

УДК 528.2/3

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНАХ ОСВОЕНИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА: ТОЧНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

Александр Николаевич Соловицкий

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и городского кадастра, тел. (384)239-63-85, e-mail: san.mdig@mail.ru

В традиционных технологиях деформационного мониторинга регистрация обычно проводится с учетом либо амплитуд движений поверхности земной коры, либо достигнутой инструментальной точности. Разработанная теория регистрации геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры в районах освоения угольных месторождений не только исключает этот подход, но и учитывает медленные скорости деформаций земной коры, не приводящие к проявлению геодинамических явлений. Кроме этого, регистрация кинематики блоков земной коры для определения напряженно-деформированного их состояния проводится с одинаковой точностью, что обеспечено предложенной типовой схемой геодезических построений. Предложено многоступенчатость геодезических построений на геодинамических полигонах в районе освоения месторождения определять в зависимости от геодинамической активности блоков земной коры рангов R и $R + 1$.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, регистрация, точность, геодинамический полигон, кинематика, блок земной коры, ранг, геодинамические явления.

Целью геодезического мониторинга является сбор, хранение, переработка, анализ и прогноз информации о напряженно-деформированном состоянии земной коры (НДСЗК) при освоении угольных месторождений для снижения риска проявлений геодинамических явлений (ГДЯ). Указанная цель и объект исследований являются определяющими факторами при планировании прикладных геодинамических исследований и проведении повторных наблюдений. Выполненный анализ современного состояния изучения развития геодезического мониторинга в районах интенсивной техногенной деятельности [1–15] свидетельствует о том, что приоритет принадлежит не территориям освоения угольных месторождений. Наиболее представительными в этом отношении являются атомные и гидроэлектростанции, а также районы освоения углеводородов. Геодезический мониторинг этих видов техногенной деятельности характеризуется высоким уровнем теоретических и экспериментальных исследований, обобщенных в ряде монографий [16–21].

Как отмечено выше, регистрация является первой основной частью при создании геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры (ГМНДСЗК) в районах освоения угольных месторождений.

Предлагаемая теория регистрации при создании ГМНДСЗК ориентирована на решение следующих задач:

- обосновать регистрируемые параметры;
- установить критерии точности регистрируемых параметров;
- определить частоту опроса повторных наблюдений.

Решение поставленных задач связано с учетом следующих особенностей:

- характеристики объекта исследований;
- опосредованности измерений;
- пространственной модели ячейки геодезических построений (ГП);
- иерархии строения земной коры;
- медленных скоростей деформаций (СД) земной коры, не приводящих к проявлению ГДЯ.

При развитии теории ГМНДСЗК учтены характеристики объекта исследований, в первую очередь, объемные деформации (напряжения), поскольку блок земной коры является объемным (трехмерным) геологическим телом. Для непосредственных измерений объемные деформации (напряжения) недоступны, на практике измеренными величинами являются изменения координат, которые являются параметрами этих функций. Следовательно, регистрация изменений координат будет проводиться не для отдельного пункта, а для системы. Кроме этого, поля деформаций (напряжений) имеют иерархию, как и строение земной коры. При существующей иерархии земной коры кинематические характеристики с позиций напряженно-деформированного состояния не являются однозначными.

Учет проявлений ГДЯ при реализации регистрации основан на оценках медленных СД земной коры, не приводящих к их проявлению, проведенных учеными Института физики Земли. Согласно результатам исследований В. А. Магницкого [22, 23], медленные СД V_E земной коры менее $1 \cdot 10^{-6}$ в год не могут приводить к образованию разломов и других геодинамических явлений. В основу связи медленных СД земной коры и средних квадратических погрешностей (СКП) их определения автором предложен следующий критерий [24]:

$$D[t - t_0] / mD[t - t_0] \geq 3, \quad (1)$$

где $mD[t - t_0] = (m^2 D[t] + m^2 D[t_0])^{0,5}$; $mD[t]$, $mD[t_0]$ – СКП определения компонентов изменения во времени деформации $\Delta D[t - t_0]$ в эпохи t и t_0 , не приводящие к проявлению ГДЯ.

