

УДК 528.482+[551.435.1:556.537]
DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-39-49

Зависимость геотехнических параметров от сезона наблюдений на площадках строительства уникальных зданий и сооружений вблизи меандрирующих рек

А. В. Морозов¹✉, В. Н. Баранов¹

¹ Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: morarte@yandex.ru

Аннотация. При проектировании и строительстве таких уникальных зданий и сооружений (УЗиС), как гидроэлектростанции (ГЭС), атомные электростанции (АЭС), гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), проводятся комплексные геотехнические наблюдения (гидрогеологические, геофизические, геодезические) сначала при выборе оптимальной площадки строительства, далее при мониторинговых наблюдениях. Однако далеко не всегда эти параметры оцениваются совместно, что может внести неконтролируемые погрешности в высоты пунктов геодинимического полигона (ГДП) как исходной сети при строительстве и мониторинге УЗиС. Целью публикации является анализ многолетних геотехнических параметров (гидрогеологических, геофизических, геодезических), влияния изменения уровня грунтовых вод на высоты пунктов ГДП вблизи крупного речного массива в разные сезоны года, а также демонстрация амплитудных изменений высот и силы тяжести из-за изменения уровня грунтовых вод. Доказывается коррелированность геотехнических параметров между собой. Ставится вопрос о необходимости совершенствования нормативной документации в части проектирования ГДП и разработки методики учета разносезонных наблюдений при существенном изменении гидрогеологической ситуации (на примере меандрирующей реки). Данная категория рек уникальна тем, что в ней наблюдаются зоны ускорения и замедления водного потока, приводящие к дополнительным нагрузкам на прибрежные зоны и секторному заполнению участков территории. Обосновывается выбор и расположение исходных пунктов ГДП вне зоны влияния рассмотренных явлений, выполнения двух и более циклов мониторинговых круглогодичных наблюдений на ГДП. Демонстрируется эффективность применения геодезических высот по выявлению суммарных, упругих и остаточных деформаций.

Ключевые слова: уникальные здания и сооружения, геодинимический полигон, сезонные вариации, геотехнические параметры, меандрирующее русло реки, геодезическая высота, нивелирная высота, высокоточное нивелирование, сила тяжести

Для цитирования:

Морозов А. В., Баранов В. Н. Зависимость геотехнических параметров от сезона наблюдений на площадках строительства уникальных зданий и сооружений вблизи меандрирующих рек // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 5. – С. 39–49. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-5-39-49

Введение

Особенность проектирования УЗиС, таких как АЭС, ГАЭС, ГЭС, заключается в их расположении рядом с крупными реками и водоемами.

Для оценки геодинимических условий в районах размещения УЗиС организовывается специальная наблюдательная сеть, на ко-

торой ведутся периодические высокоточные наблюдения.

Пункты, составляющие эту сеть, принято называть пунктами геодинимического полигона.

Авторами уже рассматривались вопросы изменения силы тяжести и эллипсоидальных высот (геодезических высот) на ГДП из-за влияния уровня грунтовых вод на площадке

строительства уникальных зданий и сооружений [1, 2].

Данная статья призвана объединить геотехнические параметры и исследовать их вариации в разные сезоны года на пунктах ГДП, а также площадку строительства УЗиС, доказать, что необходимо выполнять не менее двух циклов наблюдений на ГДП рядом с крупными водными массивами при строительстве и эксплуатации УЗиС. Сравнение скоростей деформационных движений пунктов ГДП с периодом в 1 год является приближенной оценкой [3] и предполагает, что движение происходит детерминировано, что, как демонстрирует исследование, неверно.

Факторами, серьезно влияющими на динамику изменения подземных вод, являются как выпадающие осадки, так и речные массивы, снеготаяние и регион проведения замеров в скважинах.

Для регионов континентального климата по классификации Кёппена (зима со снегом) характерно стремительное заполнение уровня грунтовых вод с марта по апрель ввиду таяния снега и менее интенсивное осенью [4].

Для регионов умеренного климата с небольшой разницей температур летом и зимой максимум заполняемости грунтовых вод приходится на август – октябрь, что подтверждается мониторинговыми наблюдениями по пьезометрическим скважинам (рис. 1).

