

<https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-407-412>

УДК 528.48

Картографическая экстраполяция как метод прогнозирования природных явлений и процессов

Канд. геогр. наук, доц. В. И. Михайлов¹⁾, магистрант Е. Ю. Мысливчик¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2020
Belarusian National Technical University, 2020

Реферат. Все известные методы прогнозирования не могут обойтись без помощи карт, если это касается природных явлений и процессов. Географический прогноз можно рассматривать как предсказание географических явлений или процессов, не доступных для исследования. Идентичность методики прогнозирования динамики явлений во времени и распространения их в пространстве позволяет переносить закономерности, справедливые для временных последовательностей, на пространственные ряды. В отличие от специализированных методов прогноза, разрабатываемых отдельными науками, картография предоставляет в распоряжение исследователя общий способ прогнозирования, названный картографической экстраполяцией. Экстраполяция в данном случае понимается как распространение закономерностей, полученных в ходе картографического анализа какого-либо явления или процесса, на неизученную часть этого явления или процесса, на другую территорию, на будущее время. Изложенное рассмотрено на примере карты СВДЗК Республики Беларусь, составленной по данным геофизики и повторных нивелировок. Применяя метод картографической экстраполяции по карте, выделены прогнозные закономерности и ожидания. Эффективность картографической экстраполяции возрастает при комплексном использовании разных методов. Особое значение имеет взаимодействие картографического и дистанционного методов. Совместный анализ карт, аэро- и космических снимков, полученных с разных высот и в различных диапазонах, способствует прогнозу общих глобальных, региональных или локальных закономерностей. Пример тому – геолого-геоморфологические исследования. Для прогноза неотектонического строения территории в зоне сочленения Микашевичского выступа кристаллического фундамента и Туровской депрессии в Белорусском Полесье использовались карты разного содержания и результаты дешифрирования аэроснимков.

Ключевые слова: карты, картографическая экстраполяция, дешифрирование по аэрофотоснимкам, прогноз

Для цитирования: Михайлов, В. И. Картографическая экстраполяция как метод прогнозирования природных явлений и процессов / В. И. Михайлов, Е. Ю. Мысливчик // *Наука и техника*. 2020. Т. 19, № 5. С. 407–412. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-407-412>

Cartographic Extrapolation as Method for Forecasting Natural Phenomena and Processes

V. I. Mikhailov¹⁾, E. Yu. Myslivchik¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. All known forecasting methods cannot do without the help of maps when it comes to natural phenomena and processes. Geographic forecasting can be considered as predicting geographic phenomena or processes that cannot be explored. Identity of the methodology for forecasting the dynamics of phenomena in time and their propagation in space makes it possible to transfer the patterns that are true for time sequences to spatial series. In contrast to specialized forecasting methods developed by individual sciences, cartography provides a researcher with a general forecasting method called cartographic extrapolation. In this case the extrapolation is understood as the spread of patterns obtained in the course of cartographic analysis of a phenomenon or a process to an unexplored part of this phenomenon or process to another territory, for the future.

Адрес для переписки

Михайлов Владимир Иванович
Белорусский национальный технический университет
ул. Ф. Скорины, 25/1,
220014, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 265-95-97
inggeod@bntu.by

Address for correspondence

Mikhailov Vladimir I.
Belarusian National Technical University
25/1, F. Skoriny str.,
220014, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 265-95-97
inggeod@bntu.by

The foregoing is considered on the example of a map of Modern vertical movements of the Earth's crust in the Republic of Belarus which is compiled according to geophysical data and repeated leveling. Predictive patterns and expectations are highlighted while applying the method of cartographic extrapolation on the map. The efficiency of cartographic extrapolation is increased with the complex use of different methods. The interaction of cartographic and remote methods is of particular importance. Joint analysis of maps, aerial and satellite images obtained from different heights and in different ranges helps to predict general global, regional or local patterns. An example of this is geological and geomorphological research. Maps of different contents and the results of interpretation of aerial photographs have been used to predict the neo-tectonic structure of the territory in the zone of junction of the Mikashevich ledge of the crystalline basement and the Turov depression in the Belarusian Polesie.

