

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕДР

*М. Б. Нурпеисова, Ж. М. Нукарбекова, Н. Д. Торехан, Б. А. Елеусинова,
Казахский национальный исследовательский технический университет (КазННТУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан*

Аннотация: Представлены геодезические методы и средства, отвечающие современному уровню развития геотехники. Отмечается важность совершенствования геодезических методов и средств обеспечения горных предприятий и мониторинга деформационного состояния земной поверхности. Особое внимание обращено на использование спутниковой технологии при освоении урановых месторождений.

Ключевые слова: месторождение, освоение, мониторинг, земная поверхность, методы, геодезические приборы, спутниковые технологии, обработка результатов, модели местности.

Для цитирования: Нурпеисова М. Б., Нукарбекова Ж. М., Торехан Н. Д., Елеусинова Б. А. Совершенствование геодезических методов мониторинга земной поверхности при освоении недр // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2. С. 35–39. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_35_39.

IMPROVEMENT OF GEODESIC METHODS MONITORING THE EARTH'S SURFACE DURING SUBSOIL DEVELOPMENT

*M. B. Nurpeissova, Zh. M. Nukarbekova, N. D. Torekhan, B. A. Eleusinova,
Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

Abstract: Geodetic methods and tools that meet the modern level of geotechnical development are presented. The importance of improving geodetic methods and means of providing mining enterprises and monitoring the deformation state of the Earth's surface is noted. Special attention is paid to the use of satellite technology in the development of uranium deposits.

Keywords: deposit, development, monitoring, Earth's surface, methods, geodetic instruments, satellite technologies, results processing, terrain models.

For citation: Nurpeissova M. B., Nukarbekova Zh. M., Torekhan N. D., Eleusinova B. A. Improvement of geodesic methods monitoring the earth's surface during subsoil development. Surveying and subsoil use. 2024;(2):35–39. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_35_39.

Основным богатством Республики Казахстан являются полезные ископаемые. По оценке ученых ведущих стран, Казахстан занимает шестое место в мире по запасам природных ресурсов. Свидетельством богатых природных ресурсов Казахстана является то, что из 110 элементов таблицы Менделеева в его недрах выявлены 99, разведаны 70, но пока извлекаются и используются 60 элементов. Казахстан – мировой лидер на рынке природного урана. Особенностью запасов урана в Казахстане является то, что около 80 % из них сосредоточено в месторождениях песчаникового типа, в водонасыщенных проницаемых породах. Этот тип месторождений может разрабатываться наиболее экологически предпочтительным методом подземного скважинного выщелачивания, обеспечивающим низкий уровень себестоимости добычи и минимальный ущерб окружающей среде [1].

Основное содержание. Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) является способом разработки рудных месторождений песчаникового типа, осуществляемым без подня-

тия руды на поверхность путем избирательного перевода ионов природного урана в продуктивный раствор непосредственно в недрах. При этом ураносодержащая руда остается под землей в отличие от традиционных методов добычи (шахтного и карьерного). Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) признает данную технологию самым экологически чистым и безопасным способом отработки месторождений, не требующим значительных затрат на рекультивацию [2, 3]. Тем не менее освоение недр опирается на использование достижения науки и техники, и это требует средств и упорного труда.

Одним из таких предприятий, входящих в состав Харасанского рудного поля и имеющих многолетний опыт добычи урана подземным скважинным выщелачиванием, является месторождение «Байкен-У» [4, 5].

Развитие горных работ на предприятии ТОО «Байкен-У» можно представить по расположению скважин на полигоне (рис. 1).



Рис. 1. Скважины на полигоне месторождения «Байкен-У»

Fig. 1. Wells in the landfill of the field «Bayken-U»

Цель исследований

Ведение мониторинга за деформационными процессами с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), обработка и анализ полученных результатов для обеспечения промышленной безопасности и экономической эффективности разработки урановых месторождений.

Методология исследований

При освоении любых месторождений одним из главных аспектов является правильное воплощение проектных решений и контроль состояния горных выработок или их составных элементов. Соблюдение этих обстоятельств, главным образом, обеспечивается нормативными методиками маркшейдерско-геодезических работ. Все маркшейдерско-геодезические работы опираются на плоскую (X, Y) и высотную (H) систему координат, определенную с высокой точностью. Эта система координат состоит из определенных точек, которые называются опорными точками [6-8].

В статье обращается внимание на состояние и пути совершенствования маркшейдерско-геодезических методик в области создания опорной маркшейдерско-геодезической сети и ведения мониторинга деформационных процессов. Два этапа взаимосвязаны и могут рассматриваться в единой системе координат. Это важно при рассмотрении горнотехнического объекта как единой системы.

