FAN VA TA’LIM YANGILIKLARI
ILMIY-METODIK JURNAL
ISSN 3093-8694 ◆ saen.uz
2026-yil
11(1)-son

UDK: 378.147:622.1

Rabbimov Jaxongir Shodmonkulovich,
Qarshi davlat texnika universiteti “Geologiya va konchilik ishi” kafedrasi dotsenti,
texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)

KON GEOLOGIYASI FANIDA QATLAMLI KALIY-TUZ KESIMLARINI MODELLASHTIRISH ORQALI TALABALARNING TADQIQOT KOMPETENSIYALARINI RIVOJLANTIRISH

Annotatsiya. Kon geologiyasi fanini o‘qitishda qatlamli evaporit kesimlarini tayyor formulalar asosida o‘rganish talabalarning geologik dalillarni mustaqil tahlil qilish, hisoblash shartlarini farqlash va qo‘llanilayotgan modellarning chegaralarini anglash ko‘nikmalarini yetarli darajada rivojlantirmaydi. Mazkur maqolada litologik qatlamlanish va elastiklik xususiyatlarini soddalashtirilgan hisobiy modellashtirish asosida talabalarning tadqiqot kompetensiyalarini rivojlantirishga yo‘naltirilgan metodik yondashuv ishlab chiqilgan. Tadqiqotda ilmiy manbalarni tahlil qilish, konstruktiv muvofiqlashtirish, muammoli ta’lim, Voigt–Reuss hisobiy chegaralaridan foydalanish hamda mezonlarga asoslangan analitik baholash usullari qo‘llanilgan. Natijada K1–K5 shaklida beshta tadqiqot kompetensiyasi, 90 daqiqalik amaliy mashg‘ulot modeli, 100 ballik baholash rubrikasi va ikkita shartli geologik ssenariy asosida qayta hisoblanadigan o‘quv topshiriqlari ishlab chiqilgan. Hisobiy keys natijalariga ko‘ra, zaif qatlamning modeldagi ulushi 20 foizdan 40 foizga oshirilganda Reuss bo‘yicha hisoblangan elastiklik moduli 2,55 GPa dan 1,97 GPa gacha kamayishi aniqlangan. Taklif etilgan metodika talabalarning geologik ma’lumotlarni tahlil qilish, hisobiy modellarni tanqidiy baholash, noaniqliklarni aniqlash va dalillarga asoslangan xulosalar chiqarish kompetensiyalarini baholashga xizmat qiladi. Metodikaning pedagogik samaradorligi real talabalar guruhida o‘tkaziladigan tajriba-sinov orqali kelgusida tekshirilishi lozim.

Kalit so‘zlar: kon geologiyasi, tadqiqot kompetensiyalari, kompetensiyaviy yondashuv, geologik modellashtirish, muammoli ta’lim, qatlamli litologik kesim, Voigt–Reuss modeli, baholash rubrikasi.

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГОРНОЙ ГЕОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОИСТЫХ КАЛИЙНО-СОЛЯНЫХ РАЗРЕЗОВ

Аннотация. Изучение слоистых эвапоритовых разрезов в курсе горной геологии преимущественно на основе готовых формул не обеспечивает достаточного развития у студентов навыков самостоятельного анализа геологических данных, разграничения расчётных условий и определения границ применимости используемых моделей. В статье разработан методический подход, направленный на развитие исследовательских компетенций студентов посредством упрощённого расчётного моделирования литологической слоистости и упругих свойств горных пород. В исследовании использованы анализ научной литературы, конструктивное согласование результатов обучения, проблемное обучение, расчётные оценки по моделям Фойгта–Рейсса и проектирование аналитической критериальной рубрики оценивания. В результате разработаны пять исследовательских компетенций (K1–K5), модель практического занятия продолжительностью 90 минут, стобалльная

оценочная рубрика и расчётные задания на основе двух условных геологических сценариев. Согласно результатам модельных расчётов, при увеличении доли слабого прослоя с 20 до 40 % расчётная оценка модуля упругости по модели Рейсса снижается с 2,55 до 1,97 ГПа. Предложенная методика позволяет оценивать способность студентов анализировать геологические данные, критически интерпретировать расчётные модели, выявлять неопределённости и формулировать аргументированные выводы. Педагогическая эффективность методики пока не подтверждена экспериментально на реальной группе студентов и требует дальнейшей опытно-экспериментальной проверки.