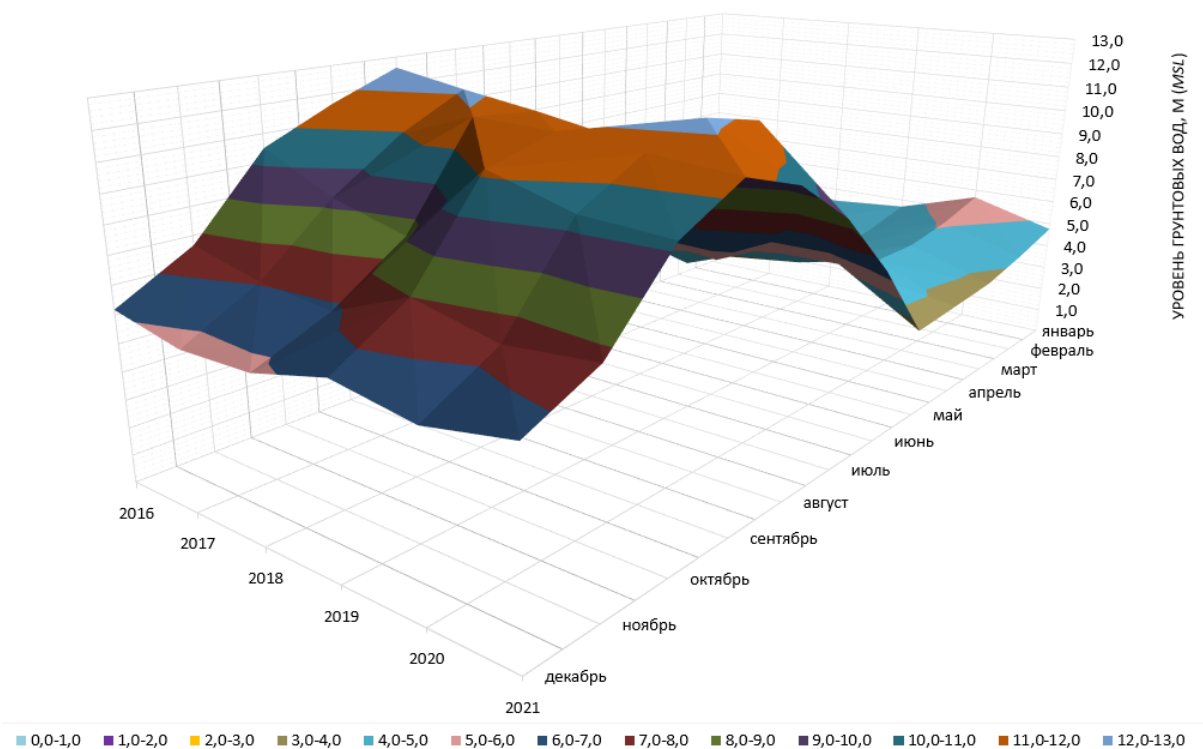


Рис. 1. Объемная модель уровня грунтовых вод с 2016 по 2021 г.

Средние показатели минимумов и максимумов уровня грунтовых вод представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средняя амплитуда изменения максимумов и минимумов уровня грунтовых вод на исследуемом участке строительства УЗиС

Период наблюдений, гг.	Максимум (август – сентябрь), м	Минимум (март – апрель), м	Амплитуда, м
2016–2021	11,76	4,00	7,76

Уровень грунтовых вод при максимуме в 2020 г. и минимуме в 2021 г., а также амплитуда представлены на рис. 2.

