

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 3 / 2026, Vol. 18, Iss. 3 <https://esj.today/issue-3-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/45NZVN326.pdf>

DOI: 10.15862/45NZVN326 (<https://doi.org/10.15862/45NZVN326>)

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Коробка, А. В. Оценка геоэкологических рисков по данным геодезического и геотехнического мониторинга / А. В. Коробка // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/45NZVN326.pdf>. DOI: 10.15862/45NZVN326.

For citation:

Korobka A.V. Assessment of geoecological risks based on geodetic and geotechnical monitoring data. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(3): 45NZVN326. Available at: <https://esj.today/PDF/45NZVN326.pdf>. DOI: 10.15862/45NZVN326. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 502.64

Коробка Алексей Владимирович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

Аспирант

E-mail: alexwarsmith@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9175-7895>

Оценка геоэкологических рисков по данным геодезического и геотехнического мониторинга

Аннотация. В статье представлен риск-ориентированный подход к оценке геоэкологических рисков на основе интеграции данных геодезического и геотехнического мониторинга при строительстве и эксплуатации объектов в сложных инженерно-геологических условиях. Актуальность исследования обусловлена необходимостью своевременного выявления опасных деформационных процессов и оценки их возможного воздействия на окружающую среду, инженерную инфраструктуру и безопасность населения. Геоэкологический риск рассматривается как сочетание вероятности развития опасных деформационных процессов (осадки, крены, горизонтальные смещения, развитие зон сдвига, подтопление) и тяжести их последствий для природной среды и инженерной инфраструктуры. В качестве исходных данных использовалось высокоточное нивелирование, роботизированные тахеометры, а также пьезометрические и инклинометрические наблюдения за состоянием грунтового массива и подземных вод. Предложена схема обработки временных рядов деформаций, включающая выделение трендов, оценку скоростей и ускорений перемещений, анализ гидрогеологических факторов и выявление аномалий поведения системы «основание — сооружение — среда». Для оценки вероятности реализации опасных сценариев применяется логистическая модель, учитывающая деформационные и гидрогеологические показатели. Показано, что совместное использование геодезических и геотехнических данных повышает достоверность диагностики опасных процессов и позволяет перейти от фиксации деформаций к прогнозированию развития предаварийных состояний. Разработанный подход может применяться при организации систем геоэкологического мониторинга объектов капитального строительства и при разработке мероприятий по снижению геоэкологических рисков.

Ключевые слова: геоэкологический риск; геодезический мониторинг; геотехнический мониторинг; деформации; пьезометрия; водно-грунтовые условия; инженерные сооружения

Введение

Современное строительство в условиях плотной городской застройки и освоения территорий со сложными инженерно-геологическими условиями сопровождается ростом техногенной нагрузки на природную среду. Возведение подземных сооружений, глубоких котлованов, транспортной и гидротехнической инфраструктуры может приводить к изменению напряжённо-деформированного состояния грунтового массива, нарушению гидрогеологического режима, развитию осадок и горизонтальных смещений, а также к активации опасных геологических процессов. В подобных условиях особое значение приобретает система мониторинга, обеспечивающая своевременное выявление признаков опасного поведения системы «основание -сооружение-окружающая среда» [1–3].

Геоэкологические риски представляются как вероятность наступления неблагоприятных событий и тяжесть их последствий для природной среды, населения и инженерных сооружений. Традиционная оценка деформаций преимущественно ориентирована на обеспечение безопасности сооружения, в то время как геоэкологический подход анализирует взаимосвязь между деформациями, нарушением устойчивости гидротехнических систем, изменением гидрогеологических условий и миграцией загрязняющих веществ [3].

В последнее время стремительно развиваются методы геодезического мониторинга, основанные на использовании глобальных спутниковых систем, роботизированных тахеометров и высокоточного нивелирования [4–10]. Также активно развиваются методы геотехнического мониторинга такие как, контроль деформаций грунтового массива, измерение порового давления, пьезометрические и инклинометрические наблюдения [2; 11–13]. Интеграция этих данных позволяет получать более достоверную информацию о механизмах деформирования и оценивать вероятность перехода объекта в предаварийное состояние.

