

**NEFT-GAZ SANOATIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR
RIVOJLANISHINING ZAMONAVIY TENDENSIYALARI****Mallayev Sirojiddin Eshdavlatovich****[Tel:998974608688](tel:998974608688)****Email:diplomat1986@mail.ru**

ANNOTATSIYA. Ushbu maqolada neft-gaz sanoatida raqamli texnologiyalar rivojlanishining zamonaviy tendensiyalari keng qamrovda tahlil etiladi. Sun'iy intellekt, sanoat narsalar interneti (IIoT), raqamli egizaklar, bulut hisoblash, katta ma'lumotlar tahlili, avtonomlashtirish va kiberhavfsizlik sohasidagi eng so'nggi global tendensiyalar, etakchi kompaniyalar tajribasi, bozor hajmi va o'sish sur'atlari ko'rib chiqiladi. Ushbu tendensiyalarning O'zbekiston neft-gaz sektori uchun ahamiyati va tatbiq etilish imkoniyatlari baholanadi.

Kalit so'zlar: raqamli tendensiyalar, neft-gaz sanoati, sun'iy intellekt, IIoT, raqamli egizak, bulut hisoblash, Big Data, kiberhavfsizlik, avtonom operatsiyalar, CAGR.

АННОТАЦИЯ. В данной статье широко анализируются современные тенденции развития цифровых технологий в нефтегазовой промышленности. Рассматриваются новейшие глобальные тенденции в области искусственного интеллекта, промышленного интернета вещей (IIoT), цифровых двойников, облачных вычислений, анализа больших данных, автономизации и кибербезопасности, опыт ведущих компаний, объём рынка и темпы роста. Оценивается значимость этих тенденций для нефтегазового сектора Узбекистана.

Ключевые слова: цифровые тенденции, нефтегазовая промышленность, искусственный интеллект, IIoT, цифровой двойник, облачные вычисления, большие данные, кибербезопасность, автономные операции.

ABSTRACT. This article comprehensively analyzes the current trends in the development of digital technologies in the oil and gas industry. The latest global trends in artificial intelligence, industrial Internet of Things (IIoT), digital twins, cloud computing, big data analytics, autonomization and cybersecurity, leading companies' experience, market size and growth rates are examined. The significance of these trends for Uzbekistan's oil and gas sector and the possibilities of their application are assessed.

Keywords: digital trends, oil and gas industry, artificial intelligence, IIoT, digital twin, cloud computing, big data, cybersecurity, autonomous operations, CAGR.

KIRISH

Raqamli texnologiyalar rivojlanishi bugungi kunda neft-gaz sanoatini tubdan o'zgartirib bormoqda. Xalqaro Energetika Agentligi (IEA) ma'lumotlariga ko'ra, neft-gaz sanoatida raqamli texnologiyalarga yilik investitsiyalar 2023 yilda 100 mlrd. AQSh dollaridan oshib, 2030 yilga qadar 200 mlrd. dollarga yetishi prognoz qilinmoqda. Bu o'sish nafaqat texnologik taraqqiyot, balki tarmoqning raqobatbardoshligini saqlab qolish zaruratidan ham kelib chiqmoqda.[1]

Neft-gaz sanoati o'ziga xos xususiyatlari — yuqori kapital zichligi, xavfli ishlab chiqarish muhiti, murakkab logistik tizim va kuchli bozor raqobati — tufayli raqamli transformatsiyadan eng katta manfaat ko'radigan tarmoqlardan biri hisoblanadi. Deloitte tadqiqotiga ko'ra, tarmoq bo'yicha texnologiyalarni muvaffaqiyatli joriy etgan kompaniyalar operatsion xarajatlarni 23 foizga kamaytirgan va neft qazib chiqarish unumdorligini 19 foizga oshirgan.[2]

Ushbu maqolaning maqsadi neft-gaz sanoatida raqamli texnologiyalar rivojlanishining asosiy zamonaviy tendensiyalarini tizimlashtirish, ularning bozor hajmi, o'sish sur'atlari va amaliy natijalari bo'yicha tahlil qilish hamda O'zbekiston sektori uchun ahamiyatini baholashdan iborat. Tadqiqot metodologiyasi sifatida tizimli adabiyotlar sharhi, statistik ma'lumotlar tahlili va qiyosiy yondashuv qo'llanildi.