Keywords: maps, cartographic extrapolation, interpretation from aerial photographs, forecasting

For citation: Mikhailov V. I., Myslivchik E. Yu. (2020) Cartographic Extrapolation as Method for Forecasting Natural Phenomena and Processes. *Science and Technique*. 19 (5). 407–412. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2020-19-5-407-412> (in Russian)

Все известные методы прогнозирования, будь то математическое моделирование, экспертные оценки, балансовый метод и другие, не могут обойтись без помощи карт, если это касается природных явлений и процессов. Карты неизменно сопровождают геологическое или географическое прогнозирование на всех его этапах, начиная с накопления отправляемых фактов и сведений и заканчивая выдачей итоговых прогнозных документов.

Географический прогноз можно рассматривать как предсказание географических явлений или процессов, недоступных исследованию [1, 2]. В такой трактовке прогнозирование не ограничивается гипотезами о развитии явлений и процессов в будущем, а предполагает возможность предсказания их современного состояния. Существенно лишь то, что предсказываемый объект недоступен современному исследованию.

Прогнозирование будущих и современных состояний географических явлений и процессов тесно связано с представлением о динамических и статических системах. В ряде случаев статическую пространственную систему, компоненты которой представлены на серии карт разной тематики, можно рассматривать как частный случай динамической системы, в которой координата времени постоянна. Идентичность методики прогнозирования динамики явлений во времени и распространение их в пространстве позволяет переносить закономерности, справедливые для временных последовательностей, на пространственные ряды.

В отличие от специализированных методов прогноза, разрабатываемых отдельными науками, картография предоставляет в распоряжение исследователя специфический общий способ

прогнозирования, названный картографической экстраполяцией [1, 2]. Экстраполяция в данном случае понимается как распространение закономерностей, полученных в ходе картографического анализа какого-либо явления или процесса, на неизученную часть этого явления или процесса, на другую территорию, на будущее время.

Авторами проведен анализ ряда карт современных движений земной коры, на основании которого была выбрана карта Ж. П. Хотько [3]. Составленная по данным геофизики и повторных нивелировок (рис. 1). На карте выделяются зоны резкого изменения скоростей вертикальных движений продольного и поперечного направлений. Самая протяженная из них пересекает регион с севера на юг в направлении Браслав – Гомель. Эта зона захватывает разные геоструктурные элементы и совпадает с границей разновозрастной складчатости докембрия. Она отражает особенности внутренней структуры кристаллического фундамента. Здесь, в сравнительно узкой зоне, скорость вертикальных движений изменяется до 8 мм в год.

Применяя метод картографической экстраполяции по карте, можно установить следующие прогнозные закономерности и ожидания.

В зоне резкого сгущения изобаз расположены Солигорские рудники, Гомель. Далее от Гомеля эта зона резко поворачивает на юго-запад и затем на юг, где она пересекает площадку Чернобыльской АЭС. Сегодня уже доказано, что катастрофа на Чернобыльской АЭС произошла не по технической, а по тектонической причине. Площадка под эту АЭС была выбрана неверно.