Чтобы установить критерий точности регистрации кинематики блоков земной коры в районе освоения конкретного месторождения, автором предложена следующая методика. Для блоков земной коры исследуемых рангов в районе освоения месторождения с помощью разработанной им программы «ВМ» моделируются изменения во времени деформаций в зависимости от их

кинематики. На основе указанных зависимостей устанавливаются скорости движения этих блоков в год, соответствующие критерию (1). Для реализации разработанной методики автором смоделированы зависимости изменения во времени деформаций от их кинематики для блоков земной коры Кузбасса разных рангов и установлены ориентировочные скорости движения и их СКП (рис. 1).

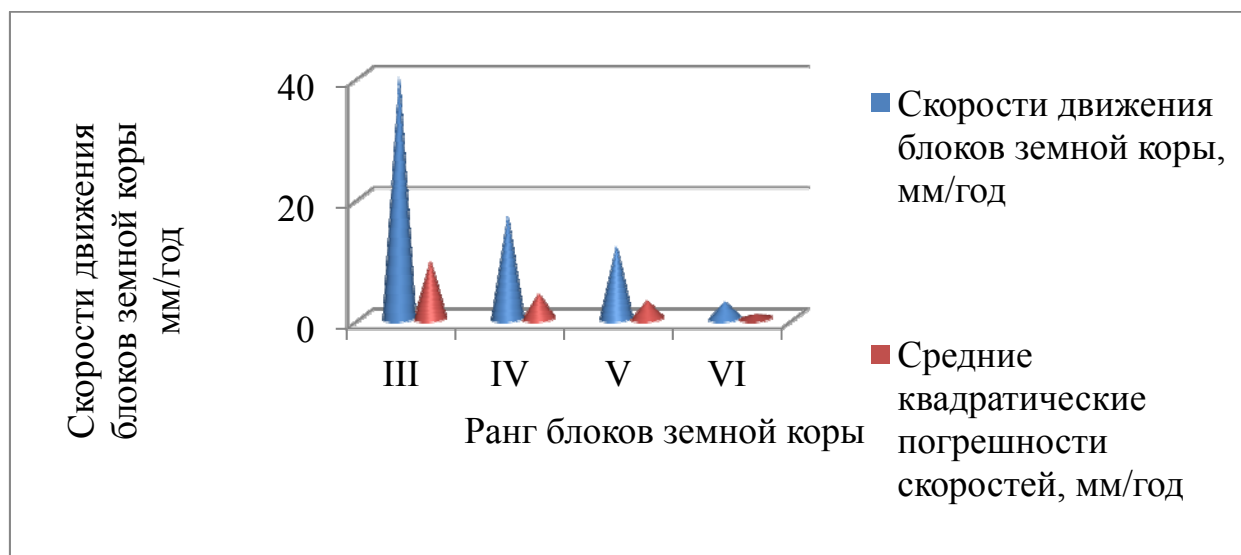


Рис. 1. Ориентировочные скорости движений блоков земной коры и их СКП для блоков земной коры разных рангов

Согласно результатам, приведенным на рис. 1, установлено, что геодинамическая активность блоков земной коры разных рангов (превышение скорости деформаций $3 \cdot 10^{-6}$ в год) происходит при неодинаковых скоростях их движений.

На основе анализа СКП определения координат и высот на мобильных (МП) ГДП в одну эпоху наблюдений (см. рис. 1) можно сформулировать следующие рекомендации:

1. Для регистрации кинематики блоков земной коры III ранга рекомендуется методика определения координат и высот пунктов с точностью, соответствующей программе высокоточной геодезической сети (ВГС) [24–26]

$$m_H = 3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^8 D, \quad (2)$$

где D – расстояние между пунктами;

$$m_H = 5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^8 D. \quad (3)$$

При этом нормативное расстояние между пунктами ВГС должно быть больше рекомендуемого для данного ранга.