Развитие способов построения маркшейдерской опорной сети, несомненно, определяется использованием спутниковых технологий измерений. Фактически глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) составили альтернативу, а в ряде случаев заменили собой плановое и высотное обоснование при передаче координат на съемочные пункты (сгущении координатной сети). Технология спутниковых определений [9] включает использование базовых станций.

При разработке урановых месторождений выполняется большой комплекс геодезических и маркшейдерских работ. Очевидно, что такой большой объем работ зачастую требует применения передовых технологий. К таким технологиям на современном этапе развития геодезии и маркшейдерии относятся аэрокосмические съемки, воздушное и наземное лазерное сканирование, метод глобального позиционирования определения координат, тахеометрический метод с использованием электронных тахеометров, нивелирование с использованием цифровых нивелиров [10, 11].

Второй этап исследований связан с одной из актуальных проблем при интенсивном ведении добычи полезных ископаемых — организацией наблюдений за деформационными процессами земной поверхности, а также с обработкой и анализом поступающей информации [12]. При разработке месторождений полезных ископаемых наблюдения напрямую увязаны с геодинамическими процессами [13-15]. В настоящее время наблюдениям за сдвижением земной поверхности уделяется повышенное внимание [16, 17], т. к. ни один вопрос безопасного и эффективного ведения горных работ не решается без знания параметров сдвижения горного массива и земной поверхности.

Результаты исследований

Схема расположения пунктов геодезического полигона приведена на рисунке 2.

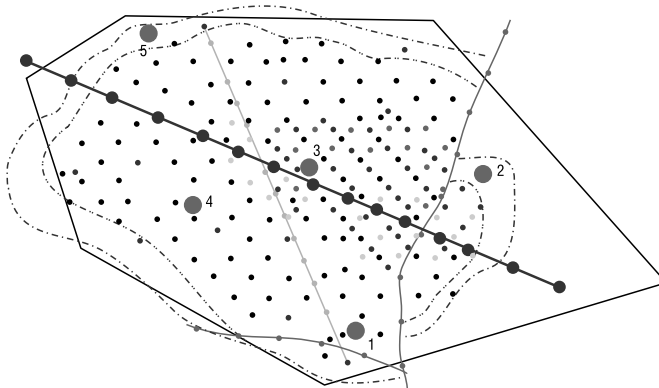


Рис. 2. Схема расположения пунктов полигона на территории разрабатываемого месторождения: черные кружки – нивелирные пункты, серые кружки – GPS-пункты

Fig. 2. The scheme of the design location of points on the territory of the developed field: black circles are leveling points, grey circles are GPS points

В соответствии с Программой работ по проведению наблюдения за деформационными процессами был выполнен очередной цикл нивелирования II класса повышенной точности и продолжено выполнение высокоточных GPS-измерений на территории месторождения. Измерения выполнялись на четырех GPS-пунктах (одном опорном пункте GPS-5 и трех рядовых) внутри контура залежи. Для выполнения GPS-измерений были использованы четыре комплекта GPS оборудования: двухчастотные приемники типа «Leica-1200».

Контрольные измерения выполнены на трех пунктах. Среднеквадратическая ошибка единичного определения координат составила $\pm 0,8$ мм, высот — $\pm 1,3$ мм. Эти результаты показали высокую точность работ, выполненных в период третьего цикла GPS-измерений, что позволило использовать эти результаты для сопоставления с результатами предыдущего цикла измерений [18].

Полученные в 2023 году координаты GPS-пунктов помогли в расчете векторов горизонтальной и вертикальной составляющих движений GPS-пунктов на месторождении. В свою очередь это позволило составить схемы площадного распределения вертикальной и горизонтальной компоненты движений GPS-пунктов за годовой интервал времени, схема которых приведена на рисунке 3.