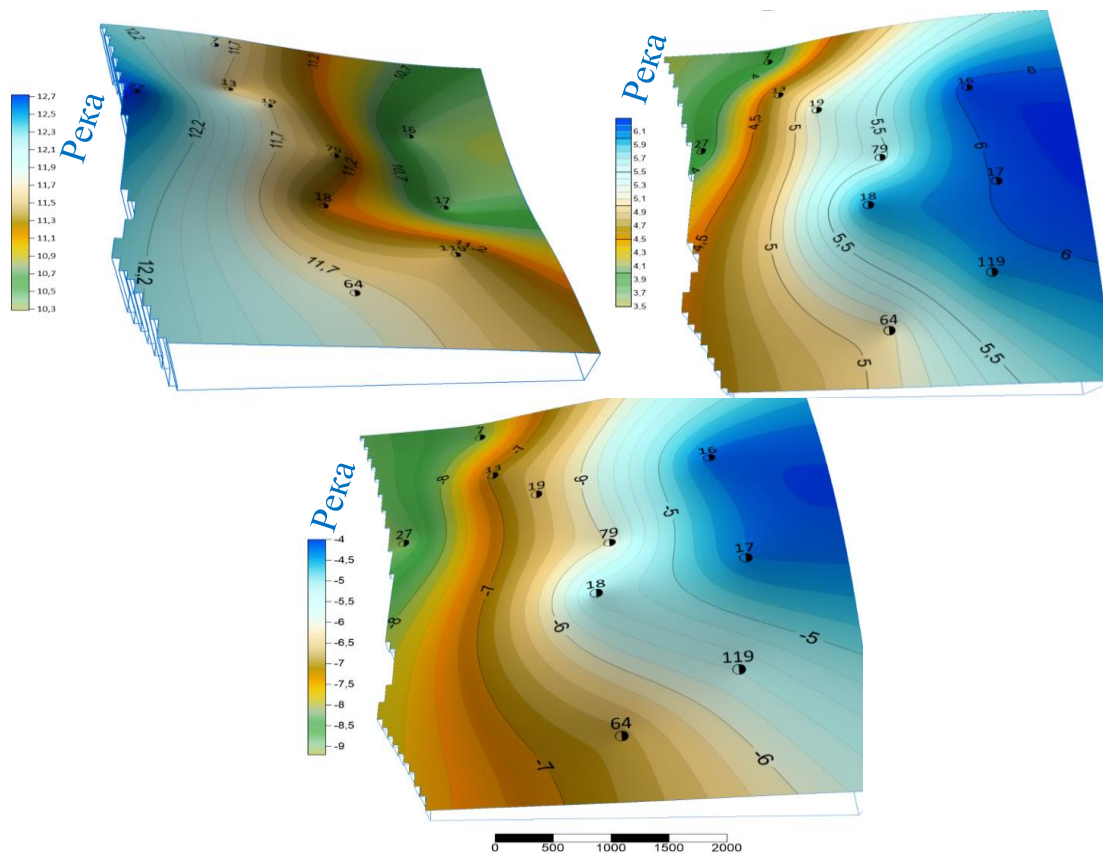


Рис. 2. Уровень грунтовых вод при максимуме в 2020 г. (слева), минимуме в 2021 г. (справа) и разница между сезонами 2020 и 2021 г. (снизу)

Ввиду отсутствия дополнительных скважин у реки (кроме 27 и 7) нанесем предполагаемый градиент, учитывая анализ других геотехнических параметров вдоль реки (рис. 3).

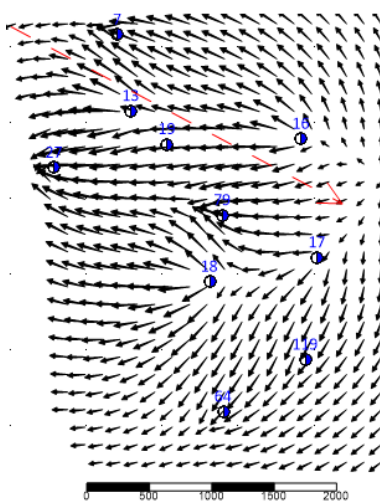


Рис. 3. Поле градиентов колебаний уровня грунтовых вод между максимумом 2020 г. и минимумом в 2021 г. Красный вектор демонстрирует предполагаемое максимальное изменение

Разница между уровнями грунтовых вод демонстрирует существенное колебание гидрогеологической ситуации (порядка 9 м), что оказывает влияние на геофизическую составляющую ГДП.

Для доказательства этого факта обратимся к рис. 4, на котором показано сравнение изменения силы тяжести в аналогичные периоды времени.

Исходя из изменения силы тяжести и уровня грунтовых вод как коррелированных параметров [2, 5], прослеживаются участки максимальных колебаний.

В теории речных излучин, изложенной профессором Р. С. Чаловым [6], у меандрирующих рек существуют зоны ускорения и замедления скорости водного потока (рис. 5).

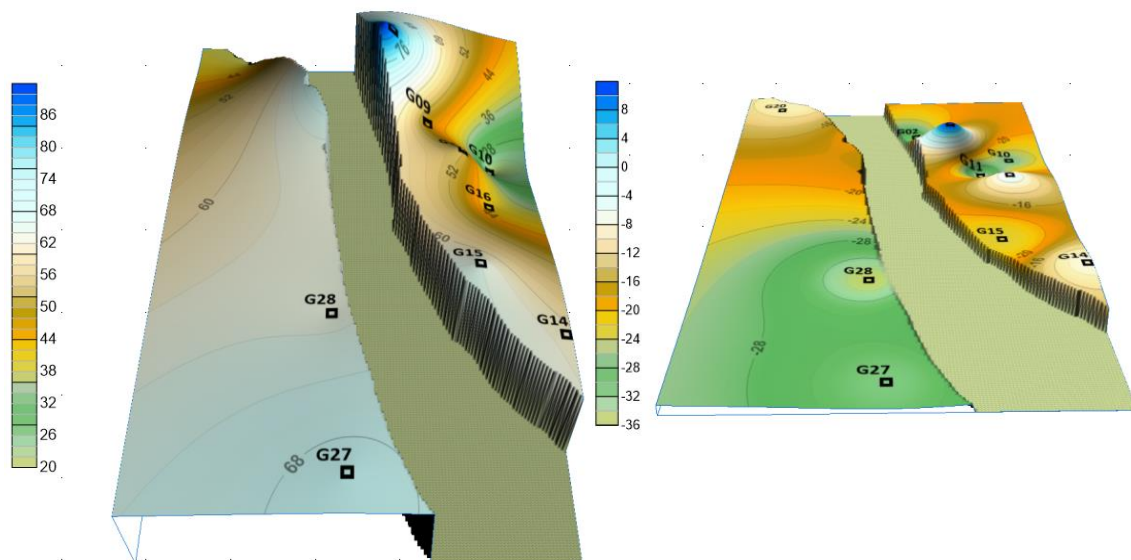


Рис. 4. Изменение силы тяжести при максимальном и минимальном уровне грунтовых вод в 2020 и 2021 г. (слева) и в одинаковые периоды года (справа)

