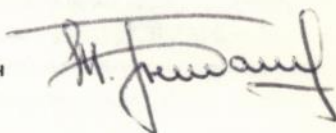


ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ГНІДАШ Михайло Іванович



ФОСФАТОНАКОПИЧЕННЯ  
НА ПІДВОДНИХ ВУЛКАНІЧНИХ СПОРУДАХ  
ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ТИХОГО ОКЕАНУ

Спеціальність 04.00.21 - літологія

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Харків - 1996 р.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00760241 (K)

*[Faint handwritten text, possibly a signature]*

*[Faint, illegible text]*

*[Faint, illegible text]*

*[Faint, illegible text]*

*[Faint, illegible text]*

*[Faint, illegible text]*

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Тихоокеанському океанологічному інституті ДСВ РАН та при Харківському державному університеті

Наукові керівники: доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
Щека Сергій Акімович (ДСП ДСВ РАН)  
доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
Шуменко Станіслав Іванович (ХДУ)

Офіційні опоненти: доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
Карпова Галина Василівна (ХДУ)  
кандидат геолого-мінералогічних наук, с.н.с  
Чугунний Юрій Гаврилович  
(ІГН НАН України, м. Київ).

Провідна організація: Український державний інститут  
мінеральних ресурсів Держкомгеології України,  
м.Сімферополь

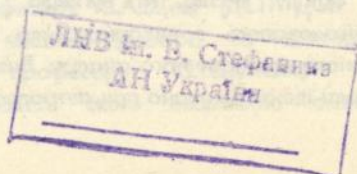
Захист дисертації відбудеться "24" травня 1996 р.  
о 16 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.02.02  
геолого-географічного факультету Харківського державного  
університету

Адреса: 310077, м.Харків, площа Свободи, 4, ауд. VI-68

З дисертацією можна ознайомитись у Центральній науковій  
бібліотеці Харківського держуніверситету.

Автореферат розіслано "23" квітня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради  
к.г.-м.н., доцент *Ю.А.Борисенко* Ю.А.Борисенко



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи визначається дискусійністю та нерозв'язаністю проблеми пошуків пелагічних фосфоритів, які зараз розглядаються як одне з перспективних джерел агрохімічної сировини. Вивчення зв'язку фосфатонакопичення з підводним вулканізмом дає ключ до пізнання генезису фосфоритів та сприятиме розробленню критеріїв їх пошуків як у межах морських акваторій, так і на суходолі.

Мета та задачі роботи. Мета досліджень - у межах ефузійно-осадового типу літогенезу, виділеного Н.М.Страховим, виявити петролого-геохімічні індикатори фосфатонесних підводних вулканічних споруд в окраїнних морях та океанах.

### Розв'язувались задачі:

1. Вивчення розподілу фосфору у вулканічних та осадових породах різних геоструктур.
2. Вивчення підводних вулканів західної частини Тихого океану з наголосом на виявлення петролого-геохімічних особливостей базальтоїдів, що асоціюються з фосфоритами, для порівняння з особливостями інтрузивних порід відомих апатитонесних комплексів суходолу.
3. Вивчення асоціацій мінералів та хімічних елементів, що утворюються протягом змінення базальтів на поствулканічному етапі.
4. Характеристика мінерального та хімічного складу фосфоритів.

Фактичний матеріал та методи досліджень. Робота ґрунтується на фактичному матеріалі, зібраному автором у шести морських експедиціях у період з 1986 по 1989 роки на НДС "Професор Богоров" (22,25,30/31 рейси), НДС "Академік А.Несмеянов" (10 та 13 рейси) та у 35 рейсі НДС "Менделєєв".

Проведено детальне вивчення речовинного складу порід петрографічними, геохімічними та мінералогічними методами. При цьому проглянуто більше 700 прозорих шліфів, виконано 68 визначень мінералів методом рентгенівської дифракції. У роботі використано результати 460 силікатних (з них 240 авторських) та 208 рентген-радіометричних-хімічних (з них - 208 авторських) аналізів порід, 156 окремих визначень  $P_2O_5$  (з них - 148 авторських), 36 визначень ізотопного складу кисню та вуглецю. Опрацювання результатів аналізів здійснювалось з використанням методів одновимірного та багатовимірного статистичного аналізу. Виявлені статистичні геохімічні закономірності ідентифіковано при петрографічному вивченні порід.