Ключевые слова: горная геология, исследовательские компетенции, компетентностный подход, геологическое моделирование, проблемное обучение, слоистый литологический разрез, модель Фойгта–Рейсса, оценочная рубрика.

DEVELOPING RESEARCH COMPETENCIES IN MINING GEOLOGY THROUGH MODELING OF LAYERED POTASH SEQUENCES

Abstract. The study of layered evaporite sequences in mining geology primarily through ready-made equations does not sufficiently develop students' abilities to independently analyse geological evidence, distinguish calculation assumptions, and identify the limitations of applied models. This article presents a methodological approach aimed at developing students' research competencies through simplified computational modeling of lithological layering and the elastic properties of rocks. The study employs literature analysis, constructive alignment, problem-based learning, Voigt–Reuss model estimates, and the design of a criterion-referenced analytical assessment rubric. As a result, five research competencies (K1–K5), a 90-minute practical lesson framework, a 100-point assessment rubric, and reproducible exercises based on two hypothetical geological scenarios were developed. According to the illustrative calculations, increasing the assumed proportion of a weak interlayer from 20% to 40% reduces the Reuss estimate of the elastic modulus from 2.55 GPa to 1.97 GPa. The proposed methodology provides a framework for assessing students' abilities to analyse geological data, critically interpret computational models, identify uncertainties, and formulate evidence-based conclusions. However, its pedagogical effectiveness has not yet been empirically established in a real student cohort and requires further experimental validation.

Keywords: mining geology, research competencies, competence-based approach, geological modeling, problem-based learning, layered lithological sequence, Voigt–Reuss model, assessment rubric.

KIRISH

Kon geologiyasi fani talabalardan litologik tarkibni ajratish, quduq kesimlarini korrelyatsiyalash, geologik dalillarning ishonchliligini baholash va hisob natijalarini muhandislik xulosasiga aylantirishni talab qiladi. An'anaviy ma'ruza-amaliy mashg'ulotlarda formulani qo'llash va arifmetik natija olish bilan cheklanish talabaning "ma'lumot qayerdan olindi?", "qaysi faraz buzilsa model ishlamaydi?" va "qanday qo'shimcha dalil zarur?" savollariga javob berish darajasini yashirishi mumkin. Shu bois o'quv natijasi hisoblash tezligi bilangina emas, dalil–model–talqin zanjirining sifati bilan belgilanishi kerak.

Biggsning konstruktiv muvofiqlashtirish konsepsiyasi o‘quv maqsadi, mashg‘ulot faoliyati va baholash mezonini o‘zaro moslashtirish zarurligini asoslaydi [1]. Faol o‘qitish bo‘yicha yirik meta-tahlil STEM fanlarida mazkur yondashuvlar samaradorligiga umumiy dalillar beradi [2]; bu ko‘rsatkichlarni aynan mazkur metodika samarasi sifatida ko‘chirish mumkin emas. Geologiya ta’limida kesim, xarita, chizma kabi reprezentatsiyalarni yaratish va talqin qilish kasbiy fikrlashning ajralmas qismi ekanligi alohida ta’kidlangan [3].