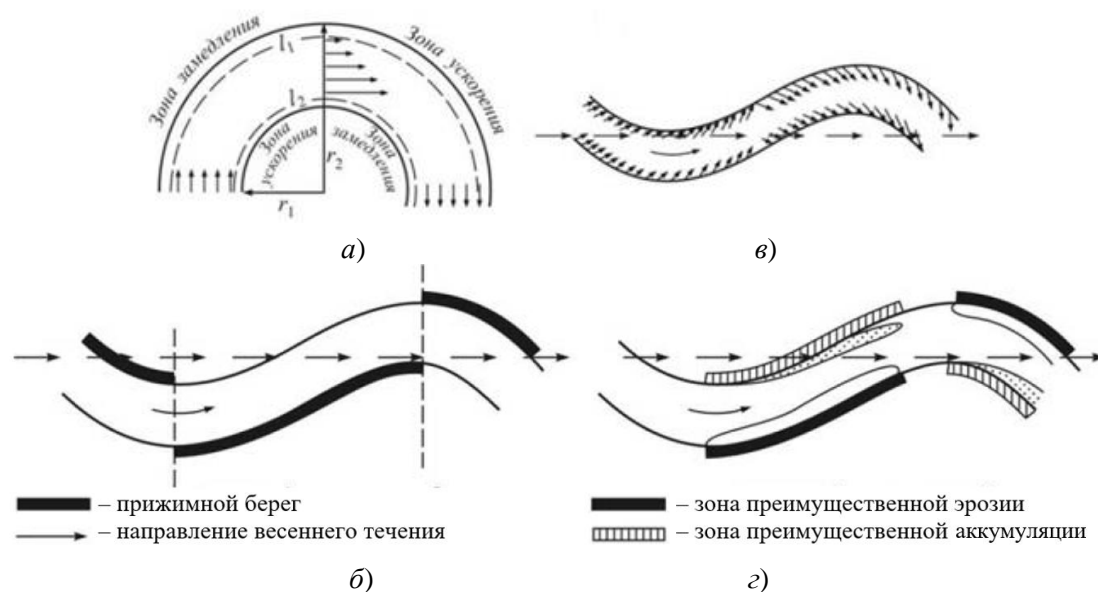


Рис. 5. Скоростное поле потока и его воздействие на берега в излучине русла [7]:

а) векторы средних скоростей течения; б) расположение сбойных берегов; в) направление циркуляционных течений в придонном слое; з) зоны аккумуляции и эрозии

Подобное шахматное расположение зон ускорения и замедления, аккумуляции и эрозии порождает поперечный уклон и, как следствие, зоны центробежной силы, действующей на береговую линию, а также зоны более интенсивного заполнения грунтовых вод речной водой (рис. 6).

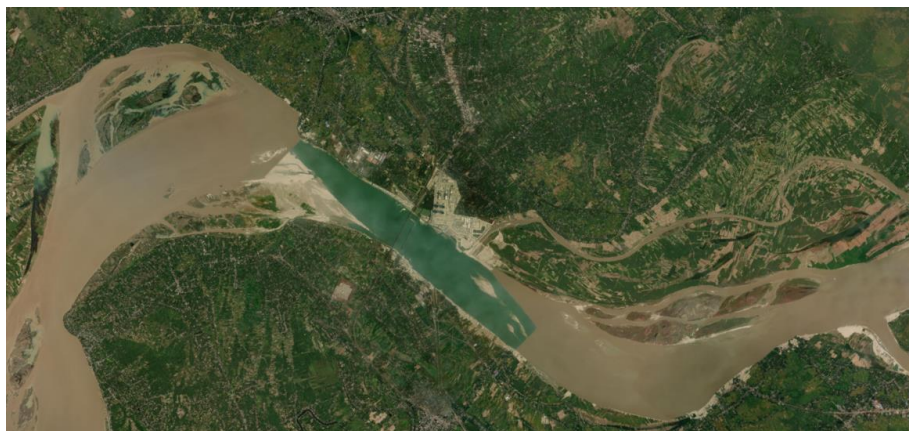


Рис. 6. Меандрирующая река вблизи ГДП и площадкой строительства УЗиС

Порождаемое давление и выпучивание вследствие заполняемости грунтовых вод приводит к локальной геодинамической нестабильности пунктов ГДП.

Для анализа этой гипотезы воспользуемся данными [2], а также данными вертикальных смещений (разность геодезических высот) пунктов ГДП, на которых проводились спутниковые наблюдения.

Влияние гидрологических нагрузок на спутниковые наблюдения рассматривались

в зарубежных трудах Анна Klos и Henryk Dobslow. Исследование выявило как долгопериодические вертикальные колебания (годовые), так и короткопериодические (месячные) [8].

Сравнение выполняется в аналогичные временные промежутки, как и измерение уровня грунтовых вод и силы тяжести. Рисунок вертикальных деформаций пунктов ГДП по спутниковым данным представлен на рис. 7.

