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

UDK: 378.147:549.01:001.8

Panjiyev Hikmat Ahadillayevich,
Qarshi davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi

MINERALOGIYA FANIDA MINERALLARNING FAZALARARO O‘ZGARISHLARINI TAHLIL QILISHDA KOMPETENSIYAVIY YONDASHUV

Annotatsiya. Mazkur maqolada mineralogiya fanini o‘qitish jarayonida talabalarning minerallarda yuz beradigan fazaviy o‘zgarishlarni ilmiy dalillar asosida tahlil qilish kompetensiyalarini rivojlantirish masalasi yoritilgan. Mineralogiya kursida polimorf o‘tish, suvsizlanish va izomorf almashinish jarayonlarini o‘rganishda uchraydigan metodik muammolar tahlil qilinib, ularni bartaraf etishga qaratilgan kompetensiyaviy yondashuv taklif etilgan. Tadqiqotning maqsadi mineralogik hodisalarni tarkib, kristall tuzilish, fizik-kimyoviy sharoit, ilmiy dalil va tahlil chegaralari o‘rtasidagi bog‘liqlik asosida o‘rgatish metodikasini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda ilmiy adabiyotlarni mazmuniy-qiyosiy tahlil qilish, o‘quv natijalarini konstruktiv muvofiqlashtirish, muammoli vaziyatlarni modellashtirish va mezonlarga asoslangan baholash usullaridan foydalanildi. Natijada mineralogik jarayonlarni tahlil qilishga yo‘naltirilgan besh bosqichli metodik model, 90 daqiqalik amaliy mashg‘ulot ishlanmasi hamda beshta kompetensiya ko‘rsatkichi asosida ishlab chiqilgan to‘rt darajali baholash mezonlari taklif etildi. Shuningdek, gipsning fazaviy o‘zgarishlariga oid nashr qilingan rentgenfazaviy tahlil natijalari asosida amaliy keys ishlab chiqildi. Taklif etilgan metodika talabalarda mineralogik hodisalarni farqlash, ilmiy dalillarni tahlil qilish va asoslangan xulosalar chiqarish ko‘nikmalarini baholash imkonini beradi. Biroq metodikaning ta’lim samaradorligiga ta’siri hali empirik tajriba asosida tekshirilmagan.

Kalit so‘zlar: mineralogiya, kompetensiyaviy yondashuv, fazaviy o‘zgarish, polimorfizm, izomorfizm, suvsizlanish, kristall tuzilish, rentgenfazaviy tahlil, dalilga asoslangan ta’lim, baholash mezonlari.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ МЕЖФАЗОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИНЕРАЛОВ В КУРСЕ МИНЕРАЛОГИИ

Аннотация. В статье рассматривается проблема развития у студентов компетенций анализа фазовых превращений минералов на основе научных доказательств в процессе преподавания минералогии. Анализируются методические трудности изучения полиморфных переходов, дегидратации и изоморфных замещений, а также предлагается компетентностный подход к их преодолению. Цель исследования заключается в разработке методики обучения анализу минералогических процессов на основе взаимосвязи состава, кристаллической структуры, физико-химических условий, научных доказательств и ограничений интерпретации. В исследовании использованы содержательно-сравнительный анализ научной литературы, конструктивное согласование результатов обучения, моделирование проблемных ситуаций и критериальное оценивание. В результате предложена пятиэтапная методическая модель анализа минералогических процессов, разработана структура практического занятия продолжительностью 90 минут и представлена четырехуровневая система оценивания по пяти компетентностным показате-

лям. На основе опубликованных результатов рентгенофазового анализа фазовых превращений гипса разработан практический учебный кейс. Предложенная методика позволяет оценивать умения студентов различать минералогические процессы, анализировать научные доказательства и формулировать обоснованные выводы. Вместе с тем влияние методики на эффективность обучения требует дальнейшей экспериментальной проверки.

Ключевые слова: минералогия, компетентностный подход, фазовые превращения, полиморфизм, изоморфизм, дегидратация, кристаллическая структура, рентгенофазовый анализ, доказательное обучение, критерии оценивания.

COMPETENCY-BASED APPROACH TO THE ANALYSIS OF INTERPHASE CHANGES IN MINERALS IN MINERALOGY EDUCATION

Abstract. This article examines the development of students' competencies in analyzing mineral phase transformations based on scientific evidence in mineralogy education. It discusses methodological challenges associated with teaching polymorphic transitions, dehydration and isomorphous substitution and proposes a competency-based approach to addressing them. The aim of the study is to develop a teaching methodology based on the relationship between chemical composition, crystal structure, physicochemical conditions, scientific evidence and the limitations of interpretation. The research employs comparative content analysis of scientific literature, constructive alignment of learning outcomes, problem-based case modeling and criteria-based assessment. As a result, a five-stage methodological model, a 90-minute practical lesson framework and a four-level assessment rubric covering five competencies are proposed. A practical case study based on published X-ray diffraction data concerning gypsum phase transformations is also developed. The proposed methodology provides a framework for assessing students' ability to distinguish mineralogical processes, interpret scientific evidence and formulate justified conclusions. However, its effectiveness in improving learning outcomes has not yet been empirically validated.