2. Для регистрации кинематики блоков низших рангов нет нормативно определенных программ определения координат и высот пунктов, соответствующих им по точности [4, 26].

Для обеспечения регистрации кинематики блоков земной коры IV, V и VI рангов предлагается комбинированная методика, суть которой заключается в следующем.

Определение плановых координат рекомендуется выполнять согласно программе ВГС, а высот – геометрическим нивелированием, погрешность m_h которого оценивается по следующей формуле [24–26]:

$$m_h = 0,3 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (4)$$

где L – расстояние между пунктами.

Такая методика позволит достичь требуемой точности (рис. 1). Ограниченность точности наблюдений классическими наземными методами заключается в следующем. Классические наземные методы угловых и линейных измерений в настоящее время становятся все менее востребованными в виду низкой автоматизации процессов. При этом считается, что современная точность линейных измерений в пять и более раз выше угловых [4], поэтому их использование предпочтительнее.

Периодичность повторных наблюдений на ГДП определяется частотой опроса T проведения повторных наблюдений, которая получена автором с учетом (1) [24]

$$T \geq mД [t - t_0] / 3Ve_n [t - t_0], \quad (5)$$

где $Ve_n [t - t_0]$ – СД земной коры, не приводящая к проявлению ГДЯ, равная $1 \cdot 10^{-6}$ в год.

Развитием теории является разработка нового подхода к многоступенчатости геодезических построений (МГП) ГДП [4, 24–26]. Автором предлагается МГП ГДП в районе освоения месторождения определять в зависимости от геодинамической активности блоков земной коры рангов R и $R + 1$ (их скоростью изменения во времени деформаций более $3 \cdot 10^{-6}$ в год). Общий вид предложенного автором критерия геодинамически активного блока земной коры представлен следующим неравенством:

$$Ve_{ii} [t - t_0] \geq 3Ve_n [t - t_0], \quad (6)$$

где $Ve_{ii} [t - t_0]$ – СД исследуемого блока земной коры в год; $Ve_n [t - t_0]$ – СД земной коры, не приводящая к проявлению ГДЯ, равная $1 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹.

Если неравенство (6) выполняется не только для блоков земной коры в районе освоения месторождения одного ранга R , но и последующего $R + 1$, то это является условием многоступенчатости построений ГДП:

$$\left. \begin{aligned} Ve_{ii}[t-t_0](R) &\geq 3Ve_n[t-t_0] \\ Ve_{ii}[t-t_0](R+1) &\geq 3Ve_n[t-t_0] \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Критерий (7) определяет МГП ГДП [4, 24–26]. На рис. 2 приведена схема таких построений: три пространственных фигуры геодезических построений ГДП относятся к трем блокам земной коры низшего ранга, а совместная фигура – более высокого.