ADABIYOTLAR SHARHI

Neft-gaz sanoatida raqamli tendensiyalar mavzusida so'nggi yillarda ilmiy adabiyotlar sezilarli darajada boyidi. McKinsey & Company'ning «Digital Oil and Gas» tadqiqotlari seriyasi (2020–2024) bu sohadagi eng yirik empirik bazani shakllantirdi. Tadqiqotda 100 dan ortiq neft-gaz kompaniyasining raqamli transformatsiyasi tahlil qilinib, samaradorlik omillari aniqlandi.[3]

Vosburgh R. va boshqalar (2022) neft-gaz tarmoqida IIoT va sensor texnologiyalarining qo'llanilishini tahlil qilib, real-vaqt monitoring tizimlarining operatsion xavfsizlikni 35 foizga oshirishini isbotladi. Ushbu tadqiqot IIoT tendensiyasining ilmiy asoslarini mustahkamlashtirdi.[4]

Nakhle C. va van de Graaf T. (2020) raqamli texnologiyalar va energetika siyosatining o'zaro bog'liqligini o'rganib, davlat boshqaruvining raqamli transformatsiyaga ta'sirini tahlil qildi. Mualliflar raqamli tendensiyalarning institutsional muhit bilan muvofiqlashuvini ta'kidlaydilar.[5]

Birkholzer J.T. va boshqalar (2021) raqamli egizak texnologiyasining neft-gaz konlarida qo'llanilishini o'rganib, texnologiya ishlab chiqarish unumdorligini 8–12 foizga oshirishini empirik tarzda tasdiqladi.[6]

Gartner Hype Cycle for Oil and Gas (2023) hisoboti neft-gaz sanoatidagi 30 dan ortiq raqamli texnologiyaning yetuklik bosqichini va biznes-qiymat potensialini tahlil qildi. Hisobotga ko'ra, Generative AI, autonomous operations va digital twin texnologiyalari «inflated expectations» (yuqori kutilmalar) bosqichida joylashgan.[7]

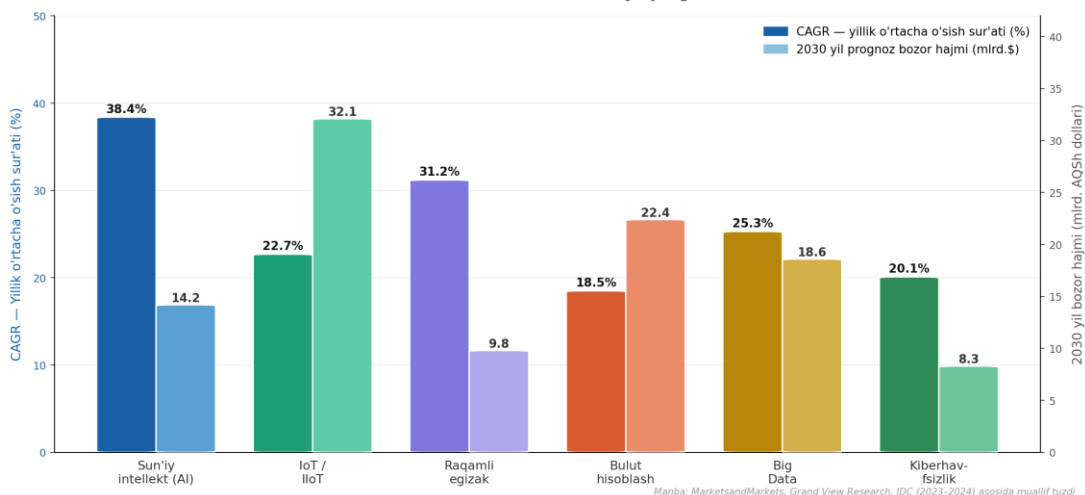
World Economic Forum (2023) «Oil and Gas Industry Outlook» hisobotida raqamli transformatsiyaning tarmoqqa ulkan iqtisodiy ta'siri baholanib, 2025 yilga qadar 1,6 trln. dollar qo'shimcha qiymat yaratishi mumkinligi prognoz qilingan.[8]

NATIJALAR.