Keywords: mineralogy, competency-based approach, phase transformation, polymorphism, isomorphism, dehydration, crystal structure, X-ray diffraction, evidence-based learning, assessment criteria.

KIRISH

Oliy ta’lim tizimida mineralogiya fani geologiya va konchilik yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun moddalarning tarkibi, kristall tuzilishi, mineral hosil bo‘lish sharoitlari hamda tabiiy va texnologik jarayonlarni tushunishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Ushbu fan doirasida minerallarning kimyoviy tarkibi, fizik xususiyatlari, kristallografik belgilari va o‘zgarish qonuniyatlarini o‘rganish bo‘lajak mutaxassislarning kasbiy tayyorgarligini ta’minlovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Biroq mineralning nomi, kimyoviy formulasi yoki tashqi belgilarini bilish uning hosil bo‘lishi va o‘zgarish mexanizmlarini to‘liq tushuntirish uchun yetarli emas. Buning uchun talaba mineralning kimyoviy tarkibi, kristall tuzilishi va shakllanish sharoitlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni anglay olishi, mavjud ilmiy dalillarni tahlil qilishi hamda asoslangan xulosalar chiqarishi lozim [1, 4].

Minerallarda sodir bo‘ladigan fazaviy o‘zgarishlarni o‘rganish ushbu jihatdan alohida ahamiyat kasb etadi. Masalan, bir xil kimyoviy tarkibga ega bo‘lgan minerallarning turli kristall tuzilishga ega bo‘lishi yoki kristallogidratlarning qizdirish natijasida tarkibidagi bog‘langan suvni yo‘qotishi muayyan fizik-kimyoviy qonuniyatlar bilan izohlanadi. Bunday jarayonlarni tushuntirishda faqat nazariy ma’lumotlarni yodlash emas, balki kimyoviy tarkib, kristall struktura, temperatura, bosim va tahliliy natijalar o‘rtasidagi munosabatlarni aniqlash muhimdir.

Tadqiqot obyekti sifatida oliy ta’lim muassasalarida mineralogiya fanini o‘qitishning nazariy va laboratoriya-amaliy jarayonlari belgilandi. Tadqiqot predmeti esa minerallarning fazaviy o‘zgarishlarini tahlil qilish jarayonida talabalarning ilmiy dalillarni tanlash, mineralogik hodisalarni farqlash, sabab-oqibat munosabatlarini aniqlash va xulosalarni asoslash kompetensiyalarini rivojlantirish metodikasidan iborat.

Mazkur yo‘nalishdagi asosiy metodik muammolardan biri talabalarning mineralogik hodisalarni tavsiflash bilan cheklanib qolishi va ularni mustaqil ilmiy dalillar asosida izohlashda qiyinchiliklarga duch kelishidir. Bu holat, ayniqsa, rentgenfazaviy tahlil natijalari, kristallokimyoviy formulalar hamda temperatura-bosim diagrammalarini sharhlash jarayonida yaqqol namoyon bo‘ladi [4, 7, 8].

Shuni alohida ta’kidlash lozimki, mazkur maqolada fazaviy o‘zgarishlar tushunchasi doirasida polimorf o‘tish, kristallogidratlarning suvsizlanishi va izomorf almashinish jarayonlari o‘zaro bog‘liq, biroq ilmiy jihatdan farqlanuvchi hodisalar sifatida ko‘rib chiqiladi. Chunki izomorf almashinish har doim yangi mineral fazaning hosil bo‘lishini anglatmaydi, polimorf o‘zgarishda esa kimyoviy tarkib saqlangan holda kristall tuzilish o‘zgaradi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi mineralogiya fanini o‘qitishda fazaviy o‘zgarishlarni ilmiy dalillar asosida tahlil qilishga yo‘naltirilgan kompetensiyaviy metodikani ishlab chiqish va uning mazmunini amaliy baholash mezonlari bilan boyitishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun mineralogik jarayonlarning ilmiy tasnifini aniqlashtirish, o‘quv natijalarini belgilash, muammoli amaliy mashg‘ulot modelini ishlab chiqish hamda talabalarning tahliliy faoliyatini baholash mezonlarini taklif etish vazifalari belgilandi.