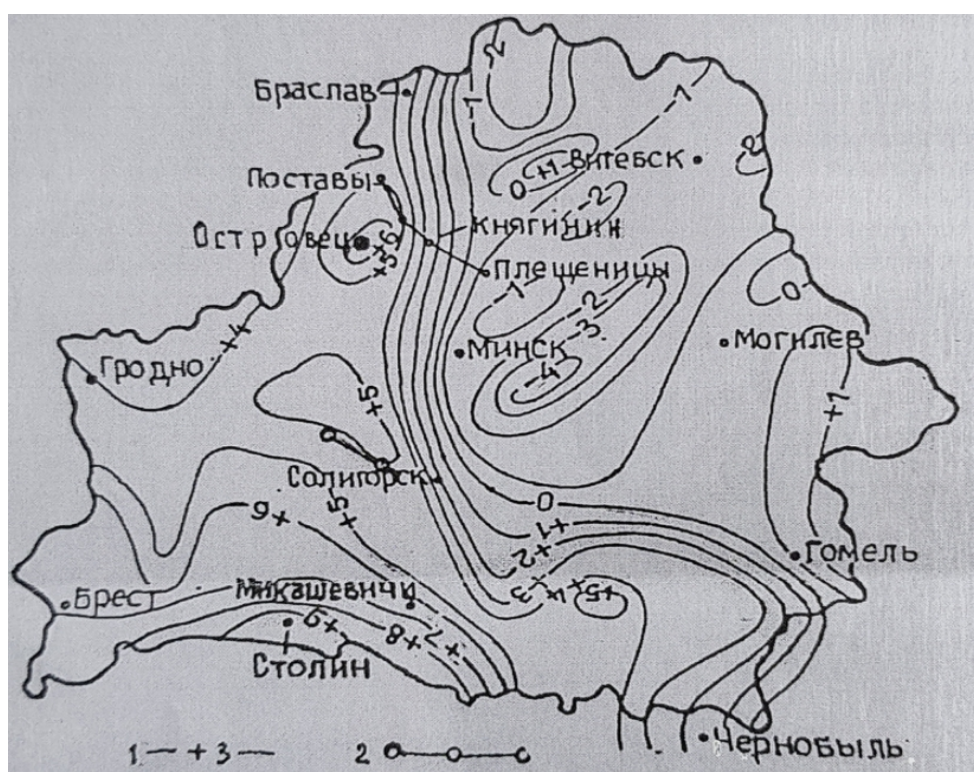


Рис. 1. Карта современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) Беларуси, М 1:6000000 (по Ж. П. Хотько [3]):
1 – изобазы со значениями скоростей СВДЗК, мм/год; 2 – фрагменты профилей фундаментальных реперов на Пleshченицком и Краснослободском геодинамических полигонах

Fig. 1. Map of modern vertical movements of the Earth's crust in Belarus, Scale 1:6000000 (according to Zh. P. Khotko [3]):
1 – isobases with velocity values of modern vertical movements of the Earth's crust, mm/year; 2 – fragments of profile of fundamental benchmarks at the Pleshchenitsky and Krasnoslobodsky geodynamic test sites

Согласно карте, Островецкая АЭС также находится рядом с такой зоной. Поэтому этот факт нужно принимать во внимание.

Если рассматривать произошедшие за небольшой исторический период землетрясения, то оказывается, что все они так же, как Солигорское и Чернобыльское, были локализованы вдоль зоны сгущения изобаз Браслав–Минск–Гомель. Некоторые из них достигали 6–7 баллов и относились к очень сильным, способным вызвать существенные разрушения. Так, еще в 1887 г. в Борисовском уезде произошло землетрясение, сопровождающееся сильным гулом и вышибанием стекол во многих домах. В этом районе зарегистрированы обилие разломов, резкие изгибы русел рек, контрастные современные движения [4]. Землетрясение 15 декабря 1909 г. в пределах Островецкого района происходило с интенсивностью около 7 баллов.

В результате новейших подвижек крупных блоков платформенного чехла намечается тенденция усиления тектонических движений на

территории Солигорского промышленного района, которая до недавнего времени считалась асейсмичной. Уже в 1978, 1983, 1998 гг. в этом районе были зарегистрированы землетрясения до 4 баллов по шкале Рихтера [3, 4]. Наряду с выявленной сейсмической активностью, энергетический класс которой определяется современной мобильностью земной коры, обнаруживаются местные сейсмические явления (до 40 землетрясений в год) природно-техногенного происхождения. Эти землетрясения вызваны, вероятно, техногенной деятельностью (подработка месторождения, сосредоточенная на дневной поверхности крупнотоннажных галитовых отвалов, шламов и водохранилища), оказывающей влияние на изменение геодинамического режима территории. Скорее всего, активные движения земной коры, ее ландшафт и местные землетрясения причинно связаны между собой. Поэтому на территории промышленного района можно ожидать землетрясения более высокого энергетического класса, кото-

рые предваряются в настоящее время форшоками интенсивностью до 5 баллов. Аналогичный прогноз для данного региона был сделан другими исследователями [5–7].

Проседание земной поверхности по существующей системе разломов в результате подработки месторождения достигает 4–5 м. В случаях больших проседаний земной поверхности имеется опасность прорыва плотины Солигорского водохранилища, построенной для асейсмичной зоны [8]. В связи с этим целесообразно на современном этапе произвести ревизию сейсмичных условий ранее построенных объектов повышенной ответственности для определения их сейсмичности в свете новых данных о местных землетрясениях [9]. Подъем активности местных землетрясений наблюдается в осенний и весенний периоды. Поэтому здесь можно ожидать также землетрясения интенсивностью до 5 и более баллов. Аналогичный прогноз для данного региона был сделан другими исследователями [5, 6].