Mazkur tadqiqotning obyekti — oliy ta’limda “Kon geologiyasi” fanining amaliy mashg‘ulotlari; predmeti — qatlamli kaliy-tuz kesimlarini hisobiy modellashtirish orqali talabalarning tadqiqot kompetensiyalarini shakllantirishga yo‘naltirilgan didaktik model. Maqsad: manba tanqididan asoslangan muhandislik-geologik xulosagacha bo‘lgan faoliyatni aniq mahsullar va o‘lchanadigan mezonlarga ajratuvchi metodikani ishlab chiqish. Tadqiqot gipotezasi: ushbu model bo‘yicha tashkil etilgan amaliy mashg‘ulot an’anaviy faqat hisobga yo‘naltirilgan topshiriqqa nisbatan dalilga asoslangan talqinni yaxshilashi mumkin; gipoteza hozircha eksperimental tekshirilmagan.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqot nazariy-metodik loyihalash va hisobiy demonstratsiya turiga kiradi. Birlamchi predmetli asos sifatida muallifning taqdim etilgan “Kaliy-tuz konlarining qatlamli geologik kesimida elastik anizotropiyani hisobiy baholash va geologik ma’lumotlar ishonchliligini oshirish” qo‘lyozmasidagi ikki ssenariy va ularga oid cheklovlar olindi. Pedagogik asos sifatida konstruktiv muvofiqlashtirish [1], faol o‘qitish [2], geofanlarda vizual dalil yaratish [3], model qurish va ma’lumot talqin qilish amaliyotlari [4] hamda formatlovchi qayta aloqa tamoyillari [5] umumlashtirildi. O‘quv topshiriqlarining kognitiv murakkabligi Anderson–Krathwohl taksonomiyasiga mos rivojlantirildi [6].

Metodik muammo qo‘yildi: “Tarkibiy farqlarga ega ikki kaliy-tuz kesimi uchun bitta E qiymati qaysi hollarda noto‘g‘ri xulosaga olib kelishi mumkin?” Talaba shartli ma’lumotlarni real kon protokolidan farqlashi, elastik aralashma baholarini hisoblashi va modelning geologik chegaralarini yozma izohlashi shart. Voigt–Reuss formulalari bu yerda materiallarning uch o‘lchamli anizotropik elastiklik tensorini aniqlash emas, bir o‘lchamli izodeformatsiya/izokuchlanish holatlari bo‘yicha o‘quv yaqinlashuvi vazifasini bajaradi [7].

$$E^{v} = \Sigma\, f_i \cdot E_i; \qquad E^{r} = 1 / \Sigma(f_i / E_i); \qquad \Sigma\, f_i = 1; \qquad A^{*} = E^{v} / E^{r}. \quad (1)$$

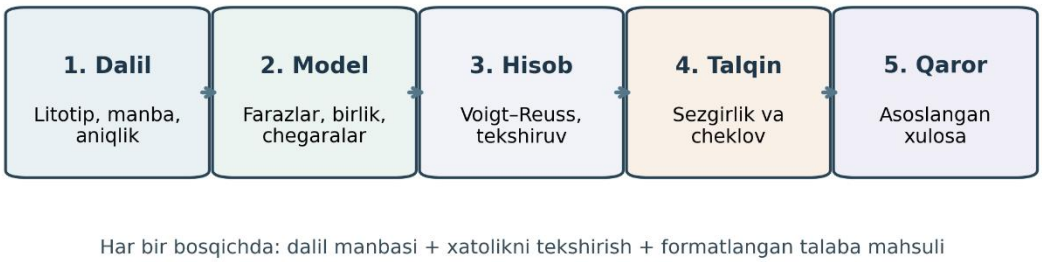
Bu yerda f_i — i-litotipning qalinlikdagi ulushi (birlik ulush), E_i — uning faraziy elastiklik moduli (GPa), E^{v} va E^{r} — mos ravishda Voigt va Reuss hisobiy baholari, A^{*} — shu ikki baho nisbati. A^{*} ni eksperimental anizotropiya koeffitsiyenti deb atash mumkin emas. Qatlam kontaktlarining siljishi, namlik, tektonik darzlar, creep va ko‘p o‘qli kuchlanishlar ushbu soddalashtirilgan modelga kiritilmagan. Shunday chegaralarni talaba yozma ko‘rsatishi K4 kompetensiyasining asosiy dalilidir.