MAVZU BO‘YICHA ADABIYOTLAR TAHLILI

Mineralogiya fanini o‘qitishda kompetensiyaviy yondashuvni shakllantirish uchun, avvalo, mineralogik hodisalarning nazariy mohiyatini va ularni o‘rganishning pedagogik imkoniyatlarini tahlil qilish zarur. Eshonqulov, Qayumov, Mustafayev va Komilov tomonidan tayyorlangan “Mineralogiya” o‘quv qo‘llanmasida izomorf almashinish va qattiq eritmalar, kristallogidratlarda suvning bog‘lanish xususiyatlari, shuningdek, polimorfizm va uning temperatura-bosim sharoitlariga bog‘liqligi yoritilgan [1]. Mazkur ilmiy ma’lumotlar minerallarning fazaviy o‘zgarishlarini o‘rgatishda nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Biggs tomonidan ishlab chiqilgan konstruktiv muvofiqlashtirish konsepsiyasida ta’lim maqsadlari, o‘qitish jarayonidagi faoliyatlar va baholash mezonlari o‘zaro muvofiq bo‘lishi zarurligi asoslangan [2]. Ushbu yondashuv mineralogiya fanida ham muhim ahamiyatga ega. Chunki talaba muayyan mineralogik jarayonni tushuntirish uchun zarur bo‘lgan nazariy bilimlarni egallashi bilan birga, ularni amaliy vaziyatlarda qo‘llash va ilmiy dalillar asosida baholash imkoniyatiga ega bo‘lishi kerak.

Freeman va hammualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotda tabiiy fanlar, muhandislik va matematika yo‘nalishlarida faol ta’lim metodlarining o‘zlashtirish natijalariga ta’siri meta-tahlil asosida o‘rganilgan. Mualliflar faol o‘qitish usullarining ta’lim jarayonidagi ijobiy imkoniyatlarini ko‘rsatganlar [3]. Biroq ushbu umumiy xulosalarni mineralogiya fanidagi muayyan metodik model samaradorligining bevosita isboti sifatida qabul qilish mumkin emas.

Scribner va Harris tomonidan ishlab chiqilgan Mineralogy Concept Inventory vositasi talabalarning mineralogiyaga oid tushunchalarni o‘zlashtirish darajasini baholashga qaratilgan. Mazkur tadqiqotda mineralogik bilimlarni baholashda standartlashtirilgan diagnostik vositalardan foydalanishning ahamiyati asoslab berilgan [4]. Ushbu yondashuv taklif etilayotgan metodikada ham muhim o‘rin tutadi, chunki talabaning mineralogik tushunchalarni qanchalik o‘zlashtirgani bilan bir qatorda, ularni tahliliy faoliyatda qo‘llay olish darajasini ham aniqlash talab etiladi.

Piper va hammualliflarning tadqiqotida minerallar va tog‘ jinslariga oid laboratoriya mashg‘ulotlarini tadqiqotga yo‘naltirilgan topshiriqlar bilan boyitish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan [5]. Leung va dePolo esa kristall tuzilish hamda minerallarning optik xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni modellashtirish orqali tushuntirishning didaktik imkoniyatlarini tahlil qilgan [6]. Ushbu tadqiqotlar mineralogiya fanida ko‘rgazmali modellar va amaliy tahlil topshiriqlaridan foydalanish muhimligini ko‘rsatadi.

Brady, Newton va Boardman tomonidan rentgen kukun difraksiyasi bo‘yicha laboratoriya mashg‘ulotlarining ta’limiy imkoniyatlari o‘rganilgan. Mualliflar mazkur usuldan nafaqat minerallarni aniqlash, balki ularning fazaviy o‘zgarishlarini kuzatish va izohlashda ham foydalanish mumkinligini ko‘rsatganlar [7]. Sabatini va Soldati mineralogiya kursida fazoviy fikrlashni rivojlantirishga qaratilgan yondashuvlarni tahlil qilib, maxsus topshiriqlar va yo‘naltiruvchi mashqlarning ahamiyatini qayd etganlar [8]. Hannula esa geologik dala mashg‘ulotlarida fazoviy fikrlash ko‘nikmalarini baholash masalasini tadqiq etgan [9].

Tahlil qilingan ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, mineralogiya fanini o‘qitishda nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog‘lash, talabalarni ilmiy dalillar bilan ishlashga o‘rgatish va o‘zlashtirish natijalarini aniq mezonlar asosida baholash muhim metodik vazifalardan hisoblanadi. Shu bilan birga, polimorfizm, suvsizlanish va izomorf almashinishni o‘zaro taqqoslash, ularning farqlovchi bel-

gilarini mustaqil dalillar asosida aniqlash hamda ushbu jarayonlarni yagona kompetensiyaviy baholash tizimiga birlashtirish masalasi alohida metodik yondashuvni talab etadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot metodologiyasi mineralogik bilimlarni o‘zlashtirish va ularni amaliy tahlil jarayonida qo‘llash o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni ta’minlashga qaratildi. Bunda ilmiy adabiyotlarni mazmuniy-qiyosiy tahlil qilish, mineralogik jarayonlarning asosiy belgilarini tizimlashtirish, o‘quv natijalarini konstruktiv muvofiqlashtirish hamda muammoli vaziyatlarni modellashtirish usullaridan foydalanildi.

