

## Геотехнический мониторинг противооползневых сооружений посредством геодезических измерений

*У. Р. Сидаравичуте, С. К. Пишдаток*

*Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина г. Краснодар*

**Аннотация:** В статье раскрывается содержание геотехнического мониторинга, являющегося информационной базой для диагностики состояния объекта и назначения при необходимости методов стабилизации ситуации, а также определена необходимость его проведения на линейных объектах, а именно - на сооружениях инженерной защиты. Обоснована необходимость проведения мониторинговых работ при проектировании и строительстве сооружений инженерной защиты. Проведён анализ данных при проведении геодезических работ на объекте «Противооползневая защита склона хребта Псехако» с описанием методики проведения мониторинга, которая состоит из: рекогносцировки местности, развития сети опорных геодезических пунктов, проложения тахеометрических ходов, выполнения съёмки с использованием тахеометра, а также последующей камеральной обработки данных, результатом которой является отчет с подробным описанием всех этапов работ и непосредственным заключением о наличии или отсутствии деформаций. По результатам полевых измерений составлены: ведомость тахеометрических ходов, ведомость координат нулевого цикла. Тахеометрические ходы вычерчены в формате \*dwg в масштабе 1:500. Даны рекомендации стабилизации ситуации путем принятия проектных решений и разработки системы агролесомелиоративных мероприятий, при условии сохранения деформаций.

**Ключевые слова:** геодезические изыскания, геодезия, геотехнический мониторинг, противооползневые сооружения, строительно-монтажные работы.

Освоение территорий со сложным рельефом отличается повышенным риском возникновения гравитационных процессов (оползневых, обвальных). Возведение и эксплуатация зданий и сооружений в горных и предгорных районах должно обеспечивать безопасность жизнедеятельности населения. Для достижения достаточного уровня безопасности зданий необходимо использование передовых технологий и инновационных материалов в строительстве, при условии включения геотехнического мониторинга еще на стадии проектирования с дальнейшим сопровождением строительно-монтажных работ. Периодичность мониторинговых работ определяется наличием и активностью опасных геологических и инженерно-геологических явлений на объекте с обязательными контрольными проверками на значимых этапах строительства, а также в течение года по его завершении.

---

Под инструментальным геотехническим мониторингом понимают комплекс инженерно-геодезических измерений, которые проводятся с целью выявления деформаций строящихся или сданных в эксплуатацию объектов, в совокупности с геотехническими измерениями (сбор данных с датчиков углов наклона, подземных перемещений) специалисты получают данные для дальнейшего определения корреляции и причин деформации объектов мониторинга [1-3]. В проекте мониторинга указываются критерии, количественно характеризующие допустимый уровень техногенных воздействий на основание сооружений и окружающую застройку [4]. Предметами изучения геотехнического мониторинга являются несущие конструкции, фундаменты, грунты, находящиеся в зоне строительства зданий или сооружений [5].

При инструментальном мониторинге предполагается измерение вертикальных и горизонтальных перемещений по установленным геодезическим знакам [6]. В условиях развития опасных геологических процессов с целью проведения наблюдений за реальным состоянием окружающей застройки при строительстве объекта, развитием её деформаций, соблюдением технологических режимов строительства, нужен инструментальный мониторинг [2, 7]. Причина активизации оползневых процессов – нарушение баланса между силой тяжести (сдвигающей) и удерживающими (переувлажнение глинистых слоев почвы при затяжных ливневых осадках, нарушение гранулометрического состава почв в ходе строительных работ, уменьшение/отсутствие зеленого покрова на крутых склонах в следствие антропогенного фактора и др.) [8]. Благоприятным фактором для развития оползневых процессов являются: сложный рельеф местности, обильные ливневые дожди, антропогенное воздействие и другие, в границах участка производства работ определено наличие вышеперечисленных факторов, что неизбежно приведет к активизации

---

опасных геологических процессов. Для обеспечения безопасной эксплуатации инженерных сооружений, а также для выявления отклонений в существующих сооружениях от проектных данных после проведения изысканий приступают к геотехническому мониторингу [6, 9]. Таким образом, на объекте, расположенном на гребне горного хребта Псехако, в 6,5–10,0 км северо-восточнее пос. Красная Поляна и в 2,0–6,0 км северо-западнее с. Эстосадок Адлерского района г. Сочи, в связи с оползневой опасностью, проведены комплексные работы в составе геотехнического мониторинга (рис. 1).