Kompetensiyalar tarkibi va kutilgan o‘quv natijalari

Ta’limning kutilgan natijalari “tushunadi” kabi bevosita baholab bo‘lmaydigan fe’llar bilan emas, kuzatiladigan amallar bilan ifodalanadi. K1–K5 kompetensiya zanjirining yakuniy mahsuli — ma’lumot pasporti, hisob jadvali, sezgirlik grafigi va tekshirish bo‘yicha asoslangan qisqa geologik xulosa. Talaba hisobning to‘g‘riligini tekshirish bilan birga natijadan chiqarib bo‘lmaydigan da’volarni ham belgilaydi.

1-jadval. Kuzatiladigan kompetensiyalar va baholash dalillari

Kod	Kuzatiladigan faoliyat	Topshiriladigan dalil	Ball
K1	Litotipni ajratadi; dalil manbasi va ishonchliligini ko‘rsatadi	3 litotipli ma’lumot pas-porti	20
K2	Faraz, birlik va qo‘llanish chegarasini tushuntiradi	Modellashtirish protokoli	20
K3	Voigt–Reuss baholarini mustaqil qayta hisoblaydi	Jadval, formula va nazorat hisob	20
K4	Natijani tanqidiy talqin qiladi, noaniqlikni tahlil qiladi	Sezgirlik grafigi va cheklovlar	20
K5	Muqobil dalillarni solishtirib, xulosani himoya qiladi	Dalilga asoslangan tavsiya	20



1-rasm. “Dalil–model–hisob–talqin–qaror” kompetensiya zanjiri (muallifning didaktik sxemasi)

90 daqiqalik amaliy mashg‘ulotning texnologik xaritasi. Mashg‘ulotning boshlang‘ich sharti — talaba geologik kesim, mineralogik litotip va elastiklik moduli tushunchalarini bilishi. O‘qituvchi haqiqiy kon protokoli berilmaganini birinchi bosqichdayoq e’lon qiladi; hisobga qabul qilinadigan E va f qiymatlari faqat o‘quv farazlari ekanini barcha jadvallarda belgilaydi. Guruhlar bir-birining hisobini mustaqil tekshiradi, o‘qituvchi esa yakunda “nima asoslangan va nima hali noma’lum?” savoli bilan tahlilni yakunlaydi.

2-jadval. 90 daqiqalik o‘quv mashg‘uloti

Bosqich	Daq.	Talaba harakati	Baholash izi
Diagnos-tika	10	Shartli va real ma’lumotlarni farqlaydi	Boshlang‘ich qisqa javob
Dalillar	15	Litotip, qalinlik va sifat pasportini tuzadi	K1 uchun pasport