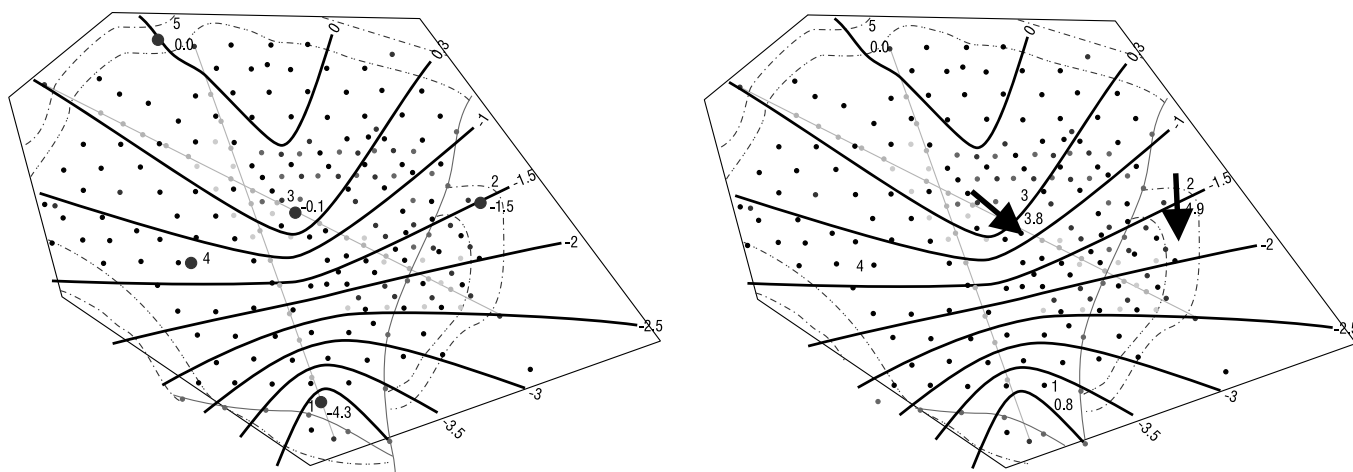


Рис. 3. Схема площадного распределения вертикальной компоненты движения GPS-пунктов (изолинии) (а); схема сопоставления площадного распределения вертикальной и горизонтальной компонент движений GPS-пунктов на территории месторождения по данным повторных GPS-измерений (б)
Fig. 3. Diagram of the areal distribution of the vertical component of the movement of GPS points (isolines) (a); diagram of the comparison of the areal distribution of the vertical and horizontal components of the movements of GPS points on the territory of the field according to repeated GPS measurement (b)

Заключение

На основании анализа этих схем были установлены следующие предварительные закономерности:

- ✧ практически вся территория месторождения характеризуется отрицательными значениями вертикальной компоненты движения GPS-пунктов. Среднее значение величин вертикальной компоненты движения GPS-пунктов для территории месторождения составляет -2,0 мм. Эта величина находится в области ошибок измерений. Максимальные отрицательные значения вертикальной компоненты движений за период в один год достигают -4,3 мм (рис. 3а) и превосходят ошибки измерений;
- ✧ полученные результаты сравнения первого и второго циклов GPS-измерений указывают на проседание земной поверхности в центральной и юго-восточной части месторождения. В этом отношении результаты повторных GPS-измерений качественно совпадают с результатами повторного нивелирования, которые также

указывают на процесс проседания земной поверхности территории месторождения;

- ✧ площадное распределение горизонтальной компоненты движений GPS-пунктов характеризуется в основном их направленным движением в юго-восточную часть месторождения (рис. 3б). Среднее значение горизонтальной компоненты составляет 3,2 мм. Максимальные значения горизонтальной компоненты движений GPS-пунктов достигают 4,9 мм (GPS-2). Эта величина движений превышает ошибки измерений и ее следует считать значимой.