Несмотря на наличие значительного числа исследований в области деформационного мониторинга, проблема интегральной оценки геоэкологических рисков на основе совместного анализа геодезических и геотехнических данных остаётся недостаточно разработанной. В большинстве случаев мониторинг ограничивается фиксацией деформаций без перехода к оценке вероятности развития опасных процессов и их экологических последствий.

Материалы и методы

Для оценки геоэкологических рисков используются данные геодезического и геотехнического мониторинга. Геодезический блок включает в себя GNSS-наблюдения для определения пространственных перемещений контрольных пунктов, высокоточное нивелирование для оценки осадок сооружений и грунтового массива и тахеометрические измерения горизонтальных смещений и кренов [4–10]. Геотехнический блок включает пьезометрические наблюдения за уровнями и давлением подземных вод, инклинометрические измерения горизонтальных смещений грунтового массива и контроль деформаций конструктивных элементов и грунтов [2; 11–13].

Целью настоящей работы является разработка методического подхода к оценке геоэкологических рисков по данным геодезического и геотехнического мониторинга, основанного на интеграции деформационных и гидрогеологических наблюдений.

Совместное использование геодезических и геотехнических данных даёт возможность анализа пространственных деформаций и изменения водно — грунтовых условий, который можно осуществить на основании модели поведения контролируемых параметров.

Таким образом, для каждого контролируемого параметра $x(t)$ можно сформировать модель поведения по формуле (1):

$$x(t) = T(t) + S(t) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где:

$T(t)$ — трендовая;

$S(t)$ — сезонная;

$\varepsilon(t)$ — случайная составляющие.

Такое представление данных позволит определить деформационные тенденции на протяжении длительного времени. Для оценки динамики деформационных процессов стоит учитывать скорость и ускорение перемещений, которые выражаются в виде:

$$v(t) = dx/dt, \quad (2)$$

$$a(t) = dv/dt. \quad (3)$$

Одним из наиболее информативных параметров при диагностике перехода объекта от устойчивого состояния к предаварийному является скорость деформаций [6; 14]. Для выявления аномального поведения объекта можно использовать нормированную функцию (4):

$$Z(t) = \max \left(\frac{|x(t) - \hat{x}(t)|}{\sigma_x}, \frac{|v(t) - \hat{v}(t)|}{\sigma_v}, \frac{|a(t) - \hat{a}(t)|}{\sigma_a} \right), \quad (4)$$

где:

$\hat{x}(t)$, $\hat{v}(t)$ и $\hat{a}(t)$ прогнозные значения параметров;

σ_x , σ_v и σ_a — среднеквадратические отклонения параметров в период наблюдений.

Рост значения $Z(t)$ будет свидетельствовать о переходе системы к опасному режиму функционирования. В отличие от оценки только абсолютных перемещений, использование скоростей, ускорений и отклонений от прогнозного поведения позволит фиксировать ранние стадии развития деформационного процесса [14–16].

Также стоит учесть влияние на объект гидрогеологических факторов. Для оценки водно-грунтовых условий можно использовать индекс:

$$H_{gw}(t) = \frac{h(t) - h_{crit}}{\Delta h}, \quad (5)$$

где:

$H_{gw}(t)$ — наблюдаемое значение пьезометрического уровня;

h_{crit} — критический уровень;

Δh — диапазон допустимых изменений.

Повышение порового давления и изменение уровня подземных вод являются важными факторами развития осадок, сдвиговых деформаций и потери устойчивости грунтов [3; 13].

Вероятностная модель риска

Для оценки вероятности можно использовать логистическую модель:

$$P_k = \frac{1}{1 + \exp(-(\beta_0 + \beta_1 Z(t) + \beta_2 H_{gw}(t) + \dots))}. \quad (6)$$

Подобная модель позволяет учитывать как деформационные показатели, так и изменение гидрогеологических условий [17–19].

Интегральный показатель риска будет определяться выражением:

$$R(t) = \sum w_k P_k(t) C_k, \quad (7)$$

где:

C_k — последствия реализации сценария;

w, k — весовые коэффициенты.

Весовые коэффициенты, должны задаваться с учётом категории ответственности сооружения, близости водных объектов, инженерных сетей и плотности городской застройки.

Для практической демонстрации методики мною были использованы данные технического отчета по результатам геотехнического мониторинга на объекте в г. Москве, который включал циклы наблюдений за осадкой строящегося зданий, вертикальными и горизонтальными перемещениями инженерных коммуникаций, осадкой зданий окружающей застройки, горизонтальными перемещениями ограждения котлована, инклинометрией и уровнями подземных вод.