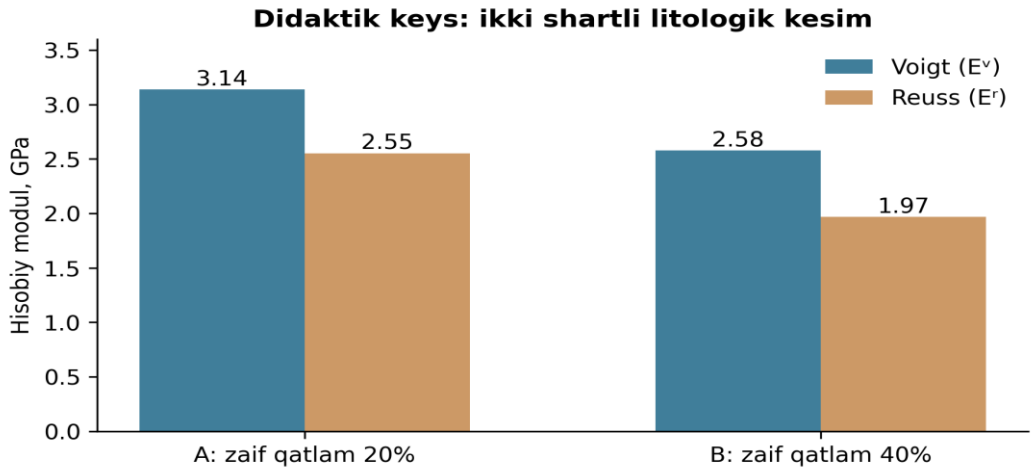
Model qurish	20	Faraz va tenglamalarni asoslaydi	K2 uchun protokol
Hisoblash	15	A/B ssenariylarni qayta hisoblaydi	K3 uchun jadval
Sezgirlik	15	E^r o‘zgarishini tahlil qiladi	K4 uchun grafik
Munozara	10	Cheklov va dala tekshiruvini himoya qiladi	K5 uchun tavsiya
Exit-ticket	5	1 xato + 1 zarur dalilni yozadi	Formatlovchi qayta aloqa
JAMI	90	—	—

NATIJALAR

Ushbu bo‘limdagi “natija” real talabalar bilimining oshganligi emas, ishlab chiqilgan didaktik mahsulotning ichki hisobiy izchilligi va o‘lchanadigan baholash vositalaridir. O‘quv keysi uchun galit, silvinit va loyli oraliq qatlam modullari mos ravishda 4,0; 3,0 va 1,2 GPa deb faraz qilindi. A ssenariyda ulushlar 50/30/20%, B da 30/30/40%. Barcha ulushlar yig‘indisi 100% bo‘lib, formulaga 0–1 birlik ulushida kiritiladi. Talaba avvalo birlik, ulush yig‘indisi va tenglamadagi maxrajni tekshirishi talab qilinadi.

3-jadval. Ikki hisobiy keysning tayanch javoblari (faqat o‘quv misoli)

Ko‘rsatkich	A keys	B keys	Kutilgan izoh
Galit / silvinit / loyli qatlam	50 / 30 / 20%	30 / 30 / 40%	f yig‘indisi 1 ga teng
Voigt E^v, GPa	3,140	2,580	B/A nisbati = 0,822
Reuss E^r, GPa	2,553	1,967	B holatda ≈22,95% kamayish
$A^*=E^v/E^r$	1,230	1,312	Hisobiy baholar farqi oshadi
Haqiqiy kon o‘lchovi	Yo‘q	Yo‘q	Laboratoriya sinovi zarur



2-rasm. O‘quv keysi uchun Voigt–Reuss hisoblarining taqqoslanishi (shartli ma’lumotlar)

B keysda zaif qatlamning hisobiy moduli 1,20 GPa o‘rniga 0,96 GPa qabul qilinsa, E^r≈1,69 GPa; 1,44 GPa bo‘lsa E^r≈2,21 GPa bo‘ladi. Shu muqobil shartlarni talaba tekshirishi K4ning muhim qismidir. Namuna javobidagi “B kesim xavfliroq kon” hukmi noto‘g‘ri umumlashma hisoblanadi: texnik xavfsizlik uchun haqiqiy kuchlanish, yotish geometriyasi, namlik, darz va vaqtga bog‘liq deformatsiya natijalari kerak [7–9].

Baholashning analitik rubrikasi. K1–K5ning har biri eng ko‘pi bilan 20 ball bilan baholanadi; umumiy yig‘indi 100 ball. Bir xil rubrika mashg‘ulot oldi diagnostik topshirig‘i va unga ekvivalent yakuniy topshiriqda qo‘llanishi rejalashtiriladi. To‘rt darajali baholash shkalasi har bir kompetensiyaga alohida qo‘llanadi; oraliq ballni qo‘yishda quyidagi mezonlar birga ko‘rib chiqiladi. Hisobda xato bo‘lsa K3 balli tushiriladi, ammo manba va model chegarasini to‘g‘ri anglagan talabaning K1/K4 balli avtomatik nolga tenglashtirilmaydi.