Выводы

Усовершенствована методика проведения повторных наблюдений пунктов ГДП, включающая комплексные геодезические наблюдения: высокоточное цифровое нивелирование, применение электронных тахеометров и GPS-технологий, что позволит повысить точность и оперативность определения оседаний земной поверхности, а также эффективность мониторинга за счет компьютеризации полевых и камеральных геодезических работ. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Урановые месторождения Казахстана (эндогенные) / Н. Н. Петров, Б. Р. Берикболов, В. Г. Языков [и др.]. - Алматы, 2000. - 530 с.
2. Месторождения урана Казахстана: справочник. - Алматы, 2000. - 220 с.
3. Забазнов, В. Л. Технология выщелачивания урана на месторождениях Казахстана / В. Л. Забазнов, Н. Н. Петров, А. Е. Рогов. - Алматы: Эверон, 2001. - 442 с.
4. Аксёнов, А. В. Кучное выщелачивание меди из окисленных руд. Особенности процесса применительно к российским климатическим условий / А. В. Аксёнов, А. А. Васильев, А. Г. Никитенко // ВЕСТНИК ИрГТУ. - 2014. - №1 (84). - С.72-75.
5. Каирбеков, Ж. К. Геотехнология в процессе выщелачивания жезказганских медистых песчаников / Ж. К. Каирбеков, Е. А. Аубакиров, Н. Жалгасулы // Промышленность Казахстана. - 2017. - № 1. - С. 64-68.
6. Жаркимбаев, Б. М. Маркшейдерия при разработке месторождений нефти и газа / Б. М. Жаркимбаев, Т. К. Калыбков, К. Б. Рысбеков. - Алматы, 2005. - 225 с.
7. Панжин, А. А. Наблюдения за сдвижением земной поверхности на горных предприятиях с использованием GPS / А. А. Панжин // Горный журнал. - 2000. - № 11. - С. 196-203.
8. Юнес, Ж. А. Создание опорной маркшейдерской сети с использованием технологии спутникового позиционирования / Ж. А. Юнес, М. Г. Мустафин, В. Д. Морозова // Маркшейдерский вестник. - 2017. - № 2 (117). - С. 25-28.
9. Параметрическая сходимость результатов съемки беспилотных воздушных аппаратов Геоскан 40 и GNSS при выполнении маркшейдерских работ на месторождении «Наталка» Магаданской области / В. В. Курбатова, Н. Е. Ломакина, И. Ю. Гарифулина [и др.] // Маркшейдерия и недропользование. - 2023. - № 2 (124). - С. 76-80.

10. Рысбеков, К. Б. Основы лазерного сканирования: учебник / К. Б. Рысбеков, М. Б. Нурпеисова // Алматы: КазННТУ, 2021. - 248 с.
11. Monitoring deformation processes on ground surface and at construction facilities in the territory of oil fields / М. В. Nurpeisova, В. Zh. Burkhanov, S. B. Kulibaba, B. Myngzhasarov // Eurasian mining. - 2021. - Vol. 2, № 36. - P. 86-91.
12. Одинцев, В. Н. Влияние геодинамических условий на взаимодействие техногенных геомеханических и гидрогеологических процессов при разработке месторождений твердых полезных ископаемых / В. Н. Одинцев, Н. А. Милетенко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2015. - № 1. - С. 247-259.
13. Иофис, М. А. Управление состоянием массива горных пород при подработке водных объектов / М. А. Иофис, Н. А. Милетенко, Н. А. Митишова // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках: материалы XXVII Международной научной школы, Алушта, 18-24 сентября 2017 года / КФУ им. В. И. Вернадского; ИПКОН РАН. - Алушта: Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, 2017. - С. 101-105.
14. Геодинамическое районирование в угольной шахте / С. А. Прохвятилов, В. А. Еременко, С. Г. Никитин [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2013. - № 9. - С. 27-38.
15. Волков, О. В. Результаты мониторинга современных деформационных процессов методами высокоточной геодезии на Ямбургском геодинамическом полигоне / О. В. Волков, Ю. В. Васильев, Д. П. Иноземцев // Маркшейдерия и недропользование. - 2023. - № 3 (125). - С. 53-59.
16. Отчет по теме «Проведение геодинамического мониторинга на месторождении Кумколь». - Кызылорда, 2010. - 34 с.
17. Современное маркшейдерско-геодезическое обеспечение эксплуатации горных предприятий / М. Г. Мустафин, Е. Н. Гришенкова, Ж. А. Юнес, Г. И. Худяков. - Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2017. - № 4. - С. 190-203.
18. Geodynamic Processes Modeling On Oil-Gas Deposits / М. Nurpeisova, A. Kenesbayeva, E. Levin, [et al.] // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. - 2019. - Vol. 11, № 8. - P. 2075-2083.