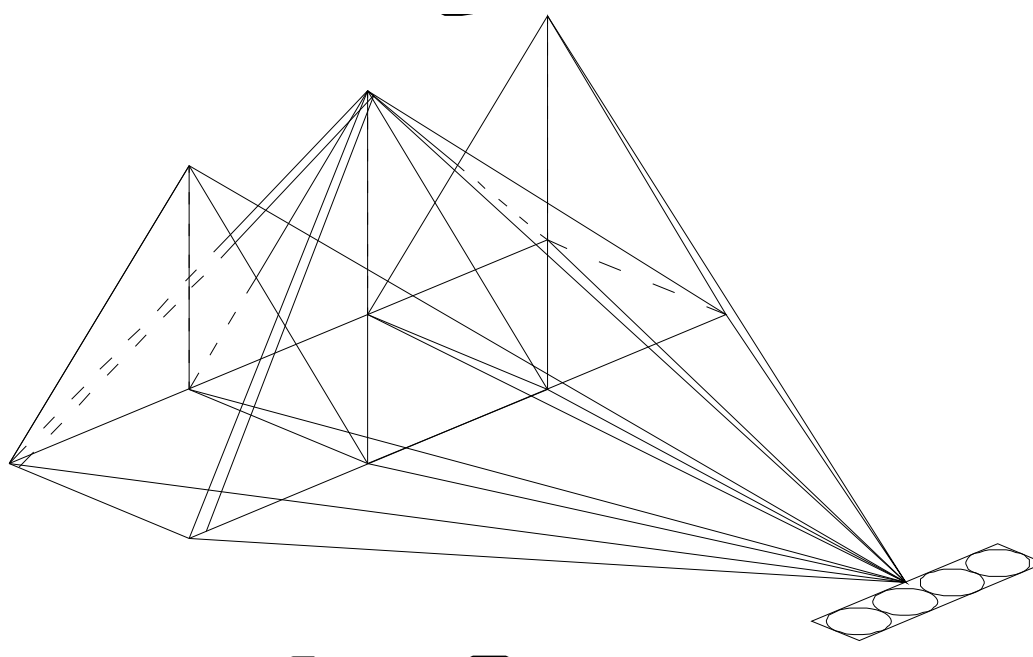


Рис. 2. Схема двухступенчатых ГДП

Автором предложена оптимизация точности МГП, преодоление ее понижения, которое рассчитывается из условия соотношения СКП определения МП ГДП в i -й ступени, соответствующей блоку земной коры ранга R , относительно $i + 1$ -й ступени (блок земной коры ранга $R + 1$) одинаково и равно k

$$m_{i+1}^2 = m_i^2 / k^2, \quad (8)$$

где k – коэффициент понижения точности измерений в смежных ступенях; m_i – СКП определения положения пункта в i -й ступени; m_{i+1} – СКП определения положения пункта в $(i + 1)$ -й ступени. При типовой схеме построения ГДП (см. рис. 2) k равен единице.

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Теория регистрации информации при проведении ГМНДСЗК в Кузбассе развита на новой методологической базе, которая отражает зависимость регистрируемых параметров от проявлений ГДЯ, что является новым подходом к развитию теории.

2. Предложен новый подход МГП ГДП в районе освоения месторождения, который основан на зависимости от геодинамической активности блоков земной коры рангов R и $R + 1$.

3. Разработана оптимизация точности МГП, заключающаяся в обеспечении одинаковой точности определения координат МП на основе типовой схемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловицкий А. Н. О мониторинге деформаций земной коры при подземной геотехнологии освоении недр // Маркшейдерия и недропользование. – 2011. – № 3. – С. 53–55.
2. Карпик А. П. Проблемы геодезического обеспечения мониторинга территорий. Анализ и инновации в начале XXI столетия: сб. материалов межрегиональной междисциплинарной научной конференции. – Новосибирск : СГГА, 2012. – С. 13–20.
3. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С. Математическое моделирование. Прогнозирование деформаций гидроузлов по геодезическим данным (динамическая модель). – Новосибирск : СГГА, 2014. – 81 с.
4. Соловицкий А. Н. Интегральный метод контроля напряженного состояния блочно-го массива горных пород. – Кемерово : ГУ КузГТУ, 2003. – 260 с.
5. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С., Лисицкий Д. В. О корректном подходе к математическому моделированию деформационных процессов инженерных сооружений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 22–29.
6. Кафтан В. И., Серебрякова Л. И. Геодезические методы решения геодинамических задач // Итоги науки и техники. Серия «Геодезия и аэрофотосъемка». – 1990. – Т. 28.
7. Колмогоров В. Г. К вопросу возможности изучения деформационного состояния земной поверхности по результатам повторного высокоточного нивелирования // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 1 (17). – С. 9–14.
8. Савиных В. П., Певнев А. К., Ямбаев Х. К. Теория упругой отдачи, дилатансия, геодезия – прогноз // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 5. – С. 29–34.
9. Маркузе Ю. И., Ямбаев Х. К. Структурная схема мониторинга и алгоритм анализа деформаций земной коры по результатам спутниковых измерений на пунктах региональных референцных сетей // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 6. – С. 30–36.
10. Яценко В. Р. Геодезические измерения в районах интенсивного движения земной коры // Геодезия и картография. – 2015. – № 9. – С. 48–53.
11. Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Особенности технологии изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерское дело» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2012. Т. 3. – С. 58–61.
12. Каленицкий А. И., Ким Э. Л. О комплексной интерпретации данных геодезическо-гравиметрического мониторинга техногенной геодинамики на месторождениях нефти и газа // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 3–13.
13. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Технология изучения изменений во времени деформаций блоков земной коры при освоении месторождений Кузбасса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 3–11.

