект приращения сейсмической балльности и повышается сейсмическая опасность.

Подтопление, связанное с подъемом уровня грунтовых вод, является одним из самых распространенных георисков на равнинных, наиболее пригодных и благоприятных для проживания и развития земледелия территориях Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Развитию подтопления, засоления и просадок благоприятствуют геолого-структурные, литологические особенности территорий, водохранилища, сеть ирригационных каналов с низким КПД, инженерные сооружения, изменившие движение потока подземных вод, к естественной дрене, вызвавшие подпор [9].

Изменения структуры потоков подземных вод, повышение их уровня и изменения баланса возникают на равнинных орошаемых территориях, где в результате структурных изменений в сельском хозяйстве прекращено использование подземных вод для орошения и не функционируют коллекторно-дренажные сети. Поэтому подъем уровня подземных вод происходит постоянно, увеличивая площадь заболоченных и засоленных территорий и их сейсмичность. Особенно это касается территорий, приуроченных к водохранилищам.

Выполняя важную роль в тектонических и сейсмических процессах, подземные воды являются фактором, ухудшающим сейсмические условия территории, они оказывают влияние на скорости распространения продольных и поперечных упругих волн и сейсмическую жесткость горных пород и грунтов.

Исследованиями ученых различных стран выяснены следующие моменты:

- наполнение водохранилищ усиливает общую сейсмичность района;
- возбужденные землетрясения проявляются в условиях определенного геологического строения территории;

- существует корреляционная связь между изменениями уровня и сейсмичностью, что характерно не только для крупных, но и небольших водохранилищ [11].

Процессами подтопления охвачены наиболее пригодные и благоприятные для проживания и развития земледелия равнинные и предгорные территории межгорных бассейнов.

Примером площадного подтопления территорий может служить прибрежная зона Кировского водохранилища и подтопление Ош-Карасуйского оазиса, северной окраины г. Токмок, территория с. Сакалды в Ноокенском районе [9, 12]. Здесь процессы подтопления существенно активизировались в последнее время, и связаны они с несколькими факторами. В числе этих факторов планировка территории при сельскохозяйственном освоении, уничтожение естественных дренажей, естественной пойменной растительности и дальнейшее возделывание влагоемких культур с использованием бороздочного способа полива, ликвидированные для увеличения посевных площадей и приусадебных участков дренажи, что привело к существенному подъему уровня грунтовых вод, подтоплению, увеличению сейсмической балльности.

Просадки на территории Тянь-Шаня и Памиро-Алая распространены в межгорных впадинах, предгорных равнинах, отмечаются в водораздельных областях древних и современных ледниково-мерзлотных ландшафтов. Проявления этих процессов приурочены к зонам распространения лессовых формаций, представленных разновозрастными толщами грунтов от суглинков до супесей. Развитию просадочных процессов в зонах распространения лессовых грунтов, под воздействием поверхностных и подземных вод способствует подъем грунтовых вод, как правило, эти процессы проявляются и на подтопленных территориях (г. Ош, Бишкек и др.).

Таким образом, при трансформации наземной и подземной гидросферы в пределах как гидрогеологических массивов, так и территории артезианских бассейнов высока вероятность формирования цепных многоступенчатых, так называемых синергетических процессов, когда одно опасное природное или техногенное явление, связанное с изменением состояния подземных или поверхностных вод, вызывает целую цепочку других. Совместное, синергетическое их действие приводит к существенному возрастанию опасности природных и техногенных процессов, имеющих негативные экологические последствия. В связи с этим перспективна интеграция идей синергетики в гидрогеологию и инженерную геологию в самом широком плане и выделение геогидросинергетики в качестве научного направления, ориентированного на изучение формирования опасных природных и техногенных процессов, связанных с изменением подземных и поверхностных вод [2, 9].

Геогидросинергетика изучает интегрированные связи трансформации наземной и подземной гидросферы горных геосистем и георисков.

