

РАЗДЕЛ III. МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. [MATHEMATICS. MATHEMATICAL MODELING]

УДК: 911.6(502.313)

DOI: 10.24412/2658-4441-2022-4-94-100

С.А. ЧУПИКОВА, ТМ. ОЙДУП

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ АГРАРНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ (РЕСПУБЛИКА ТЫВА)

В работе представлен анализ природных рисков и опасностей, возникающих при ведении сельскохозяйственной деятельности в муниципальных образованиях Республики Тыва. Подготовлен ГИС-проект, реализовано наполнение атрибутивных таблиц данными и сведениями с их количественной характеристикой. Обработка полученной информации показала, что большинство стихийных бедствий происходило в результате пожаров, половодья, сильного ветра и жары. Результаты анализа показывают, что большинство чрезвычайных ситуаций происходит в весенне-летний период (до 70%), а наименьшее — зимой (около 10%).

Ключевые слова: оценка рисков, аграрное природопользование, ГИС-технологии.

Рис. 2. Табл. 1. Библ. 10 назв. С. 94–100.

*Работа выполнена по государственному заданию ТувИКОПП СО РАН:
Проекты FUF5-2021-0001, № 121031300230-2*

S.A. CHUPIKOVA, T.M. OYDUP

Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia) **ANALYSIS OF NATURAL HAZARDS WITHIN AGRARIAN NATURAL RESOURCES USE IN GEOINFORMATION ENVIRONMENT (The REPUBLIC OF TYVA)**

The paper presents the analysis results of risks and hazards in agrarian activities within the municipalities of the Republic of Tyva. The GIS project is carried out and the attribute tables with information on quantity is given. The analysis of the information shows that the most natural hazards occurred as a result of fires, floods, strong winds, and heat. The analysis results demonstrate that the majority of emergencies occur in spring-summer period (up to 70% of all emergencies), and the least — in winter (about 10%)

Keywords: risk measurement, agrarian natural resources use, GIS-technologies.

Figures 1. Table 1. References 10. P. 94–100.

ВВЕДЕНИЕ. Одним из важнейших аспектов обеспечения продовольственной безопасности страны является формирование устойчивого процесса аграрного природополь-

зования (АП). В предлагаемой работе мы придерживаемся точки зрения на АП как совокупность способов и методов использования земельных ресурсов с целью получения сельскохозяйственной продукции, воспроизводства территориальной общности людей, охраны и воспроизводства природной среды (Намжилова, Тулохонова, 2000; Дудник, Безруких, 2009).

Ввиду того, что АП тесно связано с использованием земельных ресурсов для получения сельскохозяйственной продукции, существует проблема определения и оценки негативных природно-климатических факторов, приводящих к отрицательным последствиям и ущербу при ведении сельского хозяйства. Особую актуальность и значимость приобретает изучение факторов, влияющих на развитие АП в условиях резко меняющегося климата, что приводит к увеличению частоты и интенсивности проявления природных опасностей во многих регионах России, в т. ч. и в Республике Тыва.

В научной литературе отрицательные природно-климатические факторы подразделяются на две основные группы: опасные и неблагоприятные явления, различающиеся по степени ущерба экономике и населению (Соколов, 2018). Согласно информации Росгидромета опасные природные явления (ОЯ) — это гидрометеорологические явления, которые по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения могут представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также способны наносить значительный материальный ущерб (Положение...: эл. ресурс). Неблагоприятные природно-климатические явления (НЯ) по степени интенсивности не достигают критериев опасности, но значительно затрудняют сельскохозяйственную деятельность, наносят ущерб экономике и населению, но в меньшей степени, чем ОЯ (Перечень...: эл. ресурс).

Цель исследования — провести анализ опасных природных явлений Республики Тыва, определить их влияние на сельскохозяйственное природопользование в геоинформационной среде. Задачи, которые были решены для достижения поставленной цели: во-первых, разработка геоинформационного проекта (ГИС-проекта), во-вторых, заполнение атрибутивных таблиц шейп-файлов данными и сведениями с их количественной характеристикой, в-третьих, составление ряда тематических карт, отражающих как отдельные неблагоприятные явления, так и общую интегральную картину.