Эффективность картографической экстраполяции возрастает при комплексном использовании разных методов. Особое значение имеет взаимодействие картографического и дистанционного методов. Совместный анализ карт и фотоснимков, полученных с разных высот и в различных диапазонах, способствует прогнозу общих глобальных, региональных или локальных закономерностей. Пример тому можно найти в любой отрасли знаний, где совместно используются карты и снимки, но особенно показательны в этом отношении геолого-геоморфологические исследования [10]. Для прогноза неотектонического строения территории в зоне сочленения Микашевичского выступа кристаллического фундамента и Туровской депрессии в Белорусском Полесье использовались карта базисной поверхности, скрытого и явного остаточного рельефа и результаты структурного дешифрирования аэроснимков (рис. 2).

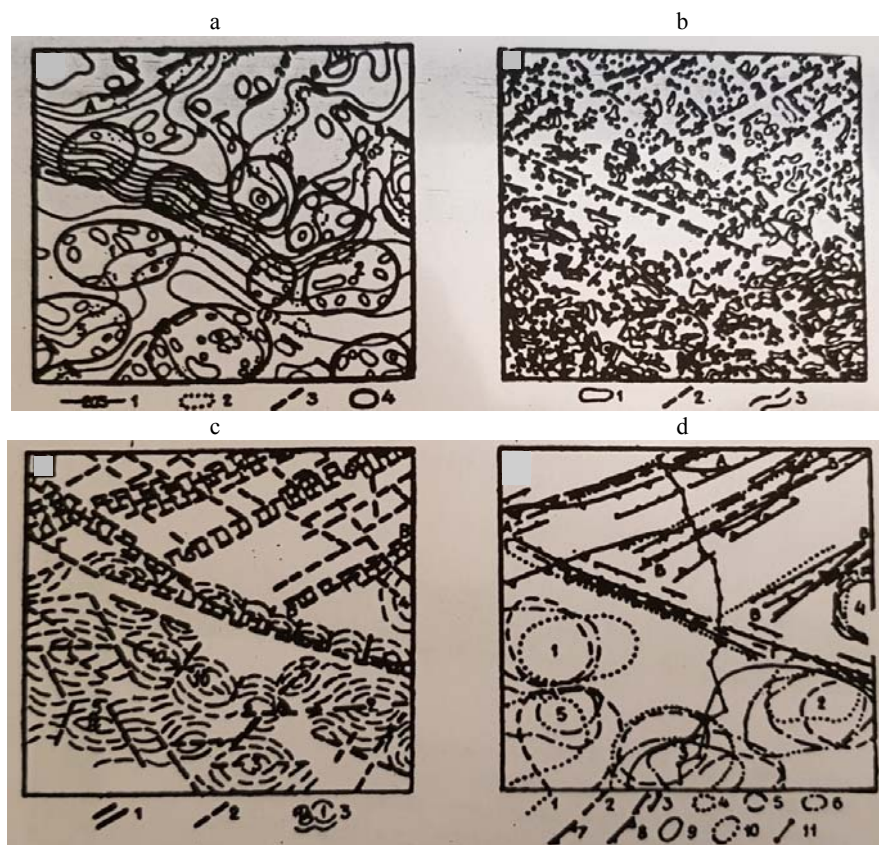


Рис. 2. Использование морфометрических данных и результатов структурного дешифрирования аэрофотоматериалов при изучении неотектоники в районе сочленения Микашевичского выступа кристаллического фундамента и Туровской депрессии в Белорусском Полесье

Fig. 2. Use of morphometric data and results of structural decoding of aerial photographic material in the study of neo-tectonics in the area of junction of the Mikashevich ledge of the crystalline basement and the Turov depression in the Belarusian Polesie

Системный подход к анализу рельефа и ландшафта по картам и материалам дешифрирования позволяет выявить закономерную систему структурных линий, отражающихся в распределении остаточных высот, отрицательных форм рельефа, в особенностях почвенного и растительного покровов, связанных с разрывными и складчатыми структурами. Для дизъюнктивных нарушений характерны прерывистые прямые контуры, а для пликтивных деформаций – совокупность дугообразных линий. Применение указанных принципов позволило прогнозировать разломы значительных амплитуд, локальные разрывные нарушения, поднятия и блоки.

Прогнозная схема Г (рис. 2) дает хорошее совпадение выявленных структур с геолого-геофизическими данными. Например, наблюдается полное совмещение с глубинным разломом А, окаймляющим с севера Туровскую депрессию. По поверхности фундамента этой зоне соответствует сброс амплитудой около 50 м. Локальные поднятия в юго-восточной части территории совпадают в плане с фаменскими верхнесолевыми поднятиями, ограниченными изогипсами опорного электрического горизонта.