Рис. 1. – Схема расположения объекта мониторинга

В части рельефа исследуемая территория относится к провинции Большого Кавказа, к области высокогорного и среднегорного рельефа

---

на раннеальпийских мезозойско-палеогеновых складчато-глыбовых структурах. Рельеф неоднороден и расчленён балками. Уклоны поверхности южного, юго-западного направления чередуются здесь с выровненными участками территории. Таким образом, здесь формируются такие гравитационные процессы, как осыпи, обвалы и оползни.

На территории объекта возведены четыре подпорные стенки, которые препятствуют оползневым процессам (табл. 1). Технические характеристики подпорных сооружений обусловлены степенью активности оползней, природно-климатическими условиями, расчетами предельных нагрузок на такие сооружения и т.д. [9].

Таблица № 1

Ведомость существующих сооружений на территории  
объекта исследования

№	Сооружение	Протяженность м;
1	Подпорная стена СТ-3	284,7
2	Подпорная стена СТ-4	110,3
3	Подпорная стена СТ-6	876,5

На начальном этапе проведения геотехнического мониторинга производится рекогносцировка местности и обследование сооружений, создаётся опорная геодезическая сеть (ОГС) [10]. Геодезический мониторинг выполняется с использованием метода линейно-угловых наблюдений электронным тахеометром (угловая точность 2"; точность измерения расстояний на пленку  $\pm 2$  мм + 2 мм/км) [11]. Предпочтительным методом для определения деформаций является способ линейно-угловой засечки, но в связи с тем, что объект расположен в горной местности и в условиях ограниченной видимости возможным будет только способ полярных координат.

Развитие ОГС выполнено методом построения [12]. Таким образом, после уравнивания получили среднеквадратическое отклонение (СКО) уравниваемого значения (табл. 2).

Таблица № 2

Среднеквадратическое отклонение уравниваемого значения

Имя точки	СКО уравниваемого значения, м		
	X	Y	H
A201	0,015	0,010	0,027
A202	0,020	0,018	0,039
A203	0,018	0,013	0,027
A204	0,020	0,014	0,049
A205	0,018	0,014	0,016
A206	0,020	0,016	0,030
A207	0,023	0,018	0,056
A208	0,023	0,018	0,013
A209	0,024	0,019	0,059
A210	0,026	0,021	0,059
A211	0,021	0,016	0,021
A212	0,020	0,014	0,049
A213	0,017	0,011	0,033
A214	0,017	0,012	0,038
B43	0,007	0,005	-
SD14	0,011	0,011	0,046
SD15	0,011	0,011	0,014

По результатам обработки и уравнивания получены координаты пунктов ОГС в местной г. Сочи системе координат и Балтийской 1977 системе высот. Для проведения мониторинга проложены тахеометрические ходы для каждой стены, которые обеспечивают хорошую видимость для выполнения измерений (рис. 2).

Создание висячих теодолитных ходов допускается при проведении работ на застроенных территориях (глухие двory, тупики и т.д.), при необходимости съемки ситуации местности в условиях обеспечения плохой видимости между пунктами (невозможности установить пункт), при удалении пункта от границ основной съемки, а также при работе на линейных объектах или небольших по площади объектах. Обработка

полевых данных производится на базе программного обеспечения CREDODAT.