Dastlab mineralogiya faniga oid mahalliy va xorijiy ilmiy manbalar o‘rganilib, polimorfizm, suvsizlanish va izomorf almashinish jarayonlarining tarkibiy, strukturaviy hamda fizik-kimyoviy xususiyatlari taqqoslandi. Keyingi bosqichda ushbu jarayonlarni o‘rganish uchun zarur bo‘lgan nazariy bilimlar va amaliy topshiriqlar o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlandi. Shuningdek, talabalar faoliyatini baholash uchun kuzatiladigan kompetensiya ko‘rsatkichlari ishlab chiqildi.

Polimorfizmda bir xil kimyoviy tarkibga ega bo‘lgan moddaning turli kristall tuzilishlarda mavjud bo‘lishi kuzatiladi. Masalan, α-kvars va β-kvars bir xil SiO_2 kimyoviy formulasiga ega bo‘lsa-da, kristall tuzilishi va simmetriyasi bilan farqlanadi. Atmosfera bosimiga yaqin sharoitda ularning muvozanat o‘tish temperaturasi taxminan 573 °C ni tashkil etadi [1]. Bu jarayonni tushuntirishda kimyoviy tarkibning saqlanishi va kristall strukturaning o‘zgarishi asosiy belgi hisoblanadi.

Suvsizlanish jarayonida esa kristallogidrat tarkibidagi bog‘langan suv ajralib chiqadi va moddaning kimyoviy tarkibi o‘zgaradi. Gipsning qizdirilishi natijasida uning qisman suvsizlanib, bassanit kabi yangi fazalarni hosil qilishi bunga misol bo‘la oladi. Bunday jarayonlarni o‘rganishda temperatura, vaqt, namlik va fazaviy tarkib o‘rtasidagi munosabatlarni hisobga olish zarur.

Izomorf almashinish jarayonida esa kristall panjaradagi ayrim ionlarning o‘rnini o‘xshash xususiyatlarga ega boshqa ionlar egallaydi. Masalan, olivin minerallari qatorida Mg^{2+} va Fe^{2+} ionlarining o‘zaro almashinuvi natijasida tarkibi turlicha bo‘lgan qattiq eritmalar hosil bo‘ladi. Bunda kristall tuzilishning umumiy xususiyatlari saqlanishi mumkin va har bir tarkibiy o‘zgarish alohida yangi fazaning hosil bo‘lishini anglatmaydi [1].

Mazkur jarayonlarni o‘qitishda quyidagi ilmiy-metodik tamoyillarga amal qilish maqsadga muvofiq deb topildi: mineralogik hodisani to‘g‘ri tasniflash, tegishli ilmiy dalillarni tanlash, tarkib va struktura o‘rtasidagi munosabatlarni aniqlash, fizik-kimyoviy sharoitlarning ta’sirini tushuntirish hamda olingan natijalarning chegaralarini hisobga olish.

Tadqiqot doirasida beshta asosiy kompetensiya ko‘rsatkichi belgilandi. Birinchi ko‘rsatkich mineralogik hodisalarni to‘g‘ri tasniflashni, ikkinchisi ilmiy dalillarni tanlash va ulardan foydalanishni, uchinchisi sabab-oqibat munosabatlarini

izohlashni, to‘rtinchisi muqobil fikrlar va tahlil cheklovlarini aniqlashni, beshinchisi esa ilmiy xulosalarni izchil bayon etishni nazarda tutadi.

Ushbu ko‘rsatkichlar asosida har bir kompetensiya 0 dan 20 ballgacha baholanadigan to‘rt darajali rubrika ishlab chiqildi. Baholashda boshlang‘ich daraja 0–5 ball, qisman shakllangan daraja 6–10 ball, yetarli daraja 11–15 ball va yuqori daraja 16–20 ball bilan belgilandi. Umumiy natija beshta ko‘rsatkich bo‘yicha to‘plangan ballar yig‘indisi orqali aniqlanadi.

Shuni qayd etish kerakki, mazkur tadqiqot loyihaviy-tahliliy va metodik xarakterga ega. Unda talabalar ishtirokida pedagogik tajriba o‘tkazilmagan, nazorat va tajriba guruhlari shakllantirilmagan hamda o‘zlashtirish natijalari bo‘yicha statistik ma’lumotlar yig‘ilmagan. Shu sababli ishlab chiqilgan metodika ta’lim jarayonida qo‘llash uchun taklif etilayotgan ilmiy-metodik model sifatida talqin qilinadi.

NATIJALAR

Tadqiqot natijasida mineralogiya fanida minerallarning fazaviy o‘zgarishlarini o‘rgatishga yo‘naltirilgan besh bosqichli kompetensiyaviy metodik model ishlab chiqildi. Ushbu model talabalarning nazariy bilimlarini mustaqil tahlil, dalillarni taqqoslash va ilmiy xulosa chiqarish faoliyati bilan bog‘lashga xizmat qiladi.