Вследствие того, что распространение негативных природных явлений по территории носит неоднородный характер, широкомасштабный пространственный анализ может быть результативно совершён с помощью современных географических методов — технологий геоинформационных систем (ГИС). В работе использовались созданные ранее в ТувИКОПР СО РАН геоинформационные базы данных, опираясь на которые можно реализовать пространственный анализ явлений и процессов, имеющих географическую привязку. Обращение к набору инструментов ГИС при картографической визуализации даёт возможность выводить и анализировать полученные результаты, кроме того, наглядно и комплексно сопоставлять особенности протекания и возникновения опасностей разного происхождения (Мельник и др., 2016). Работа исполнена в программном обеспечении с открытым исходным кодом и приложениями на её базе — Quantum GIS. Заполнение геоинформационной базы требуемой информацией велось на основе данных регионального УГМС, материалов государственных докладов и отчётов Министерства чрезвычайных ситуаций РФ (МЧС РФ), архива МЧС РФ, сведений ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» о неблагоприятных и опасных явлениях, нанёсших социальные и экономические потери на территории России, сайта <http://meteo.ru/> (Федеральная...: эл. ресурс).

В работе были задействованы положения системного подхода, сравнительно-географические, геоинформационно-картографические, статистические методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Республика Тыва (РТ), расположенная в центральной части азиатской территории, характеризуется горным рельефом, резко континентальным климатом, повышенной сейсмической опасностью; при этом в региональном

продукте республики высока доля сельского хозяйства. Следовательно, необходимо анализировать и подвергать мониторингу информацию о рисках ущерба урожая сельскохозяйственных культур, многолетних насаждений (Закон о страховании...: эл. ресурс) в результате воздействия следующих событий: засухи, заморозков, выпревания, градобития, пыльных бурь, ледяной корки, половодья, переувлажнения почвы, сильного ураганного ветра, землетрясения, лавины, прекращения подачи электроэнергии, тепла, воды, вызванного стихийными бедствиями (при страховании культур, возделываемых в защищённом грунте, а также культур, возделываемых на орошаемых землях). Кроме того, необходимо учитывать риски падежа, вынужденного убоя сельскохозяйственных животных в результате воздействия следующих событий: инфекционных заболеваний, стихийных бедствий (удара молнии, землетрясения, бури, урагана, сильной метели, наводнения, обвала, лавины, селя, оползня); прекращения подачи электроэнергии, тепла, воды, спровоцированного стихийными бедствиями. Также важно исследовать информацию о водных и климатических ресурсах показателей.

«На территорию Республики Тыва приходится всего 2 % чрезвычайных ситуаций природного характера, происходящих в Сибирском Федеральном округе, а вероятность перехода опасных природных явлений в состояние ЧС для РТ оценивается авторами в 53,4 %» (Игнатьева, Кнауб, 2020). По материалам массива данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», «Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России» за период с 1991 по 2021 годы, для всех регионов Российской Федерации, на Республику Тыва приходится около 0,72 % возникновений.

Рассмотрим основные риски возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера, преобладающие в муниципальных образованиях РТ. Полученные по каждому кожууну результаты объединены в *таблицу 1*.

Таблица 1. Основные риски возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера на территории Республики Тыва