4-jadval. To‘rtta aniq darajali 100 ballik kriterial rubrika

Daraja	Har K uchun ball	Kuzatiladigan umumiy sifat mezoni
Boshlang‘ich	0–8	Fakt va faraz chalkashadi; dalil yetishmaydi; hisob yoki talqin izchil emas.
Rivojlanayotgan	9–12	Asosiy topshiriq bajarilgan, ammo manba, birlik yoki cheklov bo‘yicha muhim xato qolgan.
Yetarli	13–16	Hisob va asosiy dalillar to‘g‘ri; cheklov yoki muqobil dalil yetarlicha chuqur emas.
Yuqori	17–20	To‘liq, takrorlanadigan mahsul: manba, hisob, sezgirlik va ehtiyotkor xulosa asoslangan.

K1 uchun yuqori daraja — uch litotipni turlicha ko‘rsatish, ma’lumotning kimga tegishli ekanini yozish va shartli E ni dala natijasidan ajratish; K2 uchun — barcha faraz, birlik va formulani qaysi holatda qo‘llash mumkinligini izohlash; K3 uchun — ikki ssenariyni mustaqil hisoblab, yaxlitlashni nazorat qilish; K4 uchun — zaif qatlam ulushining ta’siri va kamida ikkita model cheklovini tushuntirish; K5 uchun — qaysi real dalilni yig‘ish kerakligini ustuvorligi bilan asoslash talab etiladi. Shunday mezonlar baholovchiga faqat umumiy taassurotga tayanib ball qo‘yishni cheklash imkonini beradi [5, 6].

Rubrikani qo‘llashni namoyish etuvchi muallif tomonidan tuzilgan MISOL: K1=18, K2=16, K3=17, K4=12 va K5=18 bo‘lsa, jami 81 ball. Bu baho haqiqiy talaba natijasi, sinfning o‘rtacha ko‘rsatkichi yoki pedagogik samaradorlik dalili emas. K4=12 qo‘yilishi bilimning aynan model chegaralari haqidagi qismi sustligini ko‘rsatadi; o‘qituvchi keyingi mashg‘ulotda manba va xulosa orasidagi mantiqiy uzilishlarni muhokama qiladi.

Tahlil (analysis): didaktik mexanizm. Ishlab chiqilgan metodikada hisobiy model o‘qitish maqsadi emas, dalilni tekshirish uchun vositadir. Birinchi pedagogik mexanizm — o‘quv maqsadi, bajariladigan kasbiy amal va baholash mahsulining mosligi (Biggs [1]). Ikkinchisi — murakkab masalani guruhda ko‘rish, hisoblarni taqqoslash va noto‘g‘ri xulosani aniqlash orqali faol o‘zlashtirish [2].

Uchinchi mexanizm — geologik kesim, jadval va grafik o‘rtasidagi tarjima: talaba bir xil hodisani turli reprezentatsiya ko‘rinishida ifodalab, ularning cheklovini muhokama qiladi [3, 4].

Alohida ta’kidlash lozim: minerallar tarkibiy xususiyatini aniqlash bilan bir o‘lchamli elastik o‘rtachani hisoblash turli bilish amallaridir. Galit, silvinit va loyli oraliq qatlam faqat nomi bilan to‘la fizik-mexanik tavsiflanmaydi; haqiqiy namunada petrografiya, XRD, namlik va deformatsiya sinovlari zarur. Tuzli qatlamlar mexanikasi bo‘yicha nashr qilingan sinovlar bunday farqlarni hisobga olish kerakligini asoslaydi [7]. Talabani aynan shu “model yordam beradigan” va “model javob bermaydigan” savollar chegarasida baholash geologik xulosaning ehtiyotkorligini oshirishga qaratilgan.