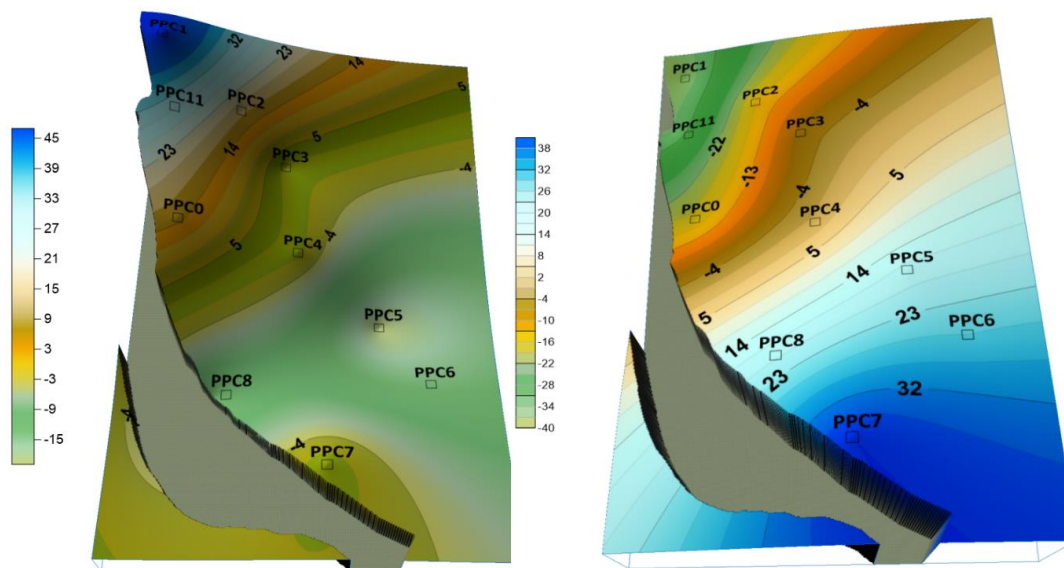


Рис. 7. Изменение геодезических высот пунктов ГДП при максимальном и минимальном уровне грунтовых вод в 2020 и 2021 г. соответственно (слева) и сравнение в одинаковые периоды года (справа)

Коррелированность вариаций силы тяжести и уровня грунтовых вод на пунктах ГДП и ближайших скважинах доказана в работе [2].

Применение спутниковых наблюдений для оценки СДЗП и пунктов ГДП является на сегодняшний день распространенной методикой. Ряд публикаций [9–11] позволил сделать вывод, что методом Precise Point Positioning (PPP) возможно зафиксировать изменения геодезических высот порядка 5 мм, точность обработки относительных спутниковых наблюдений еще выше.

В рамках предыдущего исследования [2] в том числе проводилось сравнение сезонных изменений геодезических высот на пунктах ITRF, СКП определения скорости смещения пунктов достигает 0,5 мм/год. Исследование продемонстрировало результаты:

- 1) присутствует сезонная периодичность изменения геодезических высот;
- 2) периодичность изменений связана с максимумом сезонных осадков;
- 3) амплитуда колебаний геодезических высот пункта исследования, расположенного

вблизи крупной реки, почти в 2 раза превышает колебания пункта, удаленного от водоема.

Главной особенностью геодезических высот является математически правильная исходная поверхность отсчета, которая позволяет вычислять высоты и превышения чисто геометрически. Нивелирные высоты зависят от многих геотехнических факторов, которые не всегда возможно учесть, несмотря на применение высокоточных цифровых нивелиров (Trimble Dini 0.3).

Фактически, разность геодезических высот в один и тот же сезон года (с периодом в 1 год) год является суммарной деформацией пункта ГДП (рис. 8):

$$DEF_{\Sigma} = DEF_{упр} + DEF_{ост}, \quad (1)$$

где DEF_{Σ} – суммарная деформация пункта; $DEF_{упр}$ – деформация, вызванная сезонными колебаниями; $DEF_{ост}$ – деформация, не исчезающая после разгрузки элемента, т. е. после сил упругих деформаций.

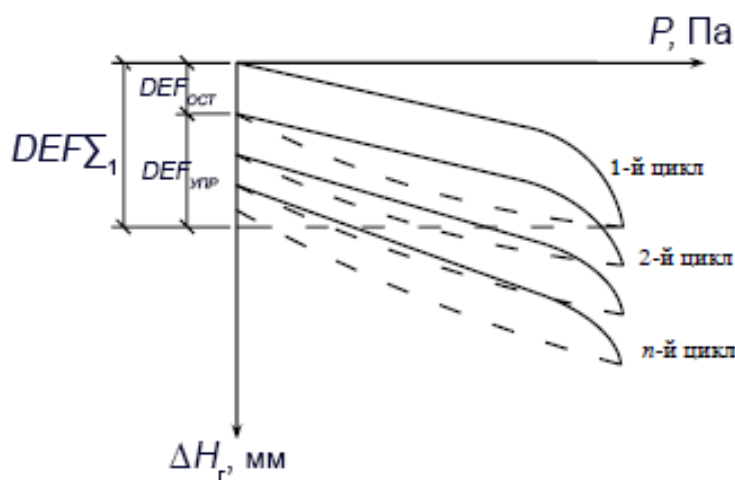


Рис. 8. Модель деформации пункта ГДП в результате сезонных колебаний

Часто уплотнение грунтов под тяжестью тела носит равномерный характер, с малой скоростью и постепенным затуханием осадки. Такие вертикальные деформации принято называть осадками уплотнения ($DEF_{пл}$):

$$DEF_{\Sigma} = DEF_{упр} + DEF_{ост} + DEF_{пл}. \quad (2)$$

($DEF_{пл}$) будет присутствовать до достижения стабилизации пункта, когда останется только упругая деформация, и ее возможно предрасчитать по модели деформаций типовых объектов.