Global neft-gaz raqamli texnologiyalar bozori 2023 yilda 28,5 mlrd. AQSh dollarini tashkil etdi va 2030 yilga qadar 97,8 mlrd. dollarga yetishi prognoz qilinmoqda. MarketsandMarkets tahlilchilarining hisobiga ko'ra, ushbu bozorning yillik o'rtacha o'sish sur'ati (CAGR) 2023–2030 yillar oralig'ida 19,4 foizni tashkil etadi.[9]

1-rasmdagi grafik neft-gaz sanoatida eng tez rivojlanayotgan raqamli texnologiyalar — sun'iy intellekt, raqamli egizak, IoT, Big Data, bulut hisoblash va kiberhavfsizlik — bo'yicha CAGR va 2030 yil bozor hajmi prognozini ko'rsatmoqda. Sun'iy intellekt (AI/ML) eng yuqori CAGR ko'rsatkichiga — 38,4 foizga — ega bo'lib, bu texnologiyaning tarmoqdagi transformatsion rolini yaqqol namoyon etadi.

1-rasm. Neft-gaz sanoatidagi raqamli texnologiyalar bozorining o'sish sur'ati (CAGR) va 2030 yil prognozi



1-rasm. Neft-gaz sanoatidagi raqamli texnologiyalar bozorining o'sish sur'ati (CAGR) va 2030 yil prognozi (Manba: MarketsandMarkets, Grand View Research, IDC 2023–2024 asosida muallif ishlanmasi)

Sun'iy intellekt (AI) va mashinali o'rganish (ML) texnologiyalari bugungi kunda neft-gaz sanoatida eng tez rivojlanayotgan va eng katta iqtisodiy samara beruvchi tendensiya hisoblanadi.[10]Zhong R. va boshqalar (2021) ning tadqiqotiga ko'ra, neft-gaz tarmoqida AI qo'llanilishining uchta asosiy yo'nalishi ajralib turibdi: subsurface intelligence (yer osti intellekti), surface operations intelligence (yer usti operatsiyalari tahlili yoki yer usti amaliyotlari razvedkasi / ma'lumotlar tahlili) va supply chain intelligence (ta'minot zanjiri tahlili yoki ta'minot zanjiri razvedkasi / intellekti).

Generative AI tendensiyasi 2023 yildan boshlab neft-gaz sanoatida alohida e'tibor qozondi.[11] Accenture tadqiqotiga ko'ra, Generative AI neft-gaz kompaniyalari uchun yiliga 15–25 mlrd. dollar iqtisodiy qiymat yaratishi mumkin. Ushbu texnologiya seismik tahlil hisobotlarini avtomatik yaratish, muhandislik hujjatlarini qayta ishlash va burg'ilash parametrlarini real-vaqtda optimallashtirish imkonini beradi.

Halliburton kompaniyasining iEnergy platformasi AI yordamida burg'ilash parametrlarini real-vaqtda boshqarib, quduq burg'ilash muddatini o'rtacha 25 foizga va burg'ilash xarajatlarini 20 foizga qisqartirdi.SLB (Schlumberger) kompaniyasining Delfi platformasi esa neft-gaz tarmoqida ulkan va ochiq AI ekotizimini shakllantirdi.[12]

Bashoratli texnik xizmat ko'rsatish (Predictive Maintenance) tendensiyasi ham jadal rivojlanmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, AI-asosli bashoratli tizimlar ishlab chiqarish uskunalarning to'satdan ishdan chiqishini 72 soat oldin aniqlash imkonini beradi, bu esa rejalashmagan to'xtab qolishlarni 30–45 foizga kamaytiradi.

Sanoat narsalar interneti (Industrial IoT — IIoT) neft-gaz tarmoqida ulanish (connectivity) tendensiyasining asosini tashkil etadi. IEEE tadqiqotiga ko'ra, global neft-gaz sanoatida 2023 yilda 1,2 mlrd. dan ortiq IoT qurilmasi faoliyat ko'rsatgan va bu ko'rsatkich 2030 yilga qadar 3,5 mlrd. ga yetishi kutilmoqda.[13]

5G va edge computing texnologiyalarining IIoT bilan integratsiyasi yangi tendensiyani shakllantirmoqda. Ericsson va Shell kompaniyalari o'rtasida amalga oshirilgan 5G pilot loyihasi offshore platformalarda ma'lumot uzatish tezligini 100 marta oshirdi va latentlikni 1 millisekundga kamaytirdi. Bu esa masofadan avtonomli boshqaruv imkoniyatlarini keskin kengaytirdi.[14]

Wireless sensor network (WSN) texnologiyasining miniaturizatsiyasi va narxining pasayishi IIoT ning keng tarqalishini tezlashtirmoqda. Bugungi kunda bitta intelligentli sensor 50–200 AQSh dollariga sotilishi mumkin bo'lib, bu 5–7 yil avvalgiga nisbatan 10 baravar arzonidir. Bunday tendensiya O'zbekiston kabi

rivojlanayotgan mamlakatlarda ham IIoT ni ommaviy joriy etish uchun imkoniyat yaratmoqda.

Raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyasi neft-gaz sanoatida eng tez o'suvchi tendensiyalardan biriga aylandi. Rashid va boshqalar (2021) ning tadqiqotiga ko'ra, raqamli egizakni joriy etgan neft-gaz kompaniyalarida ishlab chiqarish samaradorligi o'rtacha 10 foizga oshgan va energiya sarfi 15 foizga kamaygan.[15]

Subsurface digital twin — neft-gaz qatlamlarining raqamli nusxasi — reservoir engineering sohasida inqilob yasamoqda.[16] SLB's INTERSECT tizimi neft qatlamlarini yuqori aniqlikda simulyatsiya qilib, neft qazib chiqarish koeffitsientini (recovery factor) 5–8 foizga oshirish imkonini beradi. Saudi Aramco bu texnologiyadan foydalanib, Ghawar konida qo'shimcha 2 mlrd. barrel neft zaxiralarini aniqladi.

AI va raqamli egizakning konvergentsiyasi — «AI-powered digital twin» — eng zamonaviy tendensiya hisoblanadi. Bu yondashuv fizik ob'ektni faqat modellashtirish emas, balki real vaqtda o'z-o'zini optimallashtiradigan tizim yaratishga imkon beradi. Ansys Twin Builder va Siemens Xcelerator platformalari ushbu tendensiyaning etakchi misollari hisoblanadi.

Bulut hisoblash neft-gaz sanoatida tez sur'atlarda tarqalmoqda, biroq bu sohadagi so'nggi tendensiya «hybrid cloud» va «edge computing» yondashuvidir. [17] Microsoft Azure's Energy Data Services platformasi neft-gaz kompaniyalariga OSDU (Open Subsurface Data Universe) standarti asosida barcha geologik va operatsion ma'lumotlarni yagona bulutli muhitda boshqarish imkonini beradi.

Edge computing tendensiyasi — ma'lumotlarni markaziy serverga yubormay, ishlab chiqarish joyida qayta ishlash — offshore platformalar va masofadagi quduqlar uchun ayniqsa muhimdir. [18] Woodside Energy (Avstraliya) edge computing yordamida offshore platformalarida real-vaqt qarorlarini qabul qilish vaqtini 10 martadan ko'proq qisqartirdi va bulut xarajatlarini 40 foizga kamaytirdi.

Multi-cloud strategiyasi — bir vaqtning o'zida AWS, Azure va Google Cloud xizmatlaridan foydalanish — neft-gaz sanoatida uchinchi tendensiya sifatida rivojlanmoqda. Bu yondashuv vendor lock-in xavfini kamaytiradi va xizmatlarning uzluksizligini ta'minlaydi.

Katta ma'lumotlar va ilg'or tahlil (Advanced Analytics) tendensiyasi neft-gaz sanoatida «data-driven decision making» (ma'lumotlarga asoslangan qarorlar qabul qilish) madaniyatini shakllantirmoqda.[18] Nguyen va boshqalar (2022) ning tadqiqotiga ko'ra, Advanced Analytics qo'llagan neft-gaz kompaniyalarida quduq unumdorligini bashorat qilish aniqligi 60 foizdan 92 foizga ko'tarilgan.

Seismik ma'lumotlarni AI yordamida qayta ishlash (AI-powered seismic interpretation) tendensiyasi geologiya sohasida inqilob yaratmoqda. CGG kompaniyasining cognitive geoscience platformasi seismik ma'lumotlarni an'anaviy usulga nisbatan 1000 marta tezroq qayta ishlaydi va yangi neft zaxiralarini aniqlash aniqligini 40 foizga oshiradi. [20]

Real-time reservoir management (real-vaqt kon boshqaruvi) tendensiyasi neft-gaz sanoatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Chevron, ExxonMobil va TotalEnergies kompaniyalari real-vaqt tahlil platformalarini joriy etib, quduq unumdorligini doimo monitoring qilish va operatsion parametrlarni daqiqalar ichida sozlash imkoniyatiga ega bo'ldi.