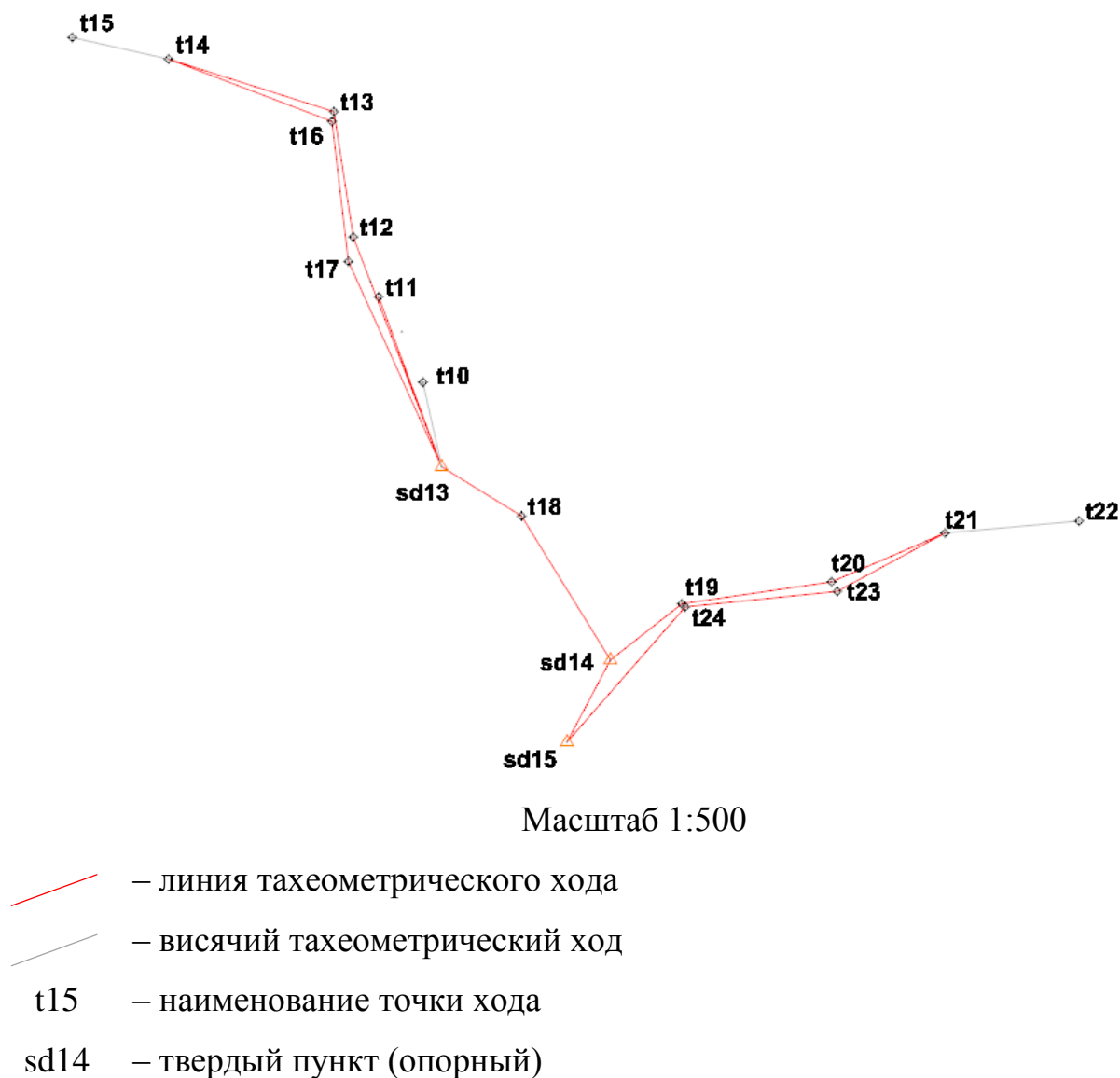


Рис. 2. – Тахеометрический ход вдоль СТ–3

После создания теодолитных ходов и проведения съёмки определяется допустимая и фактическая невязки, производится уравнивание теодолитного хода (табл. 4).