Данный пример хорошо иллюстрирует эффективность прогнозирования по аналогии. Закономерности, выявленные в ходе картографического анализа и подтвержденные геолого-геофизическими данными, экстраполируются в дальнейшем за пределы изученной территории с целью прогноза ее структурных особенностей и связанных с ними полезных ископаемых [11].

Обозначения на рис. 2: а – карта базисной поверхности и скрытого остаточного рельефа 3-го порядка: 1 – изобазиты; 2 – остаточный рельеф; 3 – предполагаемые разрывные нарушения; 4 – предполагаемые локальные поднятия; б – карта явного остаточного рельефа: 1 – остаточный рельеф; 2 – предполагаемые разрывные нарушения; 3 – предполагаемые пликтивные деформации; с – карта результатов структурного дешифрирования: 1 – предполагаемые зоны разломов; 2 – локальные разрывные нарушения; 3 – предполагаемые локальные поднятия; д – прогнозная схема неотектонических структур.

Прогнозируемые структурные элементы, выявляемые по картам: 1 – базисной поверхности; 2 – явного остаточного рельефа; 3 – структурного дешифрирования. Прогнозируемые локальные поднятия, выявляемые по картам: 4 – базисной поверхности; 5 – явного остаточного рельефа; 6 – структурного дешифрирования. Геолого-геофизические данные: 7 – глубинные разломы; 8 – разломы в неоген-четвертичной толще; 9 – изогипсы опорного электрического горизонта по поверхности фаменских соленосных отложений; 10 – локальные поднятия, установленные по карте мощности четвертичных отложений; 11 – линия геологического профиля.

ВЫВОДЫ

1. Метод экстраполяции может стать очень эффективным в комплексе других методов, используемых для составления прогнозов.

2. Опыт показывает, что с формальной точки зрения нет принципиальной разницы между прогнозом во времени и в пространстве.

3. Использование единой методики взаимно усиливает оба варианта прогноза.

4. На примере картографического экстраполирования ясно видно, что перспективное изучение явлений невозможно без их ретроспективного анализа.

5. Для успешного применения картографической экстраполяции необходимо наличие возможно более длинных серий карт, отражающих прошлые состояния явления или смену ситуаций в пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт, А. М. Картографический метод исследования / А. М. Берлянт. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1978. 257 с.
2. Михайлов, В. И. Картографическая экстраполяция – способ прогнозирования явлений и процессов / В. И. Михайлов // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 3-й Междунар. науч.-техн. конф. Минск: БНТУ, 2006. Т. 1. С. 410–412.
3. Хотько, Ж. П. Глубинное строение территории Белоруссии и Прибалтики по данным геофизики / Ж. П. Хотько. Минск: Наука и техника, 1974. 91 с.
4. Авотиня, И. Я. Каталог исторических землетрясений Белоруссии и Прибалтики / И. Я. Авотиня, А. М. Боборыкин, А. П. Емельянов // Сейсмический бюллетень станций «Минск» (Плещеницы) и «Нарочь» за 1983 г. Минск, 1988. С. 126–137.

5. Гарецкий, Р. Г. Оценка возможных сейсмических воздействий сильных землетрясений Прибалтики и Белоруссии в связи с сооружением и эксплуатацией особо ответственных объектов / Р. Г. Гарецкий, А. М. Боборыкин, А. П. Емельянов // Проблемы экологической геологии в Прибалтике и Белоруссии. Вильнюс, 1990. С. 41–43.
 6. Аронова, Т. И. Особенности проявления сейсмических процессов на территории Беларуси / Т. И. Аронова // Литасфера. 2006. № 2. С. 103–110.
 7. Шароглазова, Г. А. Проектирование геодинамических исследований в районах взаимообусловленного влияния тектонических и техногенных факторов на состояние земной коры / Г. А. Шароглазова // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. 2012. № 8. С. 166–171.
 8. Михайлов, В. И. Анализ карт современных вертикальных движений земной коры Беларуси для целей строительства и эксплуатации инженерных сооружений / В. И. Михайлов // Бюллетень Белорусской горной академии. 2001. Т. 5, № 1. С. 50–53.
 9. Михайлов, В. И. Изучение землетрясений в Беларуси в связи со строительством и эксплуатацией инженерных сооружений / В. И. Михайлов // Вестник Белорусского национального технического университета. 2007. № 6. С. 50–53.
 10. Михайлов, В. И. Картографо-аэрокосмический метод изучения новейшей тектоники при прогнозе бурогольных залежей / В. И. Михайлов, В. Н. Губин // Разведка и охрана недр. 1989. № 4. С. 31–37.
 11. Михайлов, В. И. Изучение техногенных просадок в Солигорском промышленном районе аэрокосмическим и геодезическим методами / В. И. Михайлов, Е. Ю. Мысливчик, А. В. Кабацкий // Геоматика: образование, теория и практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию каф. геодезии и космоаэрокартографии и 85-летию фак. географии и геоинформатики БГУ. Минск: БГУ, 2019. С. 9–12.
- Поступила 10.02.2020
Подписана в печать 14.04.2020
Опубликована онлайн 30.09.2020