Metodik modelning birinchi bosqichi muammoli savolni shakllantirishdan iborat. Mashg‘ulot jarayonida talabalarga “Bir xil kimyoviy formulaga ega bo‘lgan moddalar doimo bir xil kristall tuzilishga egami?” kabi savollar beriladi. Mazkur savollar orqali talabalarning dastlabki bilimlari faollashtiriladi va yangi mavzuni o‘rganishga ehtiyoj yuzaga keltiriladi.

Ikkinchi bosqichda zarur ilmiy dalillar bilan ishlash tashkil etiladi. Talabalarga mineral namunalarining tavsifi, kristall tuzilish modellari, rentgenfazaviy tahlil difraktogrammalari, termik tahlil diagrammalari va boshqa ma’lumotlar taqdim etiladi. Ular mavjud materiallardan mineralogik jarayonni tushuntirish uchun zarur belgilarni ajratib oladilar.

Uchinchi bosqichda turli mineralogik jarayonlar o‘zaro taqqoslanadi. Bunda polimorf o‘tish, suvsizlanish va izomorf almashinishning o‘ziga xos xususiyatlari aniqlanadi. Talabalar jarayonlarning kimyoviy tarkib, kristall tuzilish va fizik-kimyoviy sharoitlarga ta’sirini tahlil qiladilar.

To‘rtinchi bosqichda dalillarga asoslangan xulosa shakllantiriladi. Talabalar qaysi ilmiy ma’lumot muayyan jarayonni tasdiqlashi, qaysi dalil esa yakuniy xulosa chiqarish uchun yetarli emasligini aniqlaydilar. Bunda muqobil izohlar va o‘lchash sharoitlarining ta’siri ham hisobga olinadi.

Beshinchi bosqichda talabalar faoliyati ishlab chiqilgan baholash mezonlari asosida tahlil qilinadi. O‘qituvchi har bir talabaning hodisani tasniflash, dalil tanlash, sababiy bog‘lanishni tushuntirish, noaniqliklarni aniqlash va ilmiy xulosa chiqarish ko‘nikmalarini alohida baholaydi. Natijada talabaning qaysi kompetensiyasi yetarli shakllangani va qaysi jihatlari ustida ishlash zarurligi aniqlanadi.

Taklif etilayotgan metodikani amaliyotga tatbiq etish maqsadida 90 daqiqalik mashg‘ulot tuzilmasi ishlab chiqildi. Mashg‘ulotning dastlabki 10 daqiqasi diagnostik savollarga, keyingi 15 daqiqasi ilmiy dalillar bilan tanishishga ajratiladi. Shundan so‘ng 25 daqiqa davomida talabalar guruhlarda kvars, gips va olivin misolida mineralogik jarayonlarni taqqoslaydilar. Keyingi 20 daqiqada rentgenfazaviy va termik tahlil ma’lumotlari o‘rganilib, ulardan kelib chiqadigan xulosalar muhokama qilinadi. Mashg‘ulotning 10 daqiqasi natijalarni himoya qilish va fikr-mulohazalarga, qolgan 10 daqiqasi esa individual yakuniy topshiriqqa ajratiladi.

Amaliy mashg‘ulotlarni tashkil etishda mineral namunalari, kristall panjara modellari, difraktogrammalar, temperatura-bosim diagrammalari va baholash varaqalaridan foydalanish tavsiya etiladi. Agar oliy ta’lim muassasasida rentgenfazaviy yoki termik tahlil uskunalari mavjud bo‘lmasa, nashr qilingan ilmiy tadqiqotlarning ochiq ma’lumotlaridan o‘quv materiali sifatida foydalanish mumkin. Bunda mazkur ma’lumotlarning boshqa laboratoriyalarda olingan natijalar ekanligi talabalarga aniq tushuntirilishi lozim.

Baholash mezonlarining birinchi ko‘rsatkichi mineralogik hodisalarni tasniflash kompetensiyasini ifodalaydi. Talaba polimorfizm, suvsizlanish va izomorf almashinish jarayonlarini bir-biridan farqlay olishi kerak. Ikkinchi ko‘rsatkich ilmiy dalillarni tanlash bilan bog‘liq bo‘lib, bunda talabaning rentgenfazaviy tahlil, kimyoviy analiz yoki termik tahlil natijalaridan to‘g‘ri foydalanish qobiliyati baholanadi. Uchinchi ko‘rsatkich tarkib, kristall tuzilish va fizik-kimyoviy sharoitlar o‘rtasidagi sababiy bog‘liqlikni tushuntirishni nazarda tutadi. To‘rtinchi ko‘rsatkichda talabaning muqobil izohlar, noaniqliklar va o‘lchash chegaralarini hisobga olish qobiliyati aniqlanadi. Beshinchi ko‘rsatkich esa ilmiy xulosalarning mantiqiyligi, aniqligi va terminologik jihatdan to‘g‘ri bayon etilishini baholashga qaratiladi.