REFERENCES

1. Petrov NN, Berikbolov BR, Yazykov VG, et al. Uranium deposits of Kazakhstan (endogenous). Almaty;2000 (In Russ.).
2. Uranium deposits of Kazakhstan: Handbook. Almaty;2000 (In Russ.).
3. Zabaznov VL, Petrov NN, Rogov AE. Technology of uranium leaching at the deposits of Kazakhstanaogiyasy. Almaty; 2001 (In Russ.).
4. AV Aksenov, AA Vasiliev, AG Nikitenko. Heap leaching of copper from oxidized ores. features of the process in relation to Russian climatic conditions. *Bulletin of IrSTU*. 2014;1(84):72-5 (In Russ.).
5. Kairbekov ZhK, Aubakirov EA, Zhalgasuly N. Geotechnology in the process of leaching Zhezkazgan copper sandstones. *Industry of Kazakhstan*. 2017;1:64-8 (In Russ.).
6. Zharkimbayev BM, Kalybkov TK, Rysbekov KB. Surveying in the development of oil and gas fields. Almaty;2005 (In Russ.).
7. Panzhin AA. Observations of the movement of the Earth's surface at mining enterprises using GPS. *Izvestia of Higher educational Institutions. Mining Journal*. 2000;11:196-203 (In Russ.).
8. Younes JA, Mustafin MG, Morozova VD. Creation of a reference surveying network using satellite positioning technology. *The Surveyor's Bulletin*. 2017;2(117):25-8 (In Russ.).
9. Kurbatova VV, Lomakina NE, Garifulina IY, et al. Parametric convergence of the survey results of unmanned aerial vehicles Geoscan 40 and GNSS when performing surveying work at the Natalka field in the Magadan region. *Surveying and subsoil use*. 2023;2(124):76-80 (In Russ.).
10. Rysbekov KB, Nurpeisova MB. Fundamentals of laser scanning (textbook). Almaty: KazNITU; 2021 (In Russ.).
11. Nurpeisova M. B., Burkhanov BZh, Kulibaba SB, Myngzhasarov B. Monitoring deformation processes on ground surface and at construction facilities in the territory of oil fields // Eurasian mining, 2021;2 (36):86-91.
12. Odincev VN, Miletchenko NA. The influence of geodynamic conditions on the interaction of technogenic geomechanical and hydrogeological processes in the development of deposits of solid minerals. *Mining information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2015;1:247-59 (In Russ.).
13. Iofis MA, Miletchenko NA, Mitishova NA. Management of the state of the rock mass during the mining of water bodies. *Deformation and destruction of materials with defects and dynamic phenomena in rocks and workings: Materials of the XXVII International Scientific School, Alushta, September 18-24, 2017 / V.I. Vernadsky KFU; IPKON RAS. Alushta: V.I. Vernadsky Crimean Federal University;2017 (In Russ.).*
14. Prokhvatilov SA, Eremenko VA, Nikitin SG, et al. Geodynamic zoning in a coal mine. *Mining information and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2013;9:27-38 (In Russ.).
15. Volkov OV, Vasiliev YuV, Inozemtsev DP. Results of monitoring modern deformation processes by methods of high-precision geodesy at the Yamburg geodynamic polygon. *Surveying and subsoil use*. 2023;3(125):53-9 (In Russ.).
16. Report on the topic «Geodynamic monitoring at the Kumkol deposit». Kyzylorda;2010 (In Russ.).
17. Mustafin MG, Grishenkova EN, Younes JA, Khudyakov G.I. Modern mine and geodetic surveying support for exploitation of mining enterprises. *Izvestiya TulGU. Earth Sciences*. 2017;4:190-203 (In Russ.).
18. Nurpeisova M, Kenesbayeva A, Levin E, Baltiyeva A., Nizamova M. Geodynamic Processes Modeling On Oil-Gas Deposits. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*. 2019:2075-083.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Нурпеисова Маржан Байсановна:
доктор технических наук,
профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: marzhan-nurpeisova@rambler.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>



Нукарбекова Жупар Мухаметкаримовна:
лектор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
<https://orcid.org/0000-0002-1605-8907>,
e-mail: z.nukarbekova@satbayev.university



Торехан Нурбакыт Дарханулы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: ntorekhan11@gmail.com



Елеусинова Баян Амангалиевна:
магистр,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: veleussinovab02@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nurpeisova Marzhan Baysanovna:
Doctor of Technical Sciences,
Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: marzhan-nurpeisova@rambler.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-3956-5442>

Nukarbekova Zhupar Mukhametkarimovna:
Lecturer,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan.
<https://orcid.org/0000-0002-1605-8907>,
e-mail: z.nukarbekova@satbayev.university

Torehan Nurbakyt Darkhanuly:
Master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: ntorekhan11@gmail.com

Yleussinova Bayan Amangaliyevna:
Master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan.
e-mail: veleussinovab02@gmail.com

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ «ПЛАНЕТА»

Минералогический Музей «Планета» это первый и единственный
в России музей частных коллекций.

Залы: Зал 1. "Минералы Урала"
Зал 2. "Минералы России и мира"
Зал 3. "Минералы России и мира"
Зал 4. Флюоресцирующие минералы
Зал 5. Зал палеонтологии
Зал 6. Комната ценностей

Контакты: Екатеринбург, ул. Чернышевского, 7. +7 (343) 287-71-10
СР-ВС: 11:00-19:00 | ПН-ВТ: ВЫХОДНОЙ

WWW.N-GN.RU