Основы предлагаемого автором перспективного нового научного направления геогидросинергетики представлены следующими методологиями комплексных исследований и методами:

- региональной оценкой формирования геогидросинергетических процессов;
- изучением формирования естественного и нарушенного режима подземных и поверхностных вод в зонах формирования гидрогеосинергетических процессов;
- методикой прогнозной оценки геогидросинергетических процессов, включающей методы моделирования;
- мониторингом подземных вод и синергетических процессов.

Автором впервые составлена карта геогидросинергетического зонирования Кыргызского Тянь-Шаня и Памиро-Алая георисками водного характера (рис. 2).

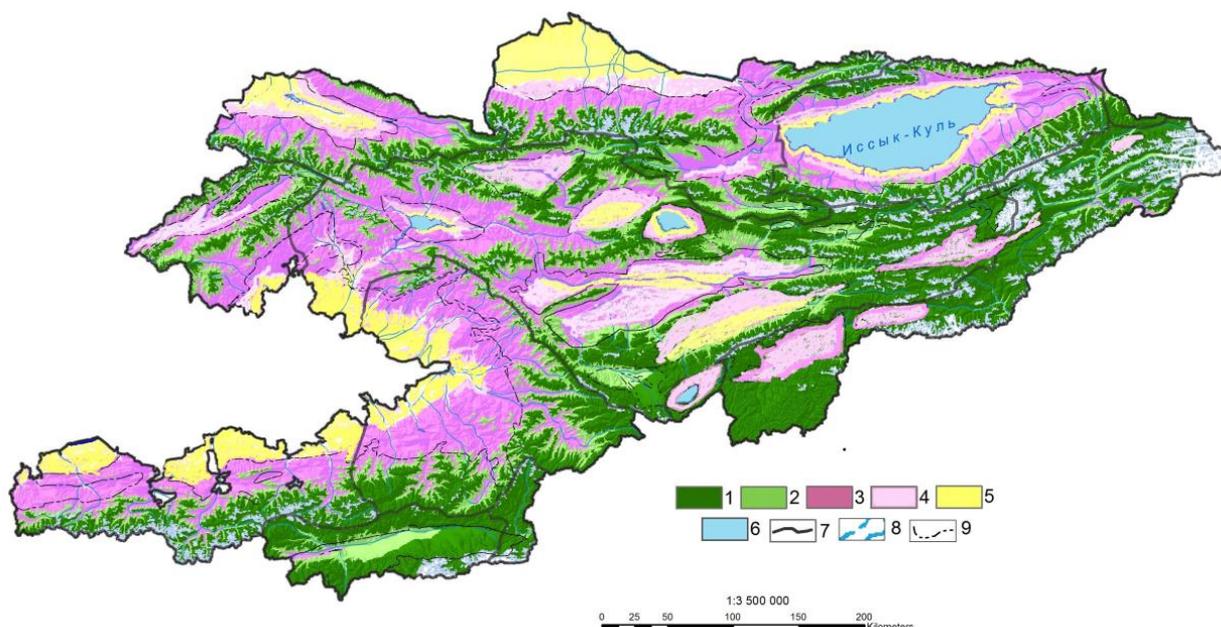


Рис. 2. Карта геогидросинергетического районирования территории Кыргызской Республики (Оролбаева Л.Э. 2017)

Опасные процессы и явления внезапного действия: 1 – зона формирования экстремальных пусковых явлений геогидросинергетических процессов в пределах нивального пояса; 2 – зона формирования многоступенчатых процессов в гидрогеологических массивах, связанных с поверхностными водами и деградацией экосистем; 3 – зона формирования 2-3 ступенчатых процессов в гидрогеологических массивах, связанных с поверхностными и подземными водами, деградацией экосистем. *Опасные процессы и явления, развивающиеся длительно и проявляющиеся постепенно:* 4 – зона формирования 2-3 ступенчатых процессов, связанных с изменением поверхностных вод, потоков подземных вод предгорного типа и деградацией экосистем; 5 – зона формирования 2 ступенчатых процессов, связанных с изменением потоков подземных вод водораздельного типа и речных долин; 6 – озера, водохранилища; 7 – реки