### Новизна та практична цінність роботи.

1. Вперше вивчено закономірності розподілу фосфору у різних типах базальтоїдів Японського моря. Для базальтів фосфатоносних вулканічних споруд Японського моря та океану встановлено характерну асоціацію корелюючих компонентів, що складається з  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$  та втрат протягом прожарювання (в.л.п. -  $F$ ,  $H_2O^+$ ,  $CO_2$ ,  $SO_3$ ). З'ясовано мінералогічну сутність цієї асоціації.

2. Виділена геохімічна асоціація фосфору у базальтах може правити за пошуковий критерій при прогнозуванні проявів фосфатних руд на підводних вулканічних спорудах дна морів та океанів.

3. Для всіх типів неогенових осадових та вулканогенно-осадових порід Японського моря, синхронних за часом з фосфатонакопиченням, визначено геохімічний фон фосфору та верхню границю фонових значень, з'ясовано основні фактори, що контролюють розподіл фонових концентрацій цього елемента. З цих позицій у Японському морі виділено геоструктури, які є перспективними щодо пошуків фосфоритів.

Апробація роботи. Результати роботи доповідались на 7-й Всесоюзній школі морської геології (Геленджик, 1986), 3-ій Тихоокеанській школі з морської геології, геофізики та геохімії (Владивосток, 1987), 3-му Радянсько-Китайському симпозиумі з геології геохімії та металогенії зони переходу від Азійського континента до Тихого океану (Владивосток, 1989), на спільному засіданні кафедр геології та мінералогії, петрографії і корисних копалин Харківського університету (1996 р.). Фрагменти роботи двічі посідали перше місце на конкурсі молодих вчених Тихоокеанського океанологічного інституту ДСВ РАН та один раз були відзначені премією на конкурсі праць молодих вчених ДСВ РАН.

За темою дисертаційної роботи опубліковано 8 робіт: 4 статті та 4 тези доповідей на конференціях та з'їздах. У публікаціях цілком відбито зміст та основні висновки дисертації.

Дисертацію виконано у межах науково-дослідних робіт ТОІ ДСВ РАН за міжнародною програмою "ВЕСТПАК", загальнодержавної комплексної програми "Світовий океан".

Автор щиро вдячний науковим керівникам доктору геолого-мінералогічних наук, професору С.А.Щеці (ДСП ДСВ РАН), який курирував петрологічну частину роботи, та доктору геолого-мінералогічних наук, професору С.І.Шуменку (Харківський держуніверситет), вимогливість якого визначила становлення її

літологічної частини. Глибоку вдячність за кваліфіковані консультації автор висловлює кандидату геолого-мінералогічних наук М.І.Ліпкіній, яка привернула його увагу до цієї проблеми, а також кандидату геолого-мінералогічних наук В.Т.С'єдіну, який люб'язно надав можливість використати у роботі додатковий аналітичний матеріал. Камінний матеріал, на якому ґрунтується дослідження, було зібрано у рейсах ТОІ ДСВ РАН під науковим керівництвом І.І.Берсенева, Є.П.Лелікова, І.К.Пуціна, Б.І.Васильєва. Дослідження допомогли забезпечити надійною аналітикою І.Н.Якушева (хімічний аналіз), С.О.Горбаренко (ізотопний аналіз). Усім зазначеним вище колегам автор щиро дякує за надану підтримку.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох глав та заключення. Обсяг роботи складає 135 сторінок тексту, до неї також входить 62 рисунки, 52 таблиці та список літератури зі 175 назв.

## ЗМІСТ РОБОТИ

### Глава 1. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ЗВ'ЯЗОК ФОСФАТО- НАКОПИЧЕННЯ З ЕНДОГЕННИМИ ТА ЕКЗОГЕННИМИ ПРОЦЕСАМИ

У главі проаналізовано концепції фосфатоутворення у морських та океанічних басейнах, які сформувались у науці до цього часу. Найкоректніші висновки щодо походження фосфатопроявів на підводних вулканічних спорудах можна отримати, якщо поряд з речовинним складом фосфоритів у взаємозв'язку вивчити умови їхнього залягання, характер порід, які з ними асоціюють, а також виявити петрологічну специфіку та спрямованість вторинних змінень багачейтійдів, які складають фосфатоносні гори-вулкани. Основу цього підходу закладено у концепції вулканогенно-осадового літогенезу (С'єрхов, 1963). У ній сформульовано уявлення щодо фосфатоутворення як комплексу взаємопов'язаних явищ: від поведінки фосфору у магматичному розплаві та впливу на еволюцію магми до міграції з підводними ексгаліціями та гідротермами аж до його фіксації у донних осадах та утворення фосфоритів.