В качестве контролируемого параметра $x(t)$ для вертикальных наблюдений использовалась накопленная осадка, вертикальное перемещение инженерных коммуникаций, горизонтальное перемещение инженерных коммуникаций, горизонтальное перемещение ограждения котлована и горизонтальное смещение по профилю скважины для инклинометрии. Уровни подземных вод были приняты как гидрогеологический фактор $H_{gw}(t)$.

Тренд $T(t)$ определялся линейной аппроксимацией методом наименьших квадратов. Сезонная составляющая $S(t)$ принималась как среднее отклонение для месяца расчетного цикла при наличии повторных наблюдений в тот же месяц; при недостатке сезонных повторов $S(t) = 0$. Случайная составляющая $\varepsilon(t)$ определялась как остаток между фактическим значением и суммой тренда и сезонной компоненты.

Скорость v_i рассчитывалась по последнему межцикловому интервалу как конечная разность перемещения, а ускорение a_i — как конечная разность двух последовательных скоростей.

Формирование весовых коэффициентов

Для расчета весовых коэффициентов использованы предельные значения перемещений, заданные для основных классов наблюдений, которые взяты из СП 22.13330.2016 и геотехнического прогноза: вертикальные перемещения колодцев и зданий — 30 мм; горизонтальные перемещения колодцев — 60 мм; горизонтальные перемещения котлована — 100 мм. Чем меньше допустимое предельное перемещение, тем выше чувствительность объекта к деформации и тем больше вес соответствующего класса.

Сначала определялись обратные величины предельных перемещений: $1/30 = 0,0333$; $1/60 = 0,0167$; $1/100 = 0,01$. Сумма обратных величин составила 0,0600. После нормирования получены веса классов: $W_{\text{верт}} = 0,0333/0,06 = 0,556$; $W_{\text{гор.колодцы}} = 0,0167/0,06 = 0,278$; $W_{\text{котлован}} = 0,01/0,06 = 0,167$. Сумма весов классов равна 1,0.

Чтобы исключить искусственное завышение риска за счет неодинакового числа марок в разных группах, вес класса распределялся между всеми точками соответствующей группы. В расчете учтено 178 точек вертикальных перемещений колодцев и зданий, 75 точек горизонтальных перемещений колодцев и 119 точек горизонтальных перемещений котлована.

Матрица геоэкологического ущерба

Тяжесть последствий C_k определялась через матрицу геоэкологического ущерба: $C_k = 0,4C_{infra} + 0,4C_{env} + 0,2C_{soc}$, где C_{infra} — инфраструктурный ущерб; C_{env} — экологический ущерб; C_{soc} — социально-эксплуатационный ущерб.

Для оценки ущерба предложена балльная градация компонентов.

Инфраструктурный ущерб (C_{infra}), который отражает последствия для коммуникаций, зданий, сооружений, ограждения котлована и дорожного покрытия максимально оценивался в 40 баллов (0 — незначительный: 10 — локальный, 20 — средний, 30 — значительный и 40 — критический).

Экологический ущерб (C_{env}), отражающий подтопление территории, загрязнение грунтов, загрязнение подземных вод, изменение гидрогеологического режима и активизацию опасных геологических процессов был определен максимально в 35 баллов (0 — отсутствует, 10 — незначительный, 20 — средний, 35 — высокий).

Социально-эксплуатационный ущерб (C_{soc}), связанный с угрозой населению, нарушением эксплуатации объектов, ограничением движения транспорта, прекращением работы инженерных сетей оценивался в максимальные 20 баллов (0 — отсутствует, 10 — незначительный, 15 — средний, 25 — высокий).

Таким образом $C_{max} = 40 + 35 + 25 = 100$ баллов. Все частные компоненты задавались в безразмерной шкале от 0 до 1.