Заключение

Под действием природных и техногенных процессов на территории Тянь-Шаня и Памиро-Алая происходит трансформация геофильтрации. Подъем уровня грунтовых вод, который обусловил увеличение площадей подтопления и заболачивание территорий, как результат изменения состояния наземной и подземной гидросферы, сыграет отрицательную, усугубляющую роль для населенных территорий, находящихся в зоне высокого стояния грунтовых вод, во время землетрясения, отвечающего высокой балльности. Последствия будут худшими, чем это было бы при большей глубине залегания подземных вод.

Для обоснования предупредительных мер негативных экологических последствий, связанных с изменением подземных и поверхностных вод, снижения уязвимости населения, разработки рекомендаций для устойчивого землепользования, необходим комплексный подход с учетом представлений геогидросинергетики.

Список литературы

1. Оролбаева Л.Э., 2013. *Геогидрология горных стран (на примере Тянь-Шаня и Памиро-Алая)*. Бишкек: «Текник», 185 с.
2. Оролбаева Л.Э., 2018. Техногенные трансформации гидрогеосферы Кыргызской Республики. *Известия УГГУ, Екатеринбург*, № 4, С. 67 – 71.

3. *Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики*. Бишкек: МЧС КР, 2015, 718 с.
4. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г., 2009. *Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана*. Бишкек: Илим, 193 с.
5. Злобина В.Л., Медовар Ю.А., Юшманов И.О., 2017. *Трансформация состава и свойств подземных вод при изменении окружающей среды*. Москва: Мир науки. URL: <http://izd-mn.com/PDF/21MNNPM17.pdf> (дата обращения 12.06.2023)
6. Оролбаева Л.Э., Мелешко А.А., 2016. Синергетические эффекты при формировании георисков в бассейнах горных рек Тянь-Шаня. *Известия УГГУ*, Екатеринбург, Выпуск 3(43), С. 20 – 24.
7. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю., 2001. *Самоорганизация минеральных систем. Синергетические принципы геологических исследований*. Москва: ГЕОС, 312 с.
8. Хачай О.А., 2015. Решение проблем геодинамики с позиции геосинергетики. *Вестник КРСУ*, Том 15, № 3, С. 150 – 154.
9. Назришоев Х.А., 2006. Синергетические эффекты наводнения и сели на Западном Памире и стратегия безопасного строительства. *Тез. докл. Междунар. семинар. «Сели и наводнения: Стратегия безопасного строительства и сокращения риска стихийных бедствий» в рамках проекта UN/ISDR «Продвижение Стратегии Безопасного Строительства. Образовательная Сеть для Центральной Азии»*, Алматы, С. 63 – 68.
10. Оролбаева Л.Э., 2017. Геогидросинергетические эффекты при формировании опасных природных процессов. *Электронный журнал ВАК КР Научные исследования в Кыргызской Республике*, № 2, С. 4 – 11.
11. Летников Ф.А., 1992. *Синергетика геологических систем*. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 231 с.
12. Рященко Т., Ташлыкова Т., 2015. Возбужденная сейсмичность при создании водохранилищ: анализ первых фактов и возможных причин. *Инженерная защита*, Вып. № 11, С. 37 – 48.
13. Дудашвили А.С., Усупаев Ш.Э., 2014. Инженерно-геономический метод картирования георисков от подтопления на примере территории Ош-Карасуйского оазиса. *Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова*, № 33., С. 425 – 428.