O‘qituvchining formatlovchi qayta aloqasi “xato bor” deyish bilan cheklanmasdan, uch savolni qamrab oladi: (i) kutilgan natija nimadan iborat; (ii) mavjud javob qaysi dalilda sust; (iii) keyingi tekshiruv uchun qanday qadam zarur [5]. “B kesim avtomatik ravishda barqaror emas” kabi mutlaq hukmga ko‘proq jazolash emas, tasdiqlovchi dalil yo‘qligini aniqlash va qo‘shimcha manbani rejalash vazifasi beriladi.

MUHOKAMA

Metodikaning ilmiy-uslubiy yangiligi alohida Voigt–Reuss formula yoki an’anaviy muammoli ta’limning ixtiro qilinishida emas. Taklif etilayotgan yangilik — kon geologiyasidagi shartli hisobiy keysni K1–K5 kompetensiyalariga izchil bog‘lash, ma’lumotning kelib chiqishini majburiy ko‘rsatish, hisobdan noto‘g‘ri muhandislik xulosasi chiqishini rubrika orqali aniqlash va tekshirish mezonini qayta ishlatishga yaroqli qilishdir. Mazkur dizayn mavjud pedagogik prinsiplarning aniq fan kontekstidagi metodik integratsiyasidir.

Cheklovlar: ushbu bosqichda talabalar tanlanmasi, nazorat guruhi, pretest/post-test ballari, p-qiymat, ta’sir hajmi yoki haqiqiy dala o‘lchovlari mavjud emas; shuning uchun metodikaning samaradorligi oshgani haqida raqamli da’vo qilinmaydi. Didaktik keysda qo‘llangan faraziy E qiymatlari Tepaqo‘ton konining sertifikatlangan laboratoriya ko‘rsatkichlari bo‘lmaganidek, K1–K5 rubrikaning psixometrik xususiyatlari ham hali sinovdan o‘tmagan. Oliy ta’limdagi haqiqiy kurs mazmuni va talabalar dastlabki tayyorgarligi asosida moslashtirish talab etiladi.

Pedagogik tajribani o‘tkazish va tekshirish protokoli (taklif)

Metodikani keyingi bosqichda tekshirish uchun bir xil fanni o‘qiyotgan, tayyorgarligi taqqoslanuvchi kamida ikkita guruhni jalb etish taklif etiladi. Tajriba guruhi K1–K5 zanjiriga tayangan 90 daqiqalik keys bilan, taqqoslash guruhi esa o‘sha mazmunni odatiy hisoblash-topshiriq shaklida o‘zlashtiradi. Guruhlar tasodifiy taqsimlansa bu qayd etiladi; aks holda kvazieksperimental dizayn deb ochiq ko‘rsatiladi. Ishtirokchilarning ixtiyoriy roziligi va anonim identifikatorlar asosida ish yuritiladi; zarur tanlanma hajmi kutilayotgan ta’sir hajmi va statistik quvvatga ko‘ra oldindan belgilanadi.

Baholash diagnostik va yakuniy, qiyinchiligi tenglashtirilgan ikkita variant orqali o‘tkaziladi. Oldindan belgilangan asosiy natija — K1–K5 yig‘indi bali (0–100), ikkilamchi natijalar — K4 va K5 ballari, noto‘g‘ri “modelni real dalilga tenglashtirish” holatlarining ulushi. Guruhlarning boshlang‘ich farqi hisobga olinib ANCOVA yoki ko‘p darajali model qo‘llanishi mumkin; guruhlar auditoriya kesimida biriktirilgan bo‘lsa klasterlashish e’tiborga olinadi. Farq, 95% ishonch oralig‘i va ta’sir hajmi birgalikda beriladi; faqat p-qiymatga tayanilmaydi.