$$f_{\beta\text{доп}} = \pm c\sqrt{n};$$

где  $c$  – инструментальная погрешность прибора ( $10''$ ),  $n$  – количество углов в теодолитном ходу,  $f_{\beta\text{доп}}$  – допустимая угловая невязка.

$$f_{\beta\text{факт}} = \sum\beta_{\text{изм}} - \sum\beta_{\text{т}};$$

где  $\sum\beta_{\text{изм}}$  – сумма измеренных углов в теодолитном ходе,  $\sum\beta_{\text{т}}$  – теоретическая сумма углов в ходе, которая равна произведению развернутого угла на количество углов в ходе минус два ( $180^\circ \cdot (n - 2)$ ),  $f_{\beta\text{факт}}$  – фактическая угловая невязка.

Таблица № 4

## Характеристика тахеометрических ходов

Ход	Класс	Точки хода	Длина хода, м	Fb факт.	Fb доп.
1	2	3	4	5	6
1	3-й класс, II класс ГС, СГГС-1	a208, t2, a209	95,735	-0°00'02"	0°00'05"
2	3-й класс, II класс ГС, СГГС-1	a209, t5, a210	239,849	0°00'04"	0°00'05"
3	3-й класс, II класс ГС, СГГС-1	sd13, t12, ..., t17	411,587	0°00'04"	0°00'07"
4	3-й класс, II класс ГС, СГГС-1	sd13, t18, sd14	125,540	-0°00'01"	0°00'05"
5	3-й класс, II класс ГС, СГГС-1	sd14, t19, ..., sd15	391,831	-0°00'00"	0°00'08"

В силу того, что фактические невязки находятся в допуске, приступают к непосредственному снятию точек подпорной стены (стенная марка, марка на конструкции нагельных полей и др.). Полученные данные обрабатываются в камеральных условиях, по результатам которых получают координаты точек, для которых рассчитывают перемещения ( $\Delta S$ ), как корень из суммы квадратов перемещений по ХУН, с результатами предыдущего цикла и в ретроспективе всех, проведенных циклов (табл. 5). Например,

при выявлении перемещений подпорных сооружений или других защитных конструкций не только по линии тренда действия гравитационных сил, но и вверх относительно массива грунта свидетельствует о некорректно выполненных строительномонтажных работах при условии исключения погрешностей и ошибок измерений. Здесь, основание конструкции не довели до проектных отметок, а именно: до коренных пород, которые подвергаются оползневым процессам в составе древних оползней, не распространенных на территории Краснодарского края или по иным причинам. Так, геотехнический мониторинг может являться дополнительной проверкой строительной организации на предмет полноты выполнения проектных мероприятий [13].

Таблица № 5

Ведомость координат ственных марок на габионном сооружении

Имя пункта	$\Delta X$ , мм	$\Delta Y$ , мм	$\Delta H$ , мм	$\Delta S$ (цикл), мм	$\Delta S$ (весь период), мм
g1	2	0	0	2	12
g2	-3	0	0	3	18
g3	-2	-1	-1	2	20
g4	-3	-1	-1	3	16
g5	3	1	1	3	14
g6	-1	1	1	2	19
g7	1	1	1	2	7
g8	0	-1	0	1	9
g9	1	0	1	1	8
g10	-3	-4	0	5	10

По полученным координатам нулевого и последующего циклов мониторинга рассчитывается перемещение и при необходимости предпринимаются меры по реконструкции подпорной стенки. Таким образом, для исследуемого объекта локальные перемещения (перемещения за цикл) находятся в допуске, но перемещения за весь период превышают