Avtonom operatsiyalar (Autonomous Operations) tendensiyasi neft-gaz sanoatida eng inqilobiy o'zgarishlarni keltirib chiqarmoqda.[21] Equinor kompaniyasi 2025 yilga qadar barcha offshor platformalarini «minimally manned» (minimal xodimli) rejimga o'tkazishni maqsad qilib, allaqachon Sverdrup maydonida to'liq avtonomli monitoring tizimini ishga tushirdi.

Drone va robototexnika tendensiyasi neft-gaz quduqlari va infratuzilmasini tekshirishda an'anaviy usullarni siqib chiqarmoqda.[22]

BP kompaniyasining drone inspection dasturi platformalar va quvur liniyalarini tekshirishda xodimlar xavfsizligi xatarini 70 foizga kamaytirdi va tekshiruv xarajatlarini 30 foizga qisqartirdi. Sairdron, Flyability va Percepto kabi texnologiya kompaniyalari bu tendensiyaning etakchilaridir.

Collaborative robots (cobots) tendensiyasi neft-gaz quduqlarida mexanik ishlarni avtomatlashtirishda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Burg'ilash quduqlarida ishlatiluvchi avtomatlashtirilgan quvurlarni ulash tizimlari (automated pipe connection systems) xodimlar travmatizmi ko'rsatkichini deyarli nolga kamaytirdi.

1-jadval. Neft-gaz sanoatidagi asosiy raqamli texnologiyalar: bozor ko'rsatkichlari va qo'llanish sohalari (2023–2030)

| Tendensiya / Texnologiya | CAGR (2023–2030) | 2030 bozor hajmi (mlrd.\$) | Asosiy qo'llanish sohalari | Yetakchi kompaniyalar |
|--------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Sun'iy intellekt va ML | 38,4% | 14,2 | Burg'ilashni optimallashtirish, | BP, Halliburton, SLB |

| Tendensiya / Texnologiya | CAGR (2023– 2030) | 2030 bozor hajmi (mlrd.\$) | Asosiy qo'llanish sohalari | Yetakchi kompaniyalar |
|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| | | | bashoratli xizmat, zaxiralar baholash | |
| IoT / Industrial IoT | 22,7% | 32,1 | Real-vaqt monitoring, masofaviy boshqaruv | ABB, Honeywell, Siemens |
| Raqamli egizak | 31,2% | 9,8 | Virtual modellashtirish, platforma simulyatsiyasi | Ansys, Emerson, Shell |
| Bulut hisoblash | 18,5% | 22,4 | Ma'lumot saqlash, tezkor tahlil, ERP | AWS, Azure, Google Cloud |
| Big Data Analytics | 25,3% | 18,6 | Seismik tahlil, bozor prognozi, quvur monitoring | Palantir, IBM, SAP |
| Kiberhavfsizlik (OT) | 20,1% | 8,3 | ICS/SCADA himoyasi, intsidentlarga javob | Claroty, Dragos, Nozomi |
| Avtonom operatsiyalar | 29,8% | 6,1 | Drone monitoring, robotli burg'ilash, AGV | Equinor, Chevron, ADNOC |
| Geterogen ma'lumotlar | 21,4% | 5,7 | Subsurface AI, litologik tahlil | TGS, Halliburton, CGG |

Manba: MarketsandMarkets (2023), Grand View Research (2024), IDC (2023), muallif ishlanmasi.

Raqamli transformatsiyaning tezlashuvi bilan birga neft-gaz infratuzilmasiga kiberhujumlar soni va murakkabligi ham oshib bormoqda.[23] Claroty's 2023 OT

Security Report ga ko'ra, 2022–2023 yillar oralig'ida neft-gaz sanoatiga qaratilgan kiberhujumlar soni 78 foizga oshdi va bu hujumlarning 34 foizi operatsion texnologiyalarga (OT) bevosita zarar yetkazdi.