Umumiy baholash natijasi 100 ballik tizimda aniqlanadi. Dastlabki metodik qo‘llash uchun 86–100 ball yuqori, 71–85 ball yaxshi, 56–70 ball qoniqarli, 0–55 ball esa qo‘shimcha pedagogik yordam talab qiladigan daraja sifatida taklif etiladi. Ushbu chegaralar mazkur tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan shartli mezonlar bo‘lib, ularning normativ qiymati keyingi empirik sinovlar orqali aniqlashtirilishi kerak.

Metodik modelning amaliy imkoniyatlarini ko‘rsatish maqsadida kvars, gips va olivin minerallariga oid muammoli topshiriqlar ishlab chiqildi. Kvars misolida talabalarga bir xil SiO_2 tarkibiga ega bo‘lgan, biroq turli kristall tuzilishga ega modifikatsiyalar taqdim etiladi. Ulardan mazkur hodisaning izomorf almashinish yoki polimorf o‘tish ekanligini aniqlash so‘raladi. To‘g‘ri javobda kimyoviy tarkibning saqlanishi va kristall tuzilishning o‘zgarishi asosiy dalil sifatida ko‘rsatilishi lozim. Shu bilan birga, faqat xona temperaturasida olingan rentgenfazaviy tahlil natijasi namunaning avval yuqori temperaturada boshqa fazada bo‘lganini mustaqil ravishda isbotlay olmasligi tushuntiriladi [1, 7].

Gips misolida talabalar qizdirishdan oldingi va keyingi massa ko‘rsatkichlari hamda fazaviy tarkibga oid ma’lumotlarni tahlil qiladilar. Bunda massa kamayishini faqat polimorfizm bilan izohlash mumkin emasligi, chunki kristall tarkibidagi bog‘langan suvning ajralib chiqishi ham kimyoviy o‘zgarishga olib kelishi asoslanadi. Ushbu jarayonni aniqlashda termogravimetrik tahlil orqali massa yo‘qotilishi, rentgenfazaviy tahlil orqali esa hosil bo‘lgan fazalar o‘rganilishi lozim.

Olivin misolida esa Mg^{2+} va Fe^{2+} ionlarining o‘zaro almashinuvi natijasida tarkibi turlicha bo‘lgan minerallar qatori tahlil qilinadi. Talabalardan barcha tarkibiy farqlarni yangi faza hosil bo‘lishi sifatida talqin qilmaslik, izomorf qattiq eritmalar mohiyatini tushuntirish va kimyoviy hamda strukturaviy dalillarni taqqoslash talab etiladi [1].

Metodik ishlanmaning yana bir muhim jihati nashr qilingan ilmiy tadqiqotlar natijalaridan foydalanish bilan bog‘liq. Krejsová va hammualliflar tomonidan 2024-yilda gipsning fazaviy o‘zgarishlari termik tahlil hamda in situ va ex situ rentgenfazaviy tahlil usullari yordamida o‘rganilgan [10]. Mualliflar tomonidan 50 °C da quritilgan namuna tarkibida taxminan 62,3 foiz gips, 23,4 foiz bassanit va 9,5 foiz angidrit II qayd etilgan. Mazkur natijalar talabalarga fazaviy tarkibning o‘zgarishini tahlil qilish va turli tahlil usullarining imkoniyatlarini taqqoslash uchun amaliy material bo‘lib xizmat qiladi.

Ushbu ma’lumotlar asosida talabalarga bir nechta savollar taklif etiladi: namuna tarkibida qaysi mineral fazalar mavjud, massa kamayishi qanday jarayonni tasdiqlaydi, nima sababdan qizdirish temperaturasi mahsulotning fazaviy tarkibini to‘liq tavsiflash uchun yetarli emas va in situ hamda ex situ rentgenfazaviy tahlil usullari o‘rtasida qanday farq mavjud? Bunday topshiriqlar talabalarning mineralogik hodisalarni faqat nazariy jihatdan emas, balki real ilmiy ma’lumotlar asosida tushuntirish ko‘nikmalarini rivojlantirishga yo‘naltirilgan.

Ta’kidlash joizki, keltirilgan XRD natijalari mustaqil ilmiy nashrdan olingan bo‘lib, muallif tomonidan universitet laboratoriyasida bajarilgan tajriba natijalari hisoblanmaydi. Shuningdek, metodikani baholash uchun keltirilgan namunaviy ballar real talabalar faoliyatini aks ettirmaydi, balki taklif etilgan rubrikaning ishlash tartibini tushuntirish maqsadida ishlab chiqilgan.

MUHOKAMA

Tadqiqot davomida ishlab chiqilgan metodik yondashuv mineralogiya fanini o‘qitishda nazariy bilimlarni amaliy tahlil faoliyati bilan bog‘lash zarurligiga asoslanadi. Biggsning konstruktiv muvofiqlashtirish konsepsiyasiga ko‘ra, o‘quv maqsadlari, ta’lim jarayonidagi topshiriqlar va baholash mezonlari o‘zaro uyg‘un bo‘lishi lozim [2]. Mazkur tamoyil mineralogik hodisalarni tahlil qilish jarayonida ham muhim ahamiyatga ega. Chunki talabaning faqat mineralogik atamalarni bilishi emas, balki ularni ilmiy dalillar yordamida tushuntira olishi ham ta’lim natijasining muhim ko‘rsatkichi hisoblanadi.