допустимые 10 мм. На участке расположения марок g1, g2, g4, g5, g6 необходимо увеличение количества измерений. Для участка g3 рекомендуется установка системы автоматизированного сбора информации по средствам датчиков с целью своевременного выявления стремительного сдвига грунтов. В части стабилизации ситуации рекомендуется: организация мероприятий по отведению поверхностных вод за счет очистки системы водоотведения и устройства дополнительных элементов, производство санации трещин в конструкции защитных сооружений, восстановить деформированные участки противоэрозионной защиты. При условии сохранения величины деформаций в последующих циклах необходима система мероприятий по стабилизации ситуации на местности путем: размещения/реконструкции водоотводящих каналов вдоль линейных объектов с целью предотвращения переувлажнения грунтов; разработки агролесомелиорационных мероприятий по укреплению склонов за счет зеленых насаждений. При получении критических значений в ретроспективе нескольких циклов необходимо принятие проектных решений: реконструкция существующих подпорных сооружений, укрепление конструкций за счет возведения дополнительных сооружений с использованием анкерных свай и др. [14].

Таким образом, проведение инструментального мониторинга основано на циклических геодезических измерениях и вычислении перемещений за цикл, такой состав работ позволяет вовремя обнаружить активизацию оползневого процесса, которая заметна только в ретроспективе. Также на базе данных за два цикла уже можно строить прогнозы и определять с какой частотой необходимо проводить измерения. Нулевой цикл является наиболее сложным и ответственным звеном т. к. отвечает за установку реперов, стенных марок, определяет первоначальные координаты пунктов ОГС и точек съёмочного обоснования, которые будут использоваться в

---

последующих циклах мониторинга. Помимо этого, данные геодезических измерений при проведении мониторинговых работ являются основанием для проведения оценки технического состояния инженерных конструкций, зданий и т.д. Здесь при оптимальном составе работ в процессе производства геотехнического мониторинга обеспечивается не только повышение безопасности строительства, но и за счет своевременного предупреждения критической активизации оползневых процессов достигается экономическая эффективность.

### Литература

1. Valletta A.; Carri A.; Segalini A. Innovative monitoring instruments as support tools for natural risks management. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana 2019, 48, pp.76–83.

2. Маций С. И., Рябухин А. К. Геотехнический мониторинг: учебное пособие // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар – КубГАУ, 2019. – С. 51.

3. Розенберг И. Н. Геотехнический мониторинг транспортных объектов // Славянский форум. – 2021. – № 3(33). – С. 129-139.

4. Маций С. И., Маций В. С. Оценка оползневого риска по данным геотехнического мониторинга // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата «ГЕОРИСК – 2018» : Материалы X Международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков: в 2 томах, Москва, 23–24 октября 2018 года / Отв. ред. Н. Г. Мавлянова. Том I. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2018. – С. 345-349.

5. Егоров Е. А. Некоторые организационно-технологические решения геотехнической защиты в стеснённых условиях // Инженерный вестник Дона, 2018, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4758](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4758).

---

6. Лесной В. А., Маций С. И. Геотехнический мониторинг сооружений инженерной защиты автомобильных дорог // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 1096-1097.

7. Yanchuk O., Dets T., Dmytriv O. [et al.]. Development of geoinformation system for identification and time monitoring of damaged lands due to illegal extraction of amber // Geodesy and Cartography (Vilnius). – 2020. – Vol. 46, No. 3. – pp. 136-144. – DOI 10.3846/gac.2020.9698.

8. Маций С. И. Факторы оползневого риска геотехнических систем // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 2. – С. 50-51.

9. Маций С. И., Маций В. С. Применение гармонизированных стандартов в практике проектирования геотехнических сооружений // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения : Сборник тезисов по материалам V Национальной конференции, Краснодар, 08–09 июля 2020 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 14.

10. Маций С. И., Любарский Н. Н., Бычихин А. С. Методика оценки технического состояния подпорных стен по внешним признакам // Геотехника. – 2011. – № 5. – С. 30-37.

11. Ивасик Д. В., Васильченко А. А., Кокарев К. В. Инновации современной геодезии в дорожном и аэродромном строительстве // Инженерный вестник Дона, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4896.