Для вертикальных перемещений колодцев и зданий приняты $C_{infra} = 0,80$, $C_{env} = 0,70$, $C_{soc} = 0,70$; тогда $C_i = 0,4 \cdot 0,80 + 0,4 \cdot 0,70 + 0,2 \cdot 0,70 = 0,74$. Для горизонтальных перемещений колодцев приняты $C_{infra} = 0,75$, $C_{env} = 0,65$, $C_{soc} = 0,60$; тогда $C_i = 0,68$. Для горизонтальных перемещений котлована приняты $C_{infra} = 0,90$, $C_{env} = 0,80$, $C_{soc} = 0,70$; тогда $C_i = 0,82$.

Результаты и обсуждение

По результатам анализа данных геотехнического мониторинга с использованием весов, на основе предельных перемещений и матрицы геоэкологического ущерба получен интегральный показатель $R(t) = 0,51$. Значение находится в интервале 0–1, что соответствует умеренному уровню геоэкологического риска. Сводные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчет геоэкологического риска

Наблюдаемые параметры	Количество точек	L_{max} , мм	W_g	C_k	R для группы
Вертикальные перемещения колодцев и зданий	178	30	0,556	0,74	0,3
Горизонтальные перемещения колодцев	75	60	0,278	0,68	0,11
Горизонтальные перемещения котлована	119	100	0,167	0,82	0,1
ИТОГО	342	—	1,0	—	0,51

Составлено автором

Наибольший вклад в интегральный риск внесла группа вертикальных перемещений колодцев и зданий: $R = 0,3$. Для горизонтальных перемещений колодцев получен вклад $R = 0,11$; для горизонтальных перемещений котлована $R = 0,1$.

Анализ позволяет зафиксировать максимальное значение $Z(t)$ для точек измерения, которые требуют приоритетной инженерной проверки и сопоставить с фактическим состоянием конструкций и грунтового массива.

Расчет подтверждает, что использование нормированных весов и матрицы геоэкологического ущерба позволяет получить показатель риска. Такой подход может применяться для сопоставления разных контролируемых параметров мониторинга и принятия решений в системе геоэкологического контроля.

Для оценки геоэкологических рисков совместный анализ геодезических и геотехнических данных и интегральный подход может быть более эффективен. Использование только геодезических наблюдений позволяет зафиксировать пространственные перемещения, однако не обеспечивает достаточной информацией о причинах их возникновения. Включение в анализ гидрогеологических параметров существенно повышает достоверность интерпретации деформационных процессов [11–13]. Анализ временных рядов показал, что переход к опасному состоянию сопровождается не только увеличением абсолютных перемещений, но и ростом скорости деформаций. Наиболее информативными оказались изменения скоростей осадок и горизонтальных смещений, фиксируемых высокоточными геодезическими и инклинометрическими наблюдениями [6; 14]. Рост пьезометрических уровней сопровождался увеличением скорости осадок и горизонтальных смещений. Подобная зависимость объясняется снижением эффективных напряжений в грунтовом массиве при повышении порового давления [3]. В ряде случаев изменение гидрогеологического режима предшествовало активизации деформаций, что позволяет рассматривать пьезометрические наблюдения в качестве раннего индикатора развития опасного процесса.

Применение логистической модели позволит перейти от качественной интерпретации результатов мониторинга к количественной оценке вероятности развития опасных сценариев. Полученные результаты показали, что при совместном росте деформационных и гидрогеологических показателей вероятность реализации опасного сценария возрастает. Это особенно важно для объектов, расположенных вблизи водных объектов и в условиях плотной городской застройки. Интегральный показатель риска позволяет учитывать не только вероятность опасного процесса, но и тяжесть его последствий. Введение весовых коэффициентов обеспечивает возможность адаптации методики к различным типам объектов и условиям строительства [19–21].

Результаты исследования согласуются с современными направлениями развития систем геотехнического и геодезического мониторинга, ориентированных на создание цифровых систем раннего предупреждения и рискориентированного управления состоянием инженерных сооружений [22–26].

Практическая реализация предложенного подхода может быть использована при организации мониторинга глубоких котлованов, транспортных сооружений, гидротехнических объектов, а также в районах развития опасных геологических процессов. В отличие от традиционного контроля деформаций, предложенная методика обеспечивает возможность оценки вероятности опасного состояния и своевременного принятия инженерных решений.

Заключение

Предложен методический подход к оценке геоэкологических рисков по данным геодезического и геотехнического мониторинга. Методика основана на интеграции деформационных и гидрогеологических наблюдений, анализе скоростей деформаций и вероятностной оценке риск — сценариев.