Rubrikaning baholovchilararo izchilligi uchun ishlarning kamida bir qismi ikki mustaqil ekspert tomonidan ko‘r-ko‘rona baholanadi. Yig‘indi ball uchun ikki tomonlama mos keluvchi ICC modeli, tartibli to‘rtta kompetensiya darajasi uchun esa vaznlangan kappa ko‘rsatkichidan foydalanish mumkin; ularning mos variantini tanlash baholovchi tarkibiga bog‘liq [10]. Darsdan keyin 2–4 hafta oralig‘ida yangi litologik ssenariyga transfer-topshiriq berilishi malaka saqlanishini tekshirishga yordam beradi. Mazkur protokol bu maqolada taklif qilingan, lekin hali bajarilgan tajriba sifatida taqdim etilmaydi.

XULOSA

Kon geologiyasini o‘qitish uchun qatlamli kaliy-tuz kesimini soddalashtirilgan Voigt–Reuss hisoblari bilan bog‘laydigan kompetensiyaviy metodika ishlab chiqildi. Uning asosiy mahsuli beshta kuzatiladigan kompetensiya, 90 daqiqalik amaliy mashg‘ulot xaritasi, hisobiy keys va to‘rt darajali 100 ballik baholash rubrikasidir. Keysda zaif oraliq qatlam ulushi 20% dan 40% ga o‘zgarganda Reuss bahosining 2,553 GPa dan 1,967 GPa ga kamayishi algebraik qayta tekshirildi; ushbu sonlar faqat o‘quv ssenariysi natijasidir.

Amaliy tavsiya: fanga oid topshiriqlarni “geologik dalil pasporti → model farazlari → hisob → sezgirlik → asoslangan xulosa” ketma-ketligida tashkil etish, o‘qituvchi va talaba baholash mezonlarini mashg‘ulot boshida kelishib olish, muqobil ssenariylar bilan tanqidiy fikrlashni tekshirish va baholovchilararo moslikni pilot tajribada baholash. Metodikaning talaba natijalariga haqiqiy ta’siri keyingi pedagogik tadqiqot bilan tasdiqlanishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Biggs J. Enhancing teaching through constructive alignment // Higher Education. 1996. Vol. 32. P. 347–364. DOI: 10.1007/BF00138871.

2. Freeman S., Eddy S.L., McDonough M. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111(23). P. 8410–8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111.

3. Mogk D.W., Goodwin C. Learning in the field: Synthesis of research on thinking and learning in the geosciences // Geological Society of America Special Paper 486. 2012. P. 131–163. DOI: 10.1130/2012.2486(24).

4. National Research Council. A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC: The National Academies Press, 2012. DOI: 10.17226/13165. (Oliy ta’limga bevosita emas, metodik analogiya sifatida qo‘llanildi.)

5. Hattie J., Timperley H. The power of feedback // Review of Educational Research. 2007. Vol. 77(1). P. 81–112. DOI: 10.3102/003465430298487.

6. Anderson L.W., Krathwohl D.R. (eds.). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman, 2001.

7. Liang W., Yang C., Zhao Y., Dusseault M.B., Liu J. Experimental investigation of mechanical properties of bedded salt rock // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2007. Vol. 44(3). P. 400–411. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2006.09.007.

8. Xujakulov A.M., Olimov F.M., Nomdorov R.U., Haqberdiyev D.Q. Murakkab tuzilmali kaliy qatlamlarining fizik-mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda buzilish rejimlari // Sanoatda raqamli texnologiyalar. 2024. 2(4). B. 74–78. DOI: 10.70769/3030-3214.SRT.2.4.2024.46.

9. Karayev B.M., Nomdorov R.U., Bobomurodov A.Y., Xasanov Sh.R. Tyubegatan konida qazib olishning kon-texnik sharoitlarini baholash // Sanoatda raqamli texnologiyalar. 2025. 3(3). B. 73–77. DOI: 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.35.

10. Koo T.K., Li M.Y. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research // Journal of Chiropractic Medicine. 2016. Vol. 15(2). P. 155–163. DOI: 10.1016/j.jcm.2016.02.012.