Наиболее показательным методом выявления $DEF_{ост}$ и $DEF_{упр}$ являются постоянно действующие станции (рис. 9).

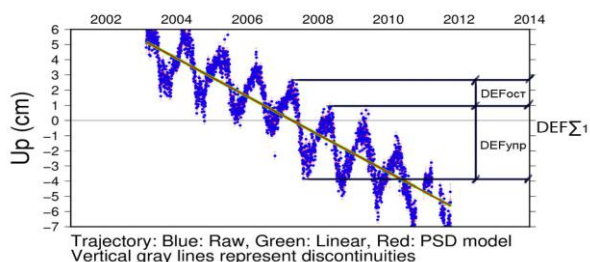


Рис. 9. Сезонные колебания геодезической высоты на постоянно действующей станции вблизи площадки УЗиС

Коррелированность между изменениями геодезических высот и уровнем грунтовых вод на исследуемом участке напрямую произвести невозможно ввиду разбросанности пунктов спутниковых наблюдений от скважин, в отличие от гравиметрических и нивелирных пунктов. Применяя метод индукции и доказанный факт о связи вариаций силы тяжести и уровня грунтовых вод [2, 12, 13], вы-

полним корреляционный анализ вариаций силы тяжести и разности геодезических высот для тех пунктов, которые находились в непосредственной близости (табл. 2).

Таблица 2

Результат вычисления коэффициента корреляции между вариациями силы тяжести и разностью геодезических высот пунктов ГДП

ID	ID	01.03.2020	01.09.2020	01.04.2021
PPC7	G13	0,8	0,8	0,8
PPC8	G14	0,8	0,8	0,8
PPC0	G09	0,8	0,8	0,8
PPC11	G08	0,8	0,8	0,8
PPC13	G20	0,8	0,8	0,8

На небольшом участке (рис. 10) видно, насколько близки колебания грунтовых вод и вертикальных деформаций.

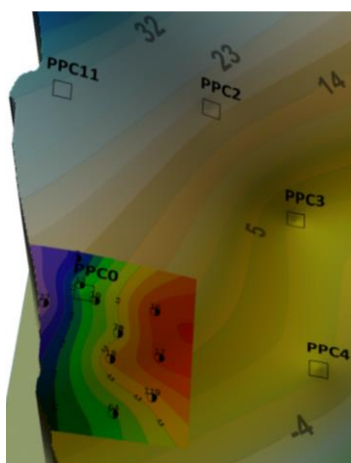


Рис. 10. Наложение изменения уровня грунтовых вод и геодезических высот на пунктах ГДП и скважинах при максимальном и минимальном уровне грунтовых вод в 2020 и 2021 г. соответственно

Заключение

В результате предлагается разработать следующие меры при планировании, развитии и наблюдениях на ГДП вблизи крупных и меандрирующих рек.

1. Добавить в п. 7.1.6. «Проектирование и создание геодинамического полигона (ГДП)»

[14] информацию о повторных наблюдениях не только с сейсмической характеристикой, но и для районов с существенными сезонными изменениями гидрогеологической ситуации. В качестве оценки включения района в область (критерий) повышенной гидрогеологической нагрузки применять характеристику изменения гравитационного поля на метр грунтовых вод

$(\frac{\text{мкГал}}{1 \text{ м. гр. вод}})$, а также изменения геодезиче-

ской высоты $(\frac{\Delta H_{\text{г}}}{1 \text{ м. гр. вод}})$. Предельные пара-

метры необходимо разработать и утвердить.

2. Размещать в непосредственной близости к пунктам ГДП (без вреда для конструкции) пьезометрические скважины для анализа гидрогеологической ситуации, а также проводить комплексный анализ мест предполагаемой закладки пунктов ГДП с применением гидрогеологической и геофизической информации для оценки локальной геодинамической активности.

3. Комплексные наблюдения (геодезические, геофизические и гидрогеологические) для УЗиС, расположенных рядом с крупными

водоемами, необходимо проводить в один временной промежуток для минимизации ошибок интерполяции в периоды максимума и минимума уровня грунтовых вод.

4. Согласно [15] и [16] периодичность проведения геодезических наблюдений в зависимости от категории ответственности АС до стабилизации осадок рекомендуется проводить 3 раза в год. Исходной сетью при уравнивании сетей деформационного мониторинга являются пункты ГДП. Сезонные колебания на отдельных пунктах ГДП могут быть переданы деформационным маркам, пунктам разбивочной и опорной сети. Данный факт может вызвать некорректную интерпретацию результатов деформаций и вертикальных перемещений, что неприемлемо при строительстве УЗиС, таких как АЭС, ГЭС, ГАЭС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морозов А. В., Баранов В. Н., Андреев В. К. Вариации силы тяжести из-за влияния уровня грунтовых вод на площадке строительства уникальных зданий и сооружений // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 4. – С. 92–97.