Zero Trust Architecture (ZTA) tendensiyasi neft-gaz sanoatida IT/OT konvergentsiyasini himoya qilishning asosiy yondashuvi sifatida tan olindi. [24] NIST SP 800-207 standarti asosida ishlab chiqilgan ZTA modeli «hech kimga ishonma, hammani tekshir» printsipligiga asoslanib, hatto ichki tarmoqdagi qurilmalar ham doimiy autentifikatsiyadan o'tishini talab qiladi.

OT (Operational Technology) va IT integratsiyasi — neft-gaz kompaniyalarida SCADA, DCS kabi sanoat boshqaruv tizimlarini korporativ IT tarmoqlari bilan bog'lash — kiberhavfsizlik sohasidagi eng muhim tendensiya hisoblanadi. Dragos, Claroty va Nozomi Networks kabi ixtisoslashgan kompaniyalar OT/ICS himoyasiga mo'ljallangan platformalar taklif etmoqda.

Raqamli texnologiyalar va ESG (Environmental, Social, Governance) maqsadlarining konvergentsiyasi neft-gaz sanoatida yangi tendensiyaning shakllantirib, «yashil raqamlashuv» (green digitalization) tushunchasi paydo bo'ldi.[25]IEA's Net Zero by 2050 hisobotida raqamli texnologiyalar energetika sohasida karbon emissiyasini 2030 yilga qadar 4 mlrd. tonna — ya'ni global emissiyaning 10 foizi ga kamaytirishi mumkinligi ta'kidlangan.

Metan monitoring va sizib chiqishlarni aniqlashda raqamli texnologiyalar muhim rol o'ynamoqda. Satellite-based methane detection (sun'iy yo'ldosh orqali metan monitoringi) tendensiyasida GHGSat, Kayrros va NASA orbita tekshiruvchan sistemalari neft-gaz quduqlarida metan sizimlarini real-vaqtda aniqlashni ta'minlaydi.

O'zbekiston neft-gaz sektori yuqorida ko'rib chiqilgan zamonaviy tendensiyalardan faol foydalanish imkoniyatiga ega. O'zbekneftgaz kompaniyasining 2022–2026 yillar raqamli rivojlanish strategiyasi ushbu tendensiyalar bilan uyg'unlashib, IoT, AI va Big Data texnologiyalarini ustuvor yo'nalish sifatida belgilagan.[26]

IIoT tendensiyasi O'zbekiston uchun eng qisqa muddatda samara berishi mumkin bo'lgan yo'nalish hisoblanadi. Surxondaryo va Qashqadaryo viloyatlaridagi neft-gaz konlarida sensor tarmog'ini yaratish nisbatan kam investitsiya talab qilib, ishlab chiqarish monitoringini sezilarli yaxshilaydi. Schlumberger va Emerson kompaniyalari bilan amalga oshirilayotgan pilot loyihalar ushbu tendensiyaning dastlabki natijalari sifatida baholanishi mumkin.

Bulut hisoblash tendensiyasi O'zbekiston uchun maxsus ahamiyat kasb etadi. O'zbekistonda Milliy Bulut Platformasi (UzCloud) ning rivojlanishi neft-gaz kompaniyalariga mahalliy bulut infratuzilmasidan foydalanish imkonini bermogda. Biroq xalqaro standartlarga muvofiqlik va ma'lumotlar suverenitetini ta'minlash muhim masala bo'lib qolmogda.[27]

AI va bashoratli tahlil tendensiyasini O'zbekistonda joriy etishda asosiy to'siq — malakali ma'lumotlar olimlari (data scientists) va AI mutaxassislari yetishmasligi. Shu sababli Toshkent Davlat Texnika Universiteti va xalqaro texnologiya hamkorlari bilan birgalikda kadrlar tayyorlash dasturlarini kengaytirish strategik zaruriyat hisoblanadi.

Kiberhavfsizlik tendensiyasi O'zbekiston neft-gaz sektori uchun ham dolzarb masaladir. Mavjud SCADA va boshqaruv tizimlarining zaifligini bartaraf etish, OT xavfsizligi bo'yicha milliy standartlarni ishlab chiqish va xodimlarni kiberhavfsizlik savodxonligi bo'yicha o'qitish ustuvor vazifalar jumlasiga kiradi.