REFERENCES

1. Berlyant A. M. (1978) *Cartographic Research Method*. Moscow, Publishing House of Moscow State University. 257 (in Russian).
2. Mikhailov V. I. (2006) Cartographic Extrapolation – a Way of Forecasting Phenomena and Processes. *Nauka – Obrazovaniyu, Proizvodstvu, Ekonomike. Materialy 3-i Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf. T. 1* [Science to Education, Industry, Economics. Proceedings of 3th International Science and Technical Conference. Vol. 1]. Minsk, BNTU, 410–412 (in Russian).
3. Khotko Zh. P. (1974) Deep Structure of the Territory of Belarus and the Baltic States According to Geophysical Data. Minsk, Nauka i Tekhnika Publ. 91 (in Russian).
4. Avotinya I. Ya., Boborykin A. M., Emelyanov A. P. (1988) Catalog of Historical Earthquakes in Belarus and the Baltic States. *Seismic Bulletin of Stations “Minsk” (Pleschenitsy) and “Naroch” for 1983*. Minsk, 126–137 (in Russian).
5. Garetsky R. G., Boborykin A. M., Emelyanov A. P. (1990) Assessment of Possible Seismic Impacts of Strong Earthquakes in the Baltic States and Belarus in Connection with the Construction and Operation of Particularly Critical Facilities. *Problems of Ecological Geology in the Baltics and Belarus*. Vilnius, 41–43 (in Russian).
6. Aronova T. I. (2006) Specific Features in Manifestation of Seismic Processes in Belarus. *Litasfera* [Lithosphere], (2), 103–110 (in Russian).
7. Sharoglazova G. A. (2012) Design of Geodynamic Studies in the Areas of the Interdependent Influence of Tectonic and Technogenic Factors on the State of the Earth’s Crust. *Vestnik Polotskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya F. Prikladnye Nauki. Stroitel'stvo = Vestnik of Polotsk State University. Part F. Constructions. Applied Sciences*, (8), 166–171 (in Russian).
8. Mikhailov V. I. (2001) Analysis of Maps for Modern Vertical Movements of the Earth’s Crust in Belarus for Construction and Operation of Engineering Structures. *Byulleten' Belorusskoi Gornoj Akademii* [Bulletin of the Belarusian Mining Academy], 5 (1), 50–53 (in Russian).
9. Mikhailov V. I. (2007) Study of Earthquakes in Belarus in Connection with the Construction and Operation of Engineering Structures. *Vestnik BNTU* [Bulletin of the Belarusian National Technical University], (6), 50–53 (in Russian).
10. Mikhailov V. I., Gubin V. N. (1989) Cartographic and Aerospace Method for Studying the Latest Tectonics in Forecasting Brown Coal Deposits. *Razvedka i Okhrana Nedr = Prospect and Protection of Mineral Resources*, (4), 31–37 (in Russian).
11. Mikhailov V. I., Myslivchik E. Yu., Kabatsky A. V. (2019) Study of Technogenic Subsidence in the Soligorsk Industrial Region by Aerospace and Geodetic Methods. *Geomatika: Obrazovanie, Teoriya i Praktika: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Posvyashch. 50-letiyu Kaf. Geodezii i Kosmoaerokartografii i 85-letiyu Fak. Geografii i Geoinformatiki BGU* [Geomatics: Education, Theory and Practice: Proceedings of International Scientific and Practical Conference Dedicated to 50th Anniversary of Geodesy and Aerospace Cartography Department and 85th Anniversary of Geography and Geo-Informatics Faculty of Belarusian State University]. Minsk, Publishing House of Belarusian State University, 9–12 (in Russian).

Received: 10.02.2020

Accepted: 14.04.2020

Published online: 30.09.2020