Показана возможность совместного использования данных высокоточного нивелирования, тахеометрии, пьезометрии и инклинометрии, которая позволяет повысить достоверность диагностики опасных процессов и обеспечить переход от фиксации деформаций к прогнозированию развития предаварийных состояний.

Использование интегрального показателя риска обеспечивает формализованную связь между результатами мониторинга и управленческими решениями. Предложенный подход может применяться при разработке программ геоэкологического мониторинга и систем риск — ориентированного управления для объектов строительства и инфраструктуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Peck R.B. Advantages and Limitations of the Observational Method in Applied Soil Mechanics // *Géotechnique*. 1969. Vol. 19. No. 2. P. 171–187.
<https://doi.org/10.1680/geot.1969.19.2.171>.
2. Glisic B., Inaudi D. *Fibre Optic Methods for Structural Health Monitoring*. Wiley, 2008. 262 p. <https://doi.org/10.1080/15732470802532265>.
3. Fell R., Corominas J., Bonnard C. et al. Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning // *Engineering Geology*. 2008. Vol. 102. P. 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>.
4. Jäger R., González F. GNSS/LPS based online control and alarm system (GOCA)-mathematical models and technical realization of a system for natural and geotechnical deformation monitoring and hazard prevention // *Geodetic Deformation Monitoring: From Geophysical to Engineering Roles: IAG Symposium Jaén, Spain March 17–19, 2005*. — Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006. — С. 293–303. URL: www.goca.info.
5. Li R. et al. A new method for deformation monitoring of structures by precise point positioning // *Remote Sensing*. — 2023. — Т. 15. — № 24. — С. 5743. <https://doi.org/10.3390/rs15245743>.
6. Du Y., Huang G., Zhang Q., Gao Y. Asynchronous RTK Method for Detecting the Stability of the Reference Station in GNSS Deformation Monitoring // *Sensors*. 2020. Vol. 20. No. 5. Article 1320. <https://doi.org/10.3390/s20051320>.
7. Chen Q., Jiang W., Meng X. et al. Vertical Deformation Monitoring of the Suspension Bridge Tower Using GNSS // *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10. No. 3. Article 364. <https://doi.org/10.3390/rs10030364>.
8. Xi R., Jiang W., Meng X. et al. Bridge Monitoring Using BDS-RTK and GPS-RTK Techniques // *Measurement*. 2018. Vol. 120. P. 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.02.001>.
9. Gao R. et al. Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge deformation monitoring using PPP-RTK with multipath correction method // *GPS solutions*. — 2023. — Т. 27. — № 4. — С. 195. <https://doi.org/10.1007/s10291-023-01491-9>.
10. Xiao R. et al. Deformation monitoring of reservoir dams using GNSS: An application to south-to-north water diversion project, China // *Ieee Access*. — 2019. — Т. 7. — С. 54981–54992. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912143>.
11. Wang J., Shi Y. Design of GNSS-RTK Landslide Monitoring System Based on Improved Randa Criterion // *arXiv*. 2023. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.05977>.
12. Yang Y., Zheng Y., Yu W., Chen W. Deformation Monitoring Using GNSS-R Technology // *Advances in Space Research*. 2019. Vol. 63. No. 10. P. 3303–3314. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.01.033>.