2. Морозов А. В., Баранов В. Н. Вариации геодезических высот, вызванные колебаниями силы тяжести, осадков и уровня грунтовых вод на площадке строительства уникальных зданий и сооружений [Электронный ресурс] // Успехи современного естествознания : электронный журнал. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38008> (дата обращения: 25.01.2024).

3. Файтельсон А. Ш., Миронов Н. Т., Юркина М. И. Медленные изменения гравитационного поля Земли и современные движения земной коры // Современные движения земной коры. – Новосибирск : Наука, 1978. – Ст. 28. – С. 154–162.

4. Дьяченко А. В., Марусин К. В., Коломейцев А. А., Вагнер А. А. Натурные исследования поля скоростей течения в излуцинах реки Обь на территории города Барнаула [Электронный ресурс] // Известия Русского географического общества : электронный журнал. – URL: <http://rgo-journal.ru/index.php/babrgs/article/view/27>.

5. Костицын В. И. О корреляционной зависимости между колебаниями уровня грунтовых вод и изменениями силы тяжести [Электронный ресурс] // Электронная библиотека Полоцкого государственного университета. – 2016. – URL: <https://elib.psu.by/handle/123456789/18390> (дата обращения: 23.01.2024).

6. Чалов Р. С., Завадский А. С., Панин А. В. Речные излуцины. – М. : МГУ, 2004. – 382 с.

7. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. – М. : МГУ, 2003. – 353 с.

8. Klos, Anna. Identifying the sensitivity of GPS to non tidal loadings at various time resolutions: examining vertical displacements from continental Eurasia / Anna Klos, Henryk Dobsław, Robert Dill // GPS Solutions : electronic journal. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10291-021-01135-w>.

9. Калинин В. В., Устинов А. В., Косарев Н. С. Влияние атмосферных нагрузок на результаты спутникового мониторинга здания станционного узла Загорской ГАЭС-2 методом PPP // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 34–41. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-34-41.

10. Устинов А. В. Разработка методики геодезического мониторинга гидротехнических сооружений в процессе компенсационного нагнетания (на примере здания Загорской ГАЭС-2) : дис. ... канд. тех. наук. – Новосибирск, 2022. – 156 с.

11. Трофимов Д. А. Определение координат пунктов из ГНСС-наблюдений методом PPP : учебное пособие. – СПб., 2019. – 73 с.
12. Юзефович А. П. Поле силы тяжести и его изучение. – М. : МИИГАиК, 2014. – 194 с.
13. ГКИНП (ГНТА)-04-122-03. Инструкции по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-парвовой системы «КонсультантПлюс».
14. СП 151.13330.2012. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС. Часть II. Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей документации и сопровождения строительства. – М. : Госстрой России, 2013. – 155 с.
15. Об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Требования по безопасности к строительным конструкциям зданий и сооружений атомных станций» (НП-041-22) [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 26.12.2022 № 464 (ред. от 15.11.2023). – Доступ из справ.-парвовой системы «КонсультантПлюс».
16. СТО СРО-Г 60542954 00007–2023. Геодезический мониторинг деформации зданий и сооружений атомных станций. Обработка данных и анализ [Электронный ресурс] // Официальный сайт СРО СОЮЗАТОМСТРОЙ. – URL: https://sro-atomgeo.ru/wp-content/uploads/file/3GEO/Documents/Standarts/2023/STO_SRO-G_60542954_00007-2023.pdf (дата обращения: 23.01.2024).

Об авторах

Артем Викторович Морозов – инженер.

Владимир Николаевич Баранов – доктор технических наук, профессор кафедры геодезии и геоинформатики.

Получено 26.02.2024

© А. В. Морозов, В. Н. Баранов, 2024

Dependence of geotechnical parameters on the observation season at the sites of construction of unique buildings and structures near meandering rivers

A. V. Morozov¹✉, V. N. Baranov¹

¹ State University of Land Use Planning, Moscow, Russian Federation

e-mail: morarte@yandex.ru

Abstract. When designing and constructing such unique buildings and structures (UBS) as hydroelectric power plants (HPP), nuclear power plants (NPP), pumped storage power plants (PSPP), comprehensive geotechnical observations (hydrogeological, geophysical, geodetic) are carried out, first when choosing the optimal construction site, then during monitoring observations. However, these parameters are not always assessed jointly, which can introduce uncontrolled errors in the heights of the points of the geodynamic polygon (GDP) as the initial network during the construction and monitoring of UBS. The purpose of the publication is to analyze long-term geotechnical parameters (hydrogeological, geophysical, geodetic), the effect of changes in the groundwater level on the heights of the GDP points near a large river massif in different seasons of the year, as well as to demonstrate amplitude changes in heights and gravity due to changes in the groundwater level. The correlation of geotechnical parameters with each other is proven. The article raises the issue of the need to improve regulatory documentation in terms of designing hydrodetic surveys and developing a methodology for taking into account multi-seasonal observations during significant changes in the hydrogeological situation (using a meandering river as an example). This category of rivers is unique in that it has zones of acceleration and deceleration of water flow, leading to additional loads on coastal zones and sectoral filling of areas of the territory. The article substantiates the choice and location of the initial

points of hydrodetic surveys outside the zone of influence of the phenomena considered, and the implementation of two or more cycles of year-round monitoring observations at hydrodetic surveys. The article demonstrates the effectiveness of using geodetic heights to identify total, elastic and residual deformations.