Чрезвычайные ситуации природного характера			
Геологические	Метеорологические	Гидрологические	Пожары
Землетрясения (8–9 баллов), извержения вулканов, оползни, обвалы, осыпи, лавины, сели, склонный смыв, просадка лёссовых пород и земной поверхности в результате карста, абразия, эрозия, пыльные бури	Бури, ураганы, смерчи, шквалы, вертикальные вихри, крупный град, сильный дождь, снегопад, метель, туман, засуха, суховеи, заморозки	Высокие уровни воды (половодье, дождевые паводки, заторы, зажоры, ветровые нагоны), низкий уровень воды, ранний ледостав и появление льда на судоходных водоёмах и реках, повышение уровня грунтовых вод (подтопление)	Лесные пожары, пожары степных массивов, подземные пожары горючих ископаемых
Муниципальные районы (кожууны) Республики Тыва			
Тоджинский Тере-Хольский Каа-Хемский Пий-Хемский Кызылский Эрзинский Тандинский Чеди-Хольский Барун-Хемчикский Дзун-Хемчикский Овюрский Сут-Хольский Бай-Тайгинский Монгун-Тайгинский	Барун-Хемчикский Дзун-Хемчикский Кызылский Овюрский Сут-Хольский Улуг-Хемский Чаа-Хольский Тес-Хемский Эрзинский Чеди-Хольский Бай-Тайгинский Тоджинский Каа-Хемский Тандинский	Тоджинский Тере-Хольский Каа-Хемский Кызылский Эрзинский Тес-Хемский Тандинский Чеди-Хольский Чаа-Хольский Дзун-Хемчикский Сут-Хольский Бай-Тайгинский	Тоджинский Каа-Хемский Пий-Хемский Кызылский Эрзинский Тес-Хемский Тандинский Чеди-Хольский Барун-Хемчикский Дзун-Хемчикский Овюрский Бай-Тайгинский Монгун-Тайгинский

При анализе рисков аграрного природопользования из комплекса природных факторов выделяют потенциально опасные в сельском хозяйстве. Для выполнения оценки рисков АП используются показатели, характеризующие агроклиматические особенности. К ним относятся длительность беззаморозкового периода, даты наступления последнего весеннего и первого осеннего заморозков, число дней с заморозками, значение минимальной температуры воздуха, относительной влажности, индекс засушливости погоды, суммы активных и эффективных температур, вегетационного периода, повторяемость атмосферных засух и суховеев.

Кроме того, имеют большое значение условия, отражающие сейсмическую активность, развитие овражно-балочной сети и др. Прогрессивное изменение всех этих негативных явлений приводит к снижению уровня плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур, падению продуктивности кормовых угодий, ухудшению качества кормов, возможно — к необратимым изменениям количественного и качественного состава земельных ресурсов, что, в конечном счёте, угрожает продовольственной независимости и национальной безопасности регионов и страны в целом. Ранее нами был сформирован ГИС-проект для исследования природных опасностей, связанных с проявлением сейсмической активности территории Тувы, содержащий исходные данные и результаты их обработки (Чупикова, 2019). Ввиду того, что в основу проекта положен принцип послойной организации информации, к уже имеющимся данным добавлены атрибутивные таблицы по 8-ми метеостанциям, передающим количественную характеристику по 11 опасным и неблагоприятным явлениям, на базе информации, подготовленной специалистами портала «Climate-Energy.ru». Климатические показатели в атрибутивных таблицах представлены ежегодными непрерывными рядами данных по частоте и интенсивности событий за период 2005–2020 гг. для метеостанций Эрзин, Сосновка, Кызыл, Тоора-Хем, Мугур-Аксы и с 2012 по 2020 гг. по метеостанциям Хову-Аксы, Сарыг-Сеп, Чадан. Особенности и структура сформированной геоинформационной базы данных позволяют добавлять и изменять количественные показатели в достаточно оперативном режиме.

В рамках созданного ГИС-проекта возможно проводить комплексный анализ природных опасностей посредством выборки и сопоставления данных из разных атрибутивных таблиц. Это даёт возможность совмещать разнородные показатели опасностей и создавать интегральные тематические карты. Так, напр., на *рисунке 1* представлена карта пространственного распределения некоторых негативных природно-климатических явлений.