У роботі подається докладна характеристика фосфатопроявів на підводних вулканічних спорудах у двох головних геоструктурних об'єктах: в окраїнному Японському морі, а також у відкритому океані на вг.Осборн (хребет Луїсвілл) у південно-західній частині Пасифіка та на плато Огасавара - у її північно-західній частині.

## Глава 2. ФОСФАТОНАКОПИЧЕННЯ НА ПІДВОДНИХ ВУЛКАНІЧНИХ СПОРУДАХ В ОКРАЇННОМУ ЯПОНЬСЬКОМУ МОРІ

### 2.1. Геолого-геоструктурні обставини прояву фосфоритів

Систематичне вивчення фосфатності Японського моря було розпочато після знаходження фосфоритів, зробленого М.І.Ліпкіною, у колекціях 30 рейсу НДС "Первенец", що виконувався під науковим керівництвом І.І.Берсенева (Ліпкіна, Школьнік, 1981). Зараз ці породи відомі більше ніж на 20 ділянках. Як правило, їх пов'язано з крайовими частинами підводних узвишш: Східно-Корейської, Ямато, Криштофовича, Уліндо, Глебова, Хакусан-Се, Окі. По системному аналізу матеріалів драгування виявлено сталу асоціацію фосфатних руд з кайнозойськими базальтоїдами та неогеновими вулканогенно-осадовими породами..

### 2.2. Літолого-геохімічна характеристика фосфоритів

Фосфорити Японського моря за морфологією та деяким особливостям внутрішньої будови підрозділяються на наступні різновиди: плитчасті (рухлі та тверді), жовнові, псефіто-псамітові породи з фосфатним цементом та фосфатизовані кістяні залишки риб та великих морських організмів. Вік фосфатної мінералізації визначено, виходячи з віку порід, що зазнали фосфатизації, як пізній міоцен - ранньопліоценовий (Берсенева та ін., 1983).

По детальному літолого-геохімічному вивченні морфологічних різновидів нами виділено два принципово відмінних типи.

До першого належать фосфатизовані залишки кістяків риб та великих морських організмів, якими є черепні кістки-отоліти, хребці та реберні кістки. У шліфах ці біоморфози мають структуру фосилізованої кісткової тканини. За своїм хімічним складом від усіх інших морфологічних різновидів вони відрізняються високим вмістом  $P_2O_5$  (до 33,85%) та  $CO_2$  (до 6,04%) при широкій варіації F (0,85-2,02%) та контрастними на 1-2 порядки більшими концентраціями Y, Ce, La та Nd. Фосфатизовані біоморфози з Японського моря мають від'ємний ізотопний склад кисню ( $\delta O^{18}$  від -1,55 до -2,96%) та збагачені легким "вуглеводневим" вуглецем ( $\delta C^{13}$  від -7,97 до -8,8%). За складом вуглецю вони є близькими до конкреційних фосфоритів Намібії, але на відміну від останніх мають легший кисень.

До другого літолого-геохімічного типу належать плитчасті (рухлі та тверді) та жовнові фосфорити, а також псефіто-псамітові породи зі вторинним фосфатним цементом. Усі ці різновиди утворились по

заміщенні фосфатом кальцію діатомових мулів міоцен-пліоценового віку, які містять глауконіт. За даними комплексу високоточних мінералогічних досліджень (Гусев, 1986) фосфатним мінералом є фторкарбонатапатит.

У середньому хімічному складі фосфорити містять 28,32%  $P_2O_5$ , 43,38%  $CaO$ , 2,20%  $F$  та 4,19%  $CO_2$ . Зі збільшенням домішки вулканокластичного матеріалу зростають концентрації  $Si$ ,  $Ti$ ,  $Al$ , а кількості  $P$ ,  $Ca$  та  $Sr$  - зменшуються. Геохімічна спрямованість процесів вторинних змінень вивчалась шляхом зонального випробовування зразків. Один тип змінень зв'язано з перетворенням первинних світло-коричневих фосфоритів у темні тверді зі склоподібною блискучою поверхнею темно-коричневого кольору, що супроводжувалось зростанням у зміненій частині  $Ca$ ,  $P$ ,  $CO_2$ ,  $F$  та  $Fe^{3+}$ , причому значення  $Fe^{2+}$  залишається на попередньому рівні. Інший тип змінень приводив до формування на фосфоритах темно-зелених кірочок. У цьому випадку у зміненій частині зразка зростають концентрації компонентів, властивих шаруватим силікатам:  $K$ ,  $Na$ ,  $Mg$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  та в.п., а вміст  $Ca$  та  $P$  зменшуються. Рівень  $F$  у цьому випадку змінюється незначно. При вторинних зміненнях фосфор та фтор характеризуються різними коефіцієнтами концентрації, що веде до істотних коливань відношення  $F/P_2O_5$ , яке має принципове значення для класифікації фосфоритів.