Scribner va Harris tomonidan taklif etilgan Mineralogy Concept Inventory vositasi talabalarning mineralogik tushunchalarni o‘zlashtirish darajasini aniqlashga xizmat qiladi [4]. Mazkur maqolada esa mineralogik jarayonlarni tasniflash, dalillarni tanlash, sababiy munosabatlarni tushuntirish va ilmiy xulosa chiqarish kabi faoliyatlarni alohida baholashga e’tibor qaratilgan. Shu jihatdan taklif etilayotgan metodika mavjud diagnostik yondashuvlarni to‘ldiruvchi metodik vosita sifatida qaralishi mumkin.

Mineralogik jarayonlarni o‘rgatishda ilmiy dalillarning ishonchliligi va ularni to‘g‘ri talqin qilish alohida ahamiyatga ega. Masalan, rentgenfazaviy tahlil natijalari mineral fazalarni aniqlashda muhim ma’lumot beradi, biroq murakkab aralashmalar, amorf moddalarning mavjudligi, namuna tayyorlash usullari va o‘lchash sharoitlari natijalarni talqin qilishga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [7]. Shu sababli talabalar har qanday tahliliy natijani mutlaq haqiqat sifatida qabul qilmasdan, uning imkoniyatlari va cheklovlarini ham hisobga olishlari lozim.

Raqamli ta’lim resurslari, xususan, virtual kristall panjaralar, temperatura-bosim diagrammalari va difraktogrammalardan foydalanish mineralogik jarayonlarni ko‘rgazmali tushuntirish imkoniyatlarini kengaytiradi [5, 6]. Biroq bunday vositalar real tajriba natijalarining kelib chiqishi, o‘lchash aniqligi va metrologik ishonchliligini to‘liq almashtira olmaydi. Shuning uchun raqamli materiallardan foydalanishda ularning ilmiy manbasi va qo‘llanish chegaralarini ko‘rsatish zarur.

Taklif etilgan metodikaning amaliy ahamiyati shundaki, u mineralogiya fanidagi murakkab nazariy tushunchalarni talabalarning mustaqil tahliliy faoliyati bilan bog‘laydi. Bunda talaba tayyor ma’lumotni o‘zlashtiruvchi emas, balki muammoni aniqlaydigan, dalillarni taqqoslaydigan va ilmiy xulosa chiqaradigan faol ishtirokchi sifatida namoyon bo‘ladi.

Shu bilan birga, tadqiqotning ayrim cheklovlari mavjud. Birinchidan, taklif etilgan baholash rubrikasining mazmuniy validligi va baholovchilararo ishonchliligi empirik jihatdan aniqlanmagan. Ikkinchidan, ishlab chiqilgan mashg‘ulot ssenariysi va namunaviy baholash natijalari real talabalar ishtirokidagi pedagogik tajribaga asoslanmagan. Uchinchidan, nashr qilingan XRD natijalari muayyan laboratoriya sharoitida olingan bo‘lib, ularni boshqa mineral namunalariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri tatbiq etish mumkin emas. To‘rtinchidan, barcha oliy ta’lim muassasalarida rentgenfazaviy va termik tahlil uskunalarining mavjudligi bir xil emas.

Shu sababli metodikaning samaradorligini aniqlash uchun keyingi bosqichda tajriba-sinov ishlarini tashkil etish maqsadga muvofiq. Dastlab mineralogiya va pedagogika sohasidagi mutaxassislar tomonidan baholash mezonlarining mazmuniy mosligi ekspertizadan o‘tkazilishi, so‘ngra kichik guruhlarda sinov mashg‘ulotlari tashkil etilishi lozim. Keyingi bosqichda tajriba va taqqoslash guruhlarining dastlabki hamda yakuniy natijalari o‘zaro solishtirilishi mumkin.

Baholashning ishonchliligini aniqlash uchun ikki mustaqil ekspert tomonidan talabalar javoblarini baholash, uzluksiz ballar bo‘yicha baholovchilararo moslik

ko‘rsatkichlarini, jumladan, ICC va uning 95 foizlik ishonch oralig‘ini hisoblash tavsiya etiladi. Darajalar bo‘yicha tasniflangan natijalarni tahlil qilishda esa vaznlangan kappa koeffitsiyentidan foydalanish mumkin. Ta’lim samaradorligini aniqlashda dastlabki va yakuniy ko‘rsatkichlar, ta’sir hajmi hamda ishonch oraliqlari hisobga olinishi zarur.