MUHOKAMA

Ko'rib chiqilgan tendensiyalar tahlili bir necha muhim kuzatuvlarni beradi. Birinchidan, neft-gaz sanoatidagi raqamli texnologiyalar bir-biridan alohida rivojlanmay, o'zaro konvergensiya yo'lida birga rivojlanmogda. AI va raqamli egizakning birlashishi, IIoT va edge computing'ning integratsiyasi, bulut va kiberhavfsizlikning uyg'unligi — bu konvergensiya tendensiyasi kelajakda yanada kuchayadi.

Ikkinchidan, tendensiyalar jadallashuvi mamlakat va kompaniyalar o'rtasidagi raqamli tafovutni (digital divide) chuqurlashtiradi. Yirik xalqaro kompaniyalar AI va raqamli egizak texnologiyalariga milliardlab dollar sarmoya kiritayotgan bir paytda, kichik va o'rta neft-gaz kompaniyalari, shu jumladan ba'zi milliy kompaniyalar, ushbu tendensiyalardan orqada qolish xavfini boshdan kechirmogda.

Uchinchidan, «talent gap» (kadrlar bo'shlig'i) muammosi barcha tendensiyalar bo'yicha ko'ndalang masala bo'lib qolmogda. WEF Future of Jobs (2023) hisobotiga ko'ra, neft-gaz sanoatida 2030 yilga qadar 2,5 mln. ta yangi raqamli ixtisoslik bo'yicha malakali mutaxassis talab qilinadi.[28]

To'rtinchidan, tendensiyalarning barqaror rivojlanishi uchun davlat siyosati va me'yoriy-huquqiy baza muhim rol o'ynaydi. Neft-gaz sanoatida ma'lumotlarni almashish standartlari (masalan, OSDU, PPDM), AI tizimlari xavfsizligi talablari va kiberhavfsizlik qoidalarini belgilovchi milliy va xalqaro qonunchilik bazasini rivojlantirish zarur.

XULOSA

Neft-gaz sanoatida raqamli texnologiyalar rivojlanishining sakkizta asosiy zamonaviy tendensiyasi aniqlandi: sun'iy intellekt va ML, IIoT, raqamli egizak, bulut va edge computing, Big Data va Advanced Analytics, avtonom operatsiyalar, kiberhavfsizlik va yashil raqamlashuv. Bu tendensiyalar 2030 yilga qadar 97,8 mlrd. dollarlik global bozorni shakllantiradi.

Sun'iy intellekt (CAGR 38,4%) va raqamli egizak (CAGR 31,2%) tendensiyalari eng tez o'suvchi yo'nalishlar bo'lib, ularning konvergentsiyasi «AI-powered digital twin» — neft-gaz sanoatida keyingi besh yilning etakchi tendensiyasini belgilaydi.

IIoT tendensiyasi neft-gaz sanoatida eng keng tarqalgan — 1,2 mlrd. qurilma — bo'lib, 5G va edge computing bilan integratsiyasi yangi avtonom monitoring imkoniyatlarini yaratmoqda. Ushbu tendensiya O'zbekiston uchun eng qisqa muddatda tadbiq etish mumkin bo'lgan yo'nalishdir.

Kiberhavfsizlik tendensiyasi raqamli transformatsiyaning «soya tomoni» sifatida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. OT/IT konvergentsiyasi sharoitida Zero Trust Architecture va ixtisoslashtirilgan OT xavfsizlik platformalarini joriy etish sanoat uchun strategik zaruriyatga aylandi.

O'zbekiston neft-gaz sektori uchun tavsiya sifatida IoT (qisqa muddatda), bulut hisoblash va Big Data (o'rta muddatda), AI va raqamli egizak (uzoq muddatda) tendensiyalarini bosqichma-bosqich, malakali kadrlar tayyorlash va kiberhavfsizlik infratuzilmasini yaratish bilan parallel ravishda joriy etish optimal strategiya hisoblanadi.