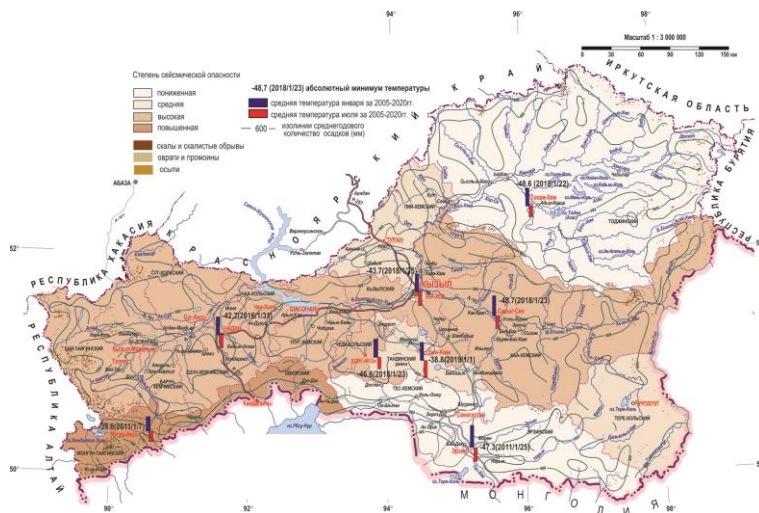


Рисунок 1. Характеристики некоторых негативных природно-климатических явлений на территории Республика Тыва

На карте способом картограмм представлена степень сейсмической опасности по кожуунам, дополнительно выделены территории, подверженные опасным геологическим явлениям (скалы, скалистые обрывы, овраги, промоины, осыпи), которые не могут быть включены в сельскохозяйственное производство. Столбчатые диаграммы отображают средние температуры января и июля за период с 2005 по 2020 гг. Методом автоматизированной интерполяции построены изогипсы для показа среднегодового количества осадков за период наблюдений с 2005 по 2020 гг. На территории республики годовые суммы осадков изменяются в пределах от 200–300 мм до более 1000 мм. В летний период выпадает наибольшее количество осадков — до 70%, в зимний — от 7 до 22%. Наименьшая сумма осадков выпадает в пределах котловин и увеличивается в предгорьях и на склонах гор.

Некоторые агроклиматические показатели, в частности, вегетационные продемонстрированы на рисунке 2. Например, посредством диаграмм представлены показатели, характеризующие среднюю многолетнюю продолжительность безморозкового периода и продолжительность вегетационного периода в 2020 г. Продолжительность безморозочного периода составляет: наименьшая — 176 дней — в Чеди-Хольском кожууне, и до 206 дней — в Кызылском, т. е. диапазон изменчивости составляет около 30 дней. Показатель заморозков воздуха, входящий в группу опасных явлений, является крайне важным, поскольку определяет временные границы посадки многих культур. На карте способом ареалов показана продолжительность вегетационного периода в днях, отражены даты окончания вегетационного периода, которые приходятся на первую декаду сентября в западных районах Монгун-Тайгинском, Барун-Хемчикском, Дзун-Хемчикском, Чеди-Хольском, Тандинском, северном Тоджинском, и последнюю декаду того же месяца для Кызылского, Каа-Хемского и южного Эрзинского кожуунов. Изолиниями представлены средние даты последних весенних заморозков.

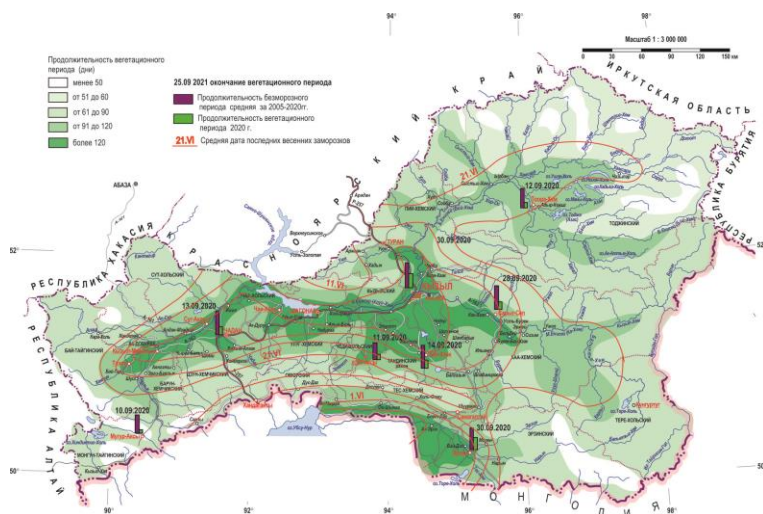


Рисунок 2. Показатели вегетационного периода

Пространственно-временной анализ агроклиматических параметров с использованием ГИС-технологий позволяет охарактеризовать Республику Тыва; как территорию с достаточно высокой степенью проявления опасностей природного характера. Полученные посредством инструментария ГИС наглядные пространственные образы дают возможность оценки территории по степени интенсивности или по частоте проявления каждого неблагоприятного агрометеорологического явления, а также их комплекса.