14. Карпик А. П., Каленицкий А. И., Соловицкий А. Н. Новый этап развития геодезии – переход к изучению деформаций блоков земной коры в районах освоения месторождений // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 3–9.
15. Дорогова И. Е. Изучение движений и деформаций земной коры на геодинамическом полигоне Таштагольского железнорудного месторождения // Вестник СГГА. – 2010. – Вып. 2 (23). – С. 9–12.
16. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 256 с.
17. Идентификация движений и напряженно-деформированного состояния самоорганизующихся геодинамических систем по комплексным геодезическим и геофизическим наблюдениям / Середович В. А. и др.: под общ. ред. В. К. Панкрушина – Новосибирск : СГГА, 2008. – 256 с.
18. Сидоров В. А., Кузьмин Ю. О. Современные движения земной коры осадочных бассейнов. – М. : Наука, 1989. – 183 с.
19. Есиков Н. П. Современные движения земной поверхности с позиций теории деформаций. – Новосибирск : Наука. Сибирское отделение, 1991. – 226 с.
20. Вольфович Н. А., Гордон Л. А., Стефаненко Н. И. Арочно-гравитационная плотина Саяно-Шушенской ГЭС (Оценка технического состояния по данным натуральных наблюдений). – СПб. : Всероссийский научно-исследовательский институт имени Б. Е. Веденеева, 2012. – 204 с.
21. Кузьмин Ю. О. Современная аномальная геодинамика недр, индуцированная малыми природно-техногенными воздействиями // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 9. – С. 48–85.
22. Магницкий В. А. Слой низких скоростей верхней мантии Земли. – М. : Недра, 1968. – 29 с.
23. Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика Земли. – М. : Недра, 1965. – 379 с.
24. Соловицкий А. Н. О регистрации информации при проведении геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры при освоении угольных месторождений Кузбасса // International Research Journal. – 2016. – № 6 (48). – Часть 6. – С. 152–155.
25. Соловицкий А. Н. Особенности геодезических построений при создании геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры Кузбасса // International Research Journal. – 2016. – № 6 (48). – Часть 6. – С. 149–151.
26. Соловицкий А. Н. Об особенностях формирования системы контроля деформаций блоков земной коры при освоении угольных месторождений Кузбасса // Геодезия и картография. – 2012. – № 10. – С. 13–16.

Получено 19.09.2016

© А. Н. Соловицкий, 2016

GEODETTIC MONITORING OF THE INTENSE DEFORMED CONDITION OF CRUST OF KUZBASS: REGISTRATION AND ACCURACY OF DETERMINING COORDINATES

Aleksandr N. Solovitsky

Kuzbass State Technical University named TF Gorbachev, 650000, Russia, Kemerowo, 28 Wesennaya St., Ph. D., Associate Professor, Department of Highways and Urban Cadastre, tel. (384)239-63-85, e-mail: san.mdig@mail.ru.