---

12. Мартынова Н. С., Лозовая С. Ю., Лозовой Н. М. Специфика современных требований работы с опорными геодезическими сетями // Вектор ГеоНаук. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 79-82.

13. Маций С. И., Базиз А. Исследование основных факторов обрушения грунтовых анкеров в практике отечественного строительства // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов: Сборник тезисов по материалам Международной конференции, Краснодар, 03–04 апреля 2018 года / Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 35.

14. Расщупкин М. С., Рослик В. П., Маций С. И. Мониторинг строительных объектов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко, Краснодар, 26–30 ноября 2016 года / Отв. за вып. А. Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 1142-1143.

### References

1. Valletta A. Carri A. Segalini A. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana 2019. 48. p. 76-83.

2. Matsiy S. I., Ryabukhin A. K. Geotexnicheskij monitoring [Geotechnical monitoring]. Uchebnoe posobie. Ministerstvo selskogo khozyajstva Rossijskoj Federacii, Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Krasnodar. KubGAU, 2019. p. 51.

3. Rozenberg I. N. Geotexnicheskij monitoring transportnyx obektov Slavyanskij forum. 2021. № 3(33). p. 129-139.

4. Matsiy S. I., Matsiy V. S. Analiz, prognoz i upravlenie prirodnyimi riskami s uchetom globalnogo izmeneniya klimata «GEORISK – 2018». Materialy

---

X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii po problemam snizheniya prirodnykh opasnostej i riskov. v 2 tomah, Moskva, 23–24 oktyabrya 2018 goda. Otv. red. N.G. Mavlyanova. Tom I. Moskva. Rossijskij universitet druzhby narodov (RUDN). 2018. pp. 345-349.

5. Egorov E. A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4758](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4758).

6. Lesnoy V. A., Matsiy S. I. Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa. Sbornik statej po materialam X Vserossijskoj konferencii molodyx uchenyx, posvyashhennoj 120-letiyu I. S. Kosenko, Krasnodar, 26–30 noyabrya 2016 goda. Otv. za vyp. A. G. Koshhaev. Krasnodar. Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina. 2017. pp. 1096-1097.

7. Yanchuk O., Dets T., Dmytriv O. [et al.]. Geodesy and Cartography (Vilnius). 2020. Vol. 46, № 3. pp. 136-144. DOI 10.3846/gac.2020.9698

8. Matsiy S. I. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2008. № 2. pp. 50-51.

9. Matsiy S. I., Matsiy V. S. Nauchno-texnologicheskoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa Rossii. problemy i resheniya. Sbornik tezisov po materialam V Nacionalnoj konferencii, Krasnodar, 08–09 iyulya 2020 goda. Krasnodar. Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina. 2020. p. 14.

10. Matsiy S. I., Lyubarsky N. N., Bychikhin A. S. Geotexnika. 2011. № 5. p. 30-37.

11. Ivasik D. V., Vasilchenko A. A., Kokarev K. V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4896](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4896).

12. Martynova N. S., Lozovaya S. Y., Lozovoy N. M. Vektor GeoNauk. 2018. T. 1, № 1. pp. 79-82.

13. Matsiy S. I., Baziz A. Institucionalnye preobrazovaniya APK Rossii v usloviyax globalnyx vyzovov. Sbornik tezisov po materialam Mezhdunarodnoj

---



konferencii, Krasnodar, 03–04 aprelya 2018 goda. Otv. za vypusk A.G. Koshhaev. Krasnodar Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina. 2018. p. 35.

14. M. S. Rasshchupkin, V. P. Roslik, S. I. Matsiy. Sbornik statej po materialam X Vserossijskoj konferencii molodyx uchenyx, posvyashhennoj 120-letiyu I. S. Kosenko, Krasnodar, 26–30 noyabrya 2016 goda. Otv. za vyp. A. G. Koshhaev. Krasnodar. Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina. 2017. pp. 1142-1143.

**Дата поступления: 15.11.2023**

**Дата публикации: 29.12.2023**