На основе массива данных ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» «Сведения об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли материальный и социальный ущерб на территории России» произошедших за 1991–2021 гг. и архивных данных МЧС РФ нами сформирована таблица для территории Тувы.

Анализ данных показывает, что большинство стихийных бедствий произошло в результате пожаров, половодья, сильного ветра, жары. Распределение рисков в регионе, связанных с влиянием опасных природных процессов и явлений, характеризуется значительной неравномерностью по временам года.

Результаты исследования показывают, что значительная часть ЧС происходит в весенне-летний период (до 70 % от всех ЧС), а наименьшая — зимой (около 10 %). В мае–августе месяце случается подавляющее большинство ЧС.

Таким образом, анализ пространственно-временного развития негативных природных процессов, оценка рисков аграрного природопользования, прогноз и выработка рекомендаций по предупреждению и устранению последствий, имеют важное значение для устойчивого развития территории. Действительно на основе этих данных необходимо выработать механизм выявления рисков и угроз устойчивости развития аграрного природопользования в условиях Республики Тыва. Применение функционала геоинформационных систем в решении вопросов исследования опасных природных процессов облегчает доступ к большому объёму информации. Также на базе полученной информации и картографического отображения представляется средство мониторинга и контроля развития негативных природных явлений. В дальнейшем планируется добавление информации по урожайности основных сельскохозяйственных культур и выявлению объяснимости влияния негативных процессов на трансформацию структуры земельного фонда и продуктивность земель региона.

*Работа выполнена по государственному заданию ТувИКОПР СО РАН:
Проекты FUF5-2021-0001 и № 121031300230-2.*

ЛИТЕРАТУРА

- Дудник Н.И., Безруких В.А. Аграрное природопользование и его влияние на экономический рост в условиях устойчивого развития региона // Вестн. Тамбовского ун-та. Серия: Естественные и технические науки. – 2009. – Т. 14. – № 2. – С. 403–406.
- Закон о страховании сельскохозяйственных рисков [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://consult34.ru/?p=106/>, свободный.
- Игнатьева А.В., Кнауб Р.В. Природные условия развития чрезвычайных ситуаций на территории Сибирского федерального округа // Геосферные исследования. – 2020. – № 1. – С. 66–77.
- Мельник М.А., Волкова Е.С., Фузелла Т.Ш. ГИС-технологии как эффективный инструмент для оценки негативных природно-климатических факторов, лимитирующих развитие аграрного природопользования // Политематический сетевой электрон. научн. журн. КубГАУ [Электрон. ресурс]. – 2016. – № 124. – С. 650–661. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/10/pdf/40.pdf>, свободный.
- Намжилова Л.Г., Тулохонова А.К. Эволюция аграрного природопользования в Забайкалье / Отв. ред. Б.М. Ишмуратов. – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 2000. – 200 с.
- Перечень и критерии опасных природных явлений, действующие на территории деятельности ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteo-ns.ru/pages/115>, свободный (дата обращения: 12.02.2022).
- Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. РД 52.88.699 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://accident.perm.ru/files/docs/articles/52_88_699_2008.pdf, свободный.
- Соколов Ю.И. Риски экстремальных погодных явлений // Проблемы анализа риска. – 2018. – Т. 5. – № 3. – С. 6–21.
- Федеральная служба по гидромониторингу и охране окружающей среды [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjoshhie-ekonomicheskie-poteri>, свободный.

Чупикова С.А. ГИС-технологии для анализа природных опасностей (на примере сейсмической) при оценке рисков природопользования Тувы // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. (23–25.10.2019, Кызыл) / Отв. ред. докт. экон. наук Г.Ф. Балакина. – Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2019. – С. 397–401.