The traditional technologies of deformation monitoring check is usually carried out taking into account a range of motion of the crust surface or instrument accuracy. Developed the theory of geodetic monitoring recording stress-strain state of the Earth's crust in the areas of development of coal deposits, not only eliminates this approach, but also takes into account the slow rate of crustal deformation, do not lead to the manifestation of geodynamic phenomena. Also check the kinematics of crustal blocks to determine the stress and strain of their condition is performed with the same accuracy that ensured the proposed scheme typical of geodetic constructions. Proposed multistage geodesic constructions on geodynamic polygons in the field of development of the area is determined depending on the geodynamic activity crustal blocks ranks R and $R + 1$.

Key word: geodetic monitoring, recording, accuracy, geodynamic polygon, kinematics, the blocks of the Earth's crust, rank, geodynamic phenomenon.

REFERENCES

1. Solovitsky, A. N. (2011). On monitoring crustal deformation in underground geotechnology development of subsoil. *Markshejderija i Nedropol'zovanie [Mine Surveying and Subsoil]*, 3, 53–55 [in Russian].
2. Karpik, A. P. (2012). Problems of geodetic monitoring software areas. Analysis and Innovation in the beginning of XXI century: In *Sbornik materialov megrejionalnoi mehdisciplinarnoi nauchnoi konferenzii [Proceeding of Interregional Multidisciplinary Scientific Conference]* (pp. 13–20). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
3. Gulyaev, Yu. P., & Khoroshilov, V. S. (2014). *Matematicheskoe modelirovanie. Prognozirovaniye deformatsiy gidrouzlov po geodezicheskim dannym (dinamicheskaya model') [Mathematical modeling. Prediction of deformation waterworks on geodetic data (dynamic model)]*. Novosibirsk: SSGA [in Russian].
4. Solowizkij, A. N. (2003). *Integral'nyy metod kontrolya napryazhennogo sostoyaniya blochnogo massiva gornyx porod [Integral method of monitoring the state of stress of a block of rock mass]*. Kemerovo: KuzSTU [in Russian].
5. Gulyaev, Yu. P., Khoroshilov, V. S., & Lissitzky, D. V. (2014). About the correct approach to the mathematical modeling of deformation processes of engineering structures. *Izvestia vusov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4/C, 22–29 [in Russian].
6. Kaftan, V. I., & Serebryakova, L. I. (1990). Geodetic methods for solving problems of geodynamic. *Itogi nauki i tekhniki. Seriya. Geodeziya i aerofotos'emka [Results of Science and Technology. Geodesy and Aerophotography]*, 28, p. 129 [in Russian].
7. Kolmogorov, V. G. (2012). On the question of the possibility of studying the deformation of the Earth's surface as a result of repeated precision leveling. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 1(17), 9–14 [in Russian].
8. Savinykh, V. P., Pevnev, A. K., & Yambaev, H. K. (2013). The elastic rebound theory, dilatancy, geodesy forecast. *Izvestia vusov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 5, 29–34 [in Russian].
9. Marcuse, Y. I., & Yambaev, H. K. (2014). Block diagram of the monitoring and analysis algorithm crustal deformation as a result of satellite measurements in the areas of regional reference frames. *Izvestia vusov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 6, 30–36 [in Russian].
10. Yaschenko, V. R. (2015). Geodetic measurements in areas of intense crustal movement. *Geodeziya i kartografija [Geodesy and cartography]*, 9, 48–53 [in Russian].