Keywords: unique buildings and structures, geodynamic polygon, seasonal variations, geotechnical parameters, meandering river bed, geodetic height, leveling height, high-precision leveling, gravity

REFERENCES

1. Morozov, A. V., Baranov, V. N., & Andreev, V. K. (2022). Variations of gravity due to the influence of the groundwater level on the construction site of unique buildings and structures *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya [Successes of modern natural science]*, No. 4, pp. 92–97. Retrieved from <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37815> (date of application: 01.25.2024) [in Russian].
2. Morozov, A. V., & Baranov, V. N. Variations of geodetic heights caused by fluctuations in gravity, precipitation and groundwater level at the construction site of unique buildings and structures. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya : elektronnyy zhurnal [Successes of modern natural science : electronic journal]*. Retrieved from: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38008> (date of access: 01.25.2024) [in Russian].
3. Feitelson, A. S., Mironov, N. T., & Yurkina, M. I. (1978). Slow changes in the gravitational field of the Earth and modern movements of the Earth's crust. *Sovremennyye dvizheniya zemnoy kory [Modern movements of the Earth's crust]*. Novosibirsk : Nauka, Art. 28, pp. 154–162.
4. Dyachenko, A. V., Marusin, K. V., Kolomeitsev, A. A., & Wagner, A. A. Field studies of the velocity field in the bends of the Ob River in the territory of the city of Barnaul. *Izvestiya Russian Geographical Society [News of the Russian Geographical Society]* Retrieved from <http://rgo-journal.ru/index.php/babrgs/article/view/27>, Date of publication: 02/21/2018 [in Russian].
5. Kostitsyn, V. I. (2016). On the correlation between fluctuations in the groundwater level and changes in gravity *Elektronnaya biblioteka Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. [Electronic Library of Polotsk State University]*. Retrieved from <https://elib.psu.by/handle/123456789/18390>, Date of reference: 01/23/2024 [in Russian].
6. Chalov, R. S. Zavadsky, A. S., & Panin, A. V. (2004). River bends. *Moscow : Moscow State University.*, 382 p. [in Russian].
7. Maccabees, N. I. (2003). Riverbed and erosion in its basin *Moscow : Moscow State University*, 353 p. [in Russian].
8. Klos, Anna, Henryk, Dobsław, Robert, Dill Identifying the sensitivity of GPS to non tidal loadings at various time resolutions: examining vertical displacements from continental Eurasia. *GPS Solutions*, Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10291-021-01135-w>.
9. Kalinnikov, V. V., Ustinov, A. V., & Kosarev, N. S. (2020). Influence of atmospheric loads on the results of satellite monitoring of the building of the Zagorskaya PSPP-2 station node by PPP method. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, Vol. 25. No. 3. pp. 34–41. DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-34-41 [in Russian].
10. Ustinov A. V. (2022). Razrabotka metodiki geodezicheskikh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy v protsesse kompensatsionnogo nagnetaniya (po tipu zdaniya Zagorskoy GAES-2) [Development of a methodology for geodetic monitoring of hydraulic structures in the process of compensatory injection (using the example of the building of Zagorskaya PSPP-2)] Doctor's thesis. Novosibirsk [in Russian].
11. Trofimov D. A. (2019). Determining the coordinates of points from GNSS observations using the PPP method: a textbook. *St. Petersburg*, 73 p. [in Russian].
12. Yuzefovich A. P. The field of gravity and its study. *Moscow: MIIGAiK*, 2014. 194 p. [in Russian].

13. GKINP (GNTA)-04-122-03 . Instructions for the development of the high-precision state gravimetric network of Russia [in Russian].

14. SP 151.13330.2012 Engineering surveys for the placement, design and construction of nuclear power plants. Part II. Engineering surveys for the development of design and working documentation and construction support. *Moscow : Gosstroy of Russia*, 2013, 155 p.

15. Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision RF No 464 of December 26, 2022 (ed. November 15, 2023) On the approval of federal norms and rules in the field of atomic energy use "Safety requirements for building structures of buildings and structures of nuclear power plants". Retrieved from ConsultantPlus online database [in Russian].

16. SRT SRO-G 60542954 00007-2023 Geodetic monitoring of deformation of buildings and structures of nuclear power plants. Data processing and analysis : The standard of the organization. *Official website of SRO SOYUZATOMSTROY sro-atomstroy.ru* Retrieved from https://sro-atomgeo.ru/wp-content/uploads/file/3GEO/Documents/Standarts/2023/STO_SRO-G_60542954_00007-2023.pdf (дата обращения: 23.01.2024).

Author details

Artem V. Morozov – engineer.

Vladimir N. Baranov – D. Sc., Professor, Department of Geodesy and Geoinformatics.

Received 26.02.2024

© A. V. Morozov, V. N. Baranov, 2024