13. Greif V. et al. Integrated monitoring techniques for landslide hazard assessment in Ruská Nová Ves (Eastern Slovakia) // *Acta Geologica Slovaca*. — 2025. — Т. 17. — № 2. — С. 63. URL: https://openurl.ebsco.com/results?sid=ebsco:ocu:record&bquery=IS+1338-0044+AND+VI+17+AND+IP+2+AND+DT+2025&link_origin=www.google.com&searchDescription=Acta%20Geologica%20Slovaca%2C%202025%2C%20Vol%2017%2C%20Issue%202.
14. Yang X. et al. GNSS-Based Monitoring Methods for Mining Headframes // *Applied Sciences*. — 2025. — Т. 15. — № 8. — С. 4368. <https://doi.org/10.3390/app15084368>.
15. Mao W. et al. GNSS Ground deformation observation network optimization assisted using prior InSAR-derived ground surface deformation and multiscale iteration estimation // *International Journal of Digital Earth*. — 2024. — Т. 17. — № 1. — С. 2329348. <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2329348>.
16. Zhao Y., Fan L., Seo H. Deformation measurement of a soil mixing retaining wall using terrestrial laser scanning // *arXiv e-prints*. — 2023. — С. arXiv: 2301.04811. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.04811>.
17. Viktoriya V. Kazantseva, Dmitrii S. Ozhigin, Nikolai S. Kosarev, Asel K. Satbergenova, Svetlana B. Ozhigina Development of complex system of geotechnical monitoring of technogenic objects based on geospatial data // *Записки Горного института*. 2026. № 276-1 (eng). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/development-of-complex-system-of-geotechnical-monitoring-of-technogenic-objects-based-on-geospatial-data> (дата обращения: 17.06.2026).
18. Teunissen P.J.G., Khodabandeh A. Review and principles of PPP-RTK methods // *Journal of Geodesy*. — 2015. — Т. 89. — № 3. — С. 217–240. <https://doi.org/10.1007/s00190-014-0771-3>.
19. Zumberge J.F. et al. Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks // *Journal of geophysical research: solid earth*. — 1997. — Т. 102. — № B3. — С. 5005–5017. <https://doi.org/10.1029/96JB03860>.
20. He X. et al. Recent advances in modelling geodetic time series and applications for earth science and environmental monitoring // *Remote Sensing*. — 2022. — Т. 14. — № 23. — С. 6164. <https://doi.org/10.3390/rs14236164>.
21. Wang Z. et al. Optimal monitoring location for tracking evolving risks to infrastructure systems: Theory and application to tunneling excavation risk // *Reliability Engineering & System Safety*. — 2022. — Т. 228. — С. 108781. <https://doi.org/10.1016/j.res.2022.108781>.
22. Chen D. et al. A multipath mitigation method in long-range RTK for deformation monitoring // *GPS solutions*. — 2022. — Т. 26. — № 3. — С. 96. <https://doi.org/10.1007/s10291-022-01281-9>.
23. Li J. et al. High-precision deformation monitoring and intelligent early warning for wellbore based on BDS/GNSS // *PLoS One*. — 2025. — Т. 20. — № 6. — С. e0325913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325913>.
24. He X. et al. Research Progress on Integration of GNSS and Geotechnical Monitoring Technologies for Deformation Observation // *Geodesy and Geodynamics*. 2026. DOI: 10.3876/j.issn.1000-1980.2026.01.008.
25. Maboudi M. et al. Very high resolution bridge deformation monitoring using UAV-based photogrammetry // *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. — 2025. — Т. 15. — № 8. — С. 3489–3508. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.18984>.
26. Mohanty A., Gupta S., Gao G. A Particle Filtering Framework for Integrity Risk of GNSS Sensor Fusion // *arXiv*. 2021. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.06044>.

Korobka Alexey Vladimirovich

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia

E-mail: alexwarsmith@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9175-7895>

Assessment of geocological risks based on geodetic and geotechnical monitoring data

Abstract. This article presents a risk-based approach to assessing geocological risks based on the integration of geodetic and geotechnical monitoring data during the construction and operation of facilities in complex engineering and geological conditions. The relevance of the study lies in the need for the timely identification of hazardous deformation processes and the assessment of their potential impact on the environment, engineering infrastructure, and public safety. Geocological risk is considered as a combination of the probability of hazardous deformation processes (subsidence, tilting, horizontal displacements, shear zone development, flooding) and the severity of their consequences for the natural environment and engineering infrastructure. High-precision leveling, robotic total stations, and piezometric and inclinometric observations of the soil mass and groundwater conditions were used as initial data. A scheme for processing deformation time series is proposed, including trend identification, assessment of displacement velocities and accelerations, analysis of hydrogeological factors, and identification of anomalies in the behavior of the «foundation-structure-environment» system. A logistic model that takes into account deformation and hydrogeological parameters is used to assess the likelihood of hazardous scenarios. It has been shown that the combined use of geodetic and geotechnical data improves the reliability of hazardous process diagnostics and enables the transition from deformation recording to predicting the development of pre-emergency conditions. The developed approach can be applied in organizing geocological monitoring systems for capital construction projects and in developing measures to reduce geocological risks.

Keywords: geocological risk; geodetic monitoring; geotechnical monitoring; deformations; piezometry; water-soil conditions; engineering structures.