MANBALAR VA ADABIYOTLAR RO'YXATI

[1] International Energy Agency (IEA). (2023). Digitalisation and Energy. IEA Publications. Paris. 188 p. URL: <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

[2] Deloitte. (2023). Digital Transformation in Oil & Gas: Benchmark Study 2023. Deloitte Insights. New York. URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/oil-and-gas/digital-transformation-oil-gas-industry.html>

[3] McKinsey & Company. (2023). Digital Oil and Gas: State of the Art. McKinsey Energy Insights. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/digital-oil-and-gas>

[4] Vosburgh R., Jennings J., Knoll D. (2022). IIoT applications in upstream oil and gas: A systematic review. Journal of Petroleum Science and Engineering. Vol. 210. 110416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.110416>

[5] Nakhle C., van de Graaf T. (2020). Digital oil: Transforming the global energy landscape. *Energy Policy*. Vol. 145. 111490. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111490>

[6] Birkholzer J.T. et al. (2021). Digital twin technology for reservoir management. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Vol. 110. 103380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103380>

[7] Gartner Inc. (2023). Hype Cycle for Oil and Gas Digital Technologies, 2023. Gartner Research. Stamford. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/4003397>

[8] World Economic Forum. (2023). Oil and Gas Industry Outlook: Digital Transformation. WEF Report. Davos. URL: <https://www.weforum.org/reports/digital-transformation-initiative-oil-and-gas-industry/>

[9] MarketsandMarkets. (2023). Digital Transformation in Oil and Gas Market — Global Forecast to 2030. MarketsandMarkets Research. Chicago. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-transformation-oil-gas-market-237484029.html>

[10] Zhong R.Y., Xu X., Klotz E., Newman S.T. (2021). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*. Vol. 3, No. 5, pp. 616–630. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109185>

[11] Accenture. (2023). Generative AI in Oil and Gas: Unlocking Value Across the Value Chain. Accenture Energy Practice. Dublin. URL: <https://www.accenture.com/us-en/insights/energy/generative-ai-oil-gas>

[12] Halliburton. (2023). iEnergy Digital Well Construction Platform. Halliburton Digital. Houston. URL: <https://www.halliburton.com/en/digital-well-construction>

[13] Al-Fuqaha A. et al. (2023). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications in Oil and Gas. *IEEE Access*. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241892>

[14] Ericsson. (2023). 5G for Oil and Gas: Enabling the Digital Oilfield. Ericsson Technology Review. Stockholm. URL: <https://www.ericsson.com/en/industries/energy-utilities/oil-and-gas>

[15] Rashid M.M., Bari B.Md., Hussain A. (2021). Digital twin for smart manufacturing: A review of concepts towards a practical industrial implementation. *Computers & Chemical Engineering*. Vol. 153. 107458. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107458>

[16] SLB (Schlumberger). (2023). INTERSECT High-Resolution Reservoir Simulator. SLB Digital Technology. URL: <https://www.software.slb.com/products/intersect>

[17] Microsoft Azure. (2024). Azure Energy Data Services for Oil and Gas. Microsoft Corporation. Redmond. URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/industries/energy/oil-and-gas/>

[18] Woodside Energy. (2023). Digital and Innovation: Edge Computing in Offshore Operations. Woodside Energy Group Ltd. URL: <https://www.woodside.com/what-we-do/innovation/digital>

[19] Nguyen T. et al. (2022). Advanced Analytics Applications in Oil and Gas Reservoir Management. Energy. Vol. 248. 124941. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124941>

[20] CGG. (2023). Cognitive Geoscience: AI-Powered Seismic Interpretation. CGG Geoscience Services. URL: <https://www.cgg.com/services/geoscience/cognitive-geoscience>

[21] Equinor. (2023). Autonomous Operations: The Future of Offshore. Equinor Technology. Stavanger. URL: <https://www.equinor.com/technology/autonomous-operations>

[22] BP. (2023). Drone Inspection Programme: Safety and Efficiency Report 2022. BP Technology. London. URL: <https://www.bpinspect.com/technology/drone-inspection>

[23] Claroty. (2023). Global OT & IoT Cybersecurity Report: Oil and Gas Edition. Claroty Research. New York. URL: <https://www.claroty.com/resources/reports/oil-gas-cybersecurity-report-2023>

[24] NIST. (2020). Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207. National Institute of Standards and Technology. DOI: <https://www.nist.gov/publications/zero-trust-architecture>

[25] IEA. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA Publications. Paris. URL: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

[26] O'zbekneftgaz MXK. (2024). Raqamli rivojlanish strategiyasi 2022–2026. Rasmiy veb-sayt. URL: <https://www.ung.uz>

[27] UzCloud. (2024). O'zbekiston Milliy Bulut Platformasi. Rasmiy veb-sayt. URL: <https://www.uzcloud.uz>

[28] World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. WEF Publications. Geneva. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023>