11. Kalenitskiy, A. I., & Solovitski, A. N. (2012). The peculiarities of technology of studying changes of the deformations of the earth crust blocks in time during the development of deposits of Kuzbass. *In Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Geodezija, geoinformatika, kartografija, markshejderskoe delo [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Surveying]* (pp. 58-61). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
12. Kalenitskiy, A. I., & Kim, H. J. (2012). On the complex data interpretation geodesic-gravimetric monitoring of technogenic geodynamics at the fields of oil and gas. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 4(20), 3–13 [in Russian].
13. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., & Solovitski, A. N. (2013). The technology of studying the changes of the deformations of the earth crust blocks in time during the development of deposits of Kuzbass. *Vestnik SSGA [Vestnik of SSGA]*, 4(24), 3–11 [in Russian].
14. Karpik, A. P., Kalenitskiy, A. I., & Solovitski, A. N. (2013). A new stage of development of geodesy– the transition to the study of the deformation of crustal blocks in the areas of development of deposits. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 3(23), 3–9 [in Russian].
15. Dorogova, I. E. (2010). Study of movements and deformations of the earth's crust on geodynamic testing ground Tashtagol iron ore deposits. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 2(23), 9–12 [in Russian].
16. Gulyaev, Yu. P. (2008). *Prognozirovaniye deformatsiy sooruzheniy na osnove rezul'tatov geodezicheskikh nablyudeniye [Prediction of deformation structures on the basis of the results of geodetic observations]*. Novosibirsk: SSGA [in Russian].
17. Seredovich V. A. (2008). *Identifikatsiya dvizheniy i napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya samoorga-nizuyushchikhsya geodinamicheskikh sistem po kompleksnym geodezicheskim i geofizicheskim na-blyudeniyam [Identification of the movements and the stress-strain state of self-organizing systems on geodynamic complex geodetic and geophysical observations]*. V. K. Pankrushin (Ed.). Novosibirsk: SSGA [in Russian].
18. Sidorov, V. A., & Kuzmin, Yu. O. (1989). *Sovremennye dvizheniya zemnoy kory osadochnykh basseynov [Modern crustal movements sedimentary basins]*. Moscow: Nauka [in Russian].
19. Esikov, N. P. (1991). *Sovremennye dvizheniya zemnoy poverkhnosti s pozitsiy teorii deformatsiy [Modern movements of the earth surface from the standpoint of the theory of deformations]*. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch [in Russian].
20. Wolfowitz, N. A., Gordon, L. A., & Stefanenko, N. I. (2012). *Arochno-gravitatsionnaya plotina Sayano-Shushenskoy GES (Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya po dannym naturnykh nablyudeniye) [Arch-gravity dam of Sayano-Shushenskaya HPP (Evaluation of technical state according to field observations)]*. St. Petersburg: All-Russian Research Institute of Vedeneev [in Russian].
21. Kuzmin, Yu.O. (2002). Anomalous Modern geodynamics of subsoil induced by small natural and manmade influences. *Gornij informatsionij analyticheskij bulletin [Mountain Information and Analytical Bulletin]*, 9, 48–85 [in Russian].
22. Magnitskiy, V. A. (1968). *Sloy nizkikh skorostey verkhney mantii Zemli [Layer of the low-velocity upper mantle]*. Moscow: Nedra [in Russian].
23. Magnitskiy, V. A. (1965). *Vnutrennee stroenie i fizika Zemli [The internal structure of the Earth and Physics]*. Moscow: Nedra [in Russian].
24. Solovitskiy, A. N. (2016). About registration of information when conducting geodetic monitoring of the stress-strain state of the earth's crust during the development of coal deposits of Kuzbass. *Mejdunarodnij nauchnij journal [International Research Journal]*, 6(48), 152–155 [in Russian].

25. Solovitsky, A. N. (2016). Features of geodetic constructions to create geodetic monitoring of the stress-strain state of the Earth's crust Kuzbass. *Mejdunarodnij nauchnij journal [International Research Journal]*, 6(48), 149–151 [in Russian].

26. Solovitsky, A. N. (2012) On peculiarities of the formation of the Earth's crust deformation control unit system at the development of coal deposits of Kuzbass. *Geodezija i kartografija [Geodesy and Cartography]*, 10, 13–16 [in Russian].

Received 19.09.2016

© A. N. Solovitsky, 2016