References

1. Orolbaeva L.E., 2013. Geogidrologiya gornyykh stran (na primere Tyan'-Shanya i Pamiro-Alaya) [Geohydrology of mountainous countries (on the example of the Tien Shan and Pamir-Alai)]. Bishkek: "Teknik", 185 p.
2. Orolbaeva L.E., 2018. Tekhnogennyye transformatsii gidrogeosfery Kyrgyzskoi Respubliki. [Technogenic transformations of the hydrogeosphere of the Kyrgyz Republic]. *Izvestiya UGGU*, Ekaterinburg, № 4, P. 67 – 71.
3. Monitoring, prognozirovanie opasnykh protsessov i yavlenii na territorii Kyrgyzskoi Respubliki [Monitoring and forecasting of hazardous processes and phenomena on the territory of the Kyrgyz Republic]. Bishkek: MChS KR, 2015, 718 p.
4. Torgoev I.A., Aleshin Yu.G., 2009. Ekologiya gornopromyshlennogo kompleksa Kyrgyzstana [Ecology of the mining complex of Kyrgyzstan]. Bishkek: Ilim, 193 p.
5. Zlobina V.L., Medovar Yu.A., Yushmanov I.O., 2017. Transformatsiya sostava i svoystv podzemnykh vod pri izmenenii okruzhayushchei sredy [Transformation of the composition and properties of groundwater during environment changes]. Moscow: Mir nauki. URL: <http://izd-mn.com/PDF/21MNNPM17.pdf> (data obrashcheniya 12.06.2023)
6. Orolbaeva L.E., Meleshko A.A., 2016. Sinergeticheskie efekty pri formirovanii georiskov v basseynakh gornyykh rek Tyan'-Shanya [Synergetic effects in the formation of geological risks in the basins of mountain rivers of the Tien Shan]. *Izvestiya UGGU*, Ekaterinburg, Vypusk 3(43), P. 20 – 24.

7. Goryainov P.M., Ivanyuk G.Yu., 2001. Samoorganizatsiya mineral'nykh sistem. Sinergeticheskie printsipy geologicheskikh issledovaniy [Self-organization of mineral systems]. Moscow: GEOS, 312 p.
8. Khachai O.A., 2015. Reshenie problem geodinamiki s pozitsii geosinergetiki [Solving geodynamic problems from the perspective of geosynergetics]. Vestnik KRSU, Vol. 15, № 3, P. 150 – 154.
9. Nazrishoev Kh.A., 2006. Sinergeticheskie efekty navodneniya i seli na Zapadnom Pamire i strategiya bezopasnogo stroitel'stva [Synergetic effects of flooding and mudslides in the Western Pamirs and the strategy of safe construction]. Tez. dokl. Mezhdunar. seminar. "Seli i navodneniya: Strategiya bezopasnogo stroitel'stva i sokrashcheniya riska stikhiinykh bedstviy v ramkakh proekta UN/ISDR "Prodvizhenie Strategii Bezopasnogo Stroitel'stva. Obrazovatel'naya Set' dlya Tsentral'noi Azii", Almaty, P. 63 – 68.
10. Orolbaeva L.E., 2017. Geogidrosinergeticheskie efekty pri formirovaniy opasnykh prirodnykh protsessov [Geohydrosynergetic effects in the formation of hazardous natural processes]. Elektronnyi zhurnal VAK KR Nauchnye issledovaniya v Kyrgyzskoi Respublike, № 2, P. 4 – 11.
11. Letnikov F.A., 1992. Sinergetika geologicheskikh system [Synergetics of geological systems]. Novosibirsk: Nauka. Sibirskoe otdelenie, 231 p.
12. Ryashchenko T., Tashlykova T., 2015. Vozbuzhdennaya seismichnost' pri sozdanii vodokhranilishch: analiz pervykh faktov i vozmozhnykh prichin [Excited seismicity in the creation of reservoirs: analysis of the first facts and possible causes]. Inzhenernaya zashchita, Vyp. № 11, P. 37 – 48.
13. Dudashvili A.S., Usupaev Sh.E., 2014. Inzhenerno-geonimicheskii metod kartirovaniya georiskov ot podtopleniya na primere territorii Osh-Karasuiskogo oazisa [Engineering and geonomic method of mapping geological risks of flooding on the example of the territory of the Osh-Karasu Oasis]. Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. Razzakova, № 33., P. 425 – 428.