REFERENCES

- Dudnik N.I., Bezrukikh V.A. Agrarnoye prirodopol'zovaniye i yego vliyaniye na ekonomicheskiy rost v usloviyakh ustoychivogo razvitiya regiona [Agrarian nature management and its impact on economic growth within the sustainable development of the region] *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki = Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and technical sciences*, 2009, vol. 14, no. 2, pp. 403–406. (In Russ.)
- Zakon o strakhovanii sel'skokhozyaystvennykh riskov [Insurance of Agricultural Risks Act]. Available at: <http://consult34.ru/?p=106/>. (In Russ.)
- Ignat'yeva A.V., Knaub R.V. Prirodnyye usloviya razvitiya chrezvychaynykh situatsiy na territorii Sibirskogo Federal'nogo Okruga [Environmental conditions for emergency situations occurring on the territory of the Siberian Federal District]. *Geosfernyye issledovaniya = Geospheric Research*, 2020, no. 1, pp. 66–77. (In Russ.)
- Mel'nik M.A., Volkova Ye.S., Fuzella T.Sh. GIS-tekhologii kak effektivnyy instrument dlya otsenki negativnykh prirodno-klimaticheskikh faktorov, limitiruyushchikh razvitiye agrarnogo prirodopol'zovaniya [Gis-technologies as an effective instrument for measurement of the negative climatic phenomena limiting the development of the agrarian mineral resources use]. *Poli-tematicheskij setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo GAU = Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, 2016, no. 124, pp. 650–661. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2016/10/pdf/40.pdf>. (In Russ.)
- Namzhilova L.G., Tulokhonova A.K. *Evolutsiya agrarnogo prirodopol'zovaniya v Zabaykal'ye* [The evolution of agrarian natural resources use in Transbaikalia] / ed. by B.M. Ishmuratov. Novosibirsk, Scientific Publ. Center OIGGM SB RAS, 2000, 200 p. (In Russ.)
- Perechen' i kriterii opasnykh prirodnykh yavleniy, deystvuyushchiye na territorii deyatel'nosti FGBU «Zapadno-Sibirskoye upravleniye gidrometeoslužby»* [The list and criteria of natural hazards in the territory of the Federal State Budgetary Institution «West Siberian Department of Hydrometeorological Service»]. Available at: <http://www.meteo-nso.ru/pages/115>. (In Russ.) (accessed: 12.02.2022).
- Polozheniye o poryadke deystviy uchrezhdeniy i organizatsiy pri ugroze vozniknoveniya i vozniknovenii opasnykh prirodnykh yavleniy. Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii. RD 52.88.699* [Regulations on the procedure for the actions of institutions and organizations during natural hazards. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. RD 52.88.699]. Available at: http://accident.perm.ru/files/docs/articles/52_88_699_2008.pdf/. (In Russ.)
- Sokolov Yu.I. Riski ekstremal'nykh pogodnykh yavleniy [Risks of extreme weather events]. *Problemy analiza riska = Problems of risk analysis*, 2018, vol. 5, no. 3, pp. 6–21. (In Russ.)
- Federal'naya služba po gidromontoringu i okhrane okruzhayushchey sredy* [Federal Service for Hydromonitoring and Environmental Protection]. Available at: <http://meteo.ru/data/310-neblagopriyatnye-usloviya-pogody-nanjosshie-ekonomicheskie-poteri>. (In Russ.)
- Chupikova S.A. GIS-tekhologii dlya analiza prirodnykh opasnostey (na primere seysmicheskoy) pri otsenke riskov prirodopol'zovaniya Tuvy [GIS-technologies for the analysis of natural hazards (seismic) in assessing the risks of nature management in Tuva]. Proceedings of the III International Scientific-Practical Conference «Regional Economy: Technologies, Economy, Ecology and Infrastructure» (23–25.10.2019, Kyzyl) / ed. by G.F. Balakina. Kyzyl, TuvIENR SB RAS, 2019, pp. 397–401. (In Russ.)