XULOSA

Mineralogiya fanini o‘qitishda minerallarning fazaviy o‘zgarishlarini ilmiy dalillar asosida tahlil qilish talabalarning nazariy bilimlarini amaliy faoliyat bilan bog‘lashda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari polimorf o‘tish, suvsizlanish va izomorf almashinish jarayonlarini bir xil hodisa sifatida talqin qilish ilmiy jihatdan to‘g‘ri emasligini ko‘rsatadi. Ushbu jarayonlarni farqlashda kimyoviy tarkib, kristall tuzilish, fizik-kimyoviy sharoitlar va mustaqil tahlil natijalariga tayanish zarur.

Tadqiqot doirasida mineralogik hodisalarni tahlil qilishga yo‘naltirilgan besh bosqichli kompetensiyaviy metodik model ishlab chiqildi. Mazkur model muammoli savolni shakllantirish, ilmiy dalillarni o‘rganish, turli jarayonlarni taqqoslash, asoslangan xulosa chiqarish va natijalarni mezonlar asosida baholash bosqichlarini qamrab oladi.

Shuningdek, kvars, gips va olivin minerallari misolida muammoli topshiriqlar, 90 daqiqalik amaliy mashg‘ulot ssenariysi hamda beshta kompetensiya ko‘rsatkichi asosida to‘rt darajali baholash rubrikasi taklif etildi. Gipsning fazaviy o‘zgarishlariga oid nashr qilingan rentgenfazaviy tahlil natijalaridan foydalanish orqali talabalarning real ilmiy ma’lumotlar bilan ishlash imkoniyatlari ko‘rsatib berildi.

Taklif etilgan metodikaning asosiy afzalligi shundaki, u talabalardan mineralogik hodisalarni shunchaki tavsiflashni emas, balki ularni dalillar yordamida farqlash, sababiy munosabatlarni aniqlash va xulosalarning ilmiy asoslanganlik darajasini baholashni talab etadi. Bu esa mineralogiya fanini o‘qitishda tadqiqotchilik va tahliliy fikrlashga yo‘naltirilgan ta’lim muhitini shakllantirishga xizmat qilishi mumkin.

Kelgusida metodikani oliy ta’lim muassasalarida tajriba-sinovdan o‘tkazish, baholash mezonlarining ishonchliligini aniqlash va uning talabalarning mineralogik bilim hamda amaliy kompetensiyalariga ta’sirini empirik jihatdan baholash zarur. Amaliy jihatdan esa har bir laboratoriya mashg‘ulotiga ilmiy dalillarni tahlil qilish, muqobil izohlarni taqqoslash va asoslangan xulosa chiqarishga qaratilgan topshiriqlarni kiritish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Eshonqulov U.X., Qayumov O.A., Mustafayev B.N., Komilov B.A. Mineralogiya: o‘quv qo‘llanma. – Qarshi: Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, 2023. – 123 b.

2. Biggs J. Enhancing Teaching through Constructive Alignment // Higher Education. – 1996. – Vol. 32. – P. 347–364. DOI: 10.1007/BF00138871.

3. 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, No. 23. – P. 8410–8415. DOI: 10.1073/pnas.1319030111.

4. Scribner E.D., Harris S.E. The Mineralogy Concept Inventory: A Statistically Validated Assessment to Measure Learning Gains in Undergraduate Mineralogy Courses // Journal of Geoscience Education. – 2020. – Vol. 68, No. 3. – P. 186–198. DOI: 10.1080/10899995.2019.1662929.

5. Piper M., Frankle J., Owens S., Stubbins B., Tully L., Ryker K. A Review of the Inquiry and Utility of Mineral and Rock Labs for Use in Introductory Geology Courses // Journal of Geoscience Education. – 2025. – Vol. 73, No. 2. – P. 106–116. DOI: 10.1080/10899995.2024.2305981.

6. Leung D.D.V., dePolo P.E. GC Insights: The Crystal Structures Behind Mineral Properties – A Case Study of Using TotBlocks in an Undergraduate Optical Mineralogy Lab // Geoscience Communication. – 2023. – Vol. 6. – P. 125–129. DOI: 10.5194/gc-6-125-2023.

7. Brady J.B., Newton R.M., Boardman S.J. New Uses for Powder X-Ray Diffraction Experiments in the Undergraduate Curriculum // Journal of Geological Education. – 1995. – Vol. 43, No. 5. – P. 466–470. DOI: 10.5408/0022-1368-43.5.466.

8. Sabatini S.M., Soldati A. Supporting Geoscientific Thinking: The Effectiveness of Spatial Thinking Icons in a Mineralogy Course // Journal of Geoscience Education. – DOI: 10.1080/10899995.2026.2681617.

9. Hannula K.A. Do Geology Field Courses Improve Penetrative Thinking? // Journal of Geoscience Education. – 2019. – Vol. 67, No. 2. – P. 143–160. DOI: 10.1080/10899995.2018.1548004.

10. Krejsová J., Kužel R., Keppert M., Scheinherrová L., Vimmrová A. New Insight into the Phase Changes of Gypsum // Materials and Structures. – 2024. – Vol. 57. – Article 128. DOI: 10.1617/s11527-024-02404-z.