Проби жовтових та плитчастих фосфоритів за ізотопним складом вуглецю та кисню є схожими між собою та контрастно відрізняються від фосфатизованих біоморфоз додатними значеннями ізотопного складу  $\delta^{18}O$ , а також виразно від'ємнішим  $\delta^{13}C$ . Значення останнього коливаються у широких границях від -1,9 до -6,2 ‰. Найлегшим ізотопним складом  $\delta^{13}C$  від -5,0 до 6,2 ‰ характеризуються первинні рухлі фосфорити. Ці значення відповідають таким для  $CO_2$  підводних гідротермів. У зразках зі слідами вторинних перетворень  $\delta^{13}C$  вар'ює від -3,8 до -1,94 ‰, тобто такі різнохарактерні вторинні змінення як глауконітизація, залізнення, а також просочення фосфоритів залізо-марганцевими окисами, у всіх випадках приводили до зваження ізотопного складу вуглецю аж до значень, властивих морським карбонатам. Значення  $\delta^{18}O$  у пробах фосфоритів цього типу змінюються у вузькому інтервалі від 2,17 до 2,8 ‰, тобто весь цикл утворення фосфоритів, включно наступні вторинні змінення, проходив у відкритій системі за вільного обміну киснем з морською водою.

### 2.3. Фосфор у неогенових відкладісх Японського моря

Серед неогенових відкладів у Японському морі найрозповсюдженішими є діатомово-глинисті породи. У міоцен-пліоценовий час вони були мулами, яких у фосфатоносних зонах було перетворено у фосфорити. Треба було з'ясувати особливості формування складу діатомово-глинистих порід, визначити у них фон фосфору та закономірності його розподілу. Діатомово-глинисті породи, які зустрічаються на вулканічних спорудсах у глибоководних улоговинах та у межах великих підводних узвишш містять  $\text{SiO}_2$  (59-64%) та характеризуються підвищеними значеннями глинозему (14-16%), заліза (біля 6%) та лугів (5,5-6%). У цих пелитах, що містять діатомеї, глиниста складова має едафогенну природу та утворилась за рахунок процесів підводного руйнування, змулювання та перевідкладення речовини туфів лужних базальтоїдів.

Для розв'язування задач прогнозування зі загальної вибірки (256 визначень  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) за правилом "трьох сигм" видалялись аномальні проби, які правили для обґрунтування перспективних ділянок. Отримана фоновіа вибірка угруповувалась відповідно до петрографічного, стратиграфічного та геоструктурного принципів. Значення регіонального фону фосфору ( $C_{\text{ф}}$ ) для неогенових діатомово-глинистих порід складає  $0,134\%\text{P}_2\text{O}_5$ . Шляхом послідовних статистичних порівнянь встановлено, що розподіл фонових концентрацій у цих породах натвердіше регулює геоструктурний фактор. Виділяються три типи структурно-геохімічних обставин, для яких значення місцевого фону фосфору статистично значущо відрізняються проміж себе: 1 - Північне замкнення Центральної улоговини ( $C_{\text{ф}}=0,058\%\text{P}_2\text{O}_5$ ); 2 - шельф Примор'я ( $C_{\text{ф}}=0,196\%\text{P}_2\text{O}_5$ ); 3 - вулканічні гори у глибоководних улоговинах та великі підводні узвишшя ( $C_{\text{ф}}=0,111\%\text{P}_2\text{O}_5$ ). Знахідки фосфатовмісних порід невідомі в обставинах першого типу; в обставинах другого типу - на материковому схилі Примор'я зустрічаються своєрідні фосфатовмісні карбонатно-кременисті стягнення "непромислового типу" (1,12-5,7% $\text{P}_2\text{O}_5$ ); фосфатопрояви високоякісних жовнових та плитчастих фосфоритів (20-32% $\text{P}_2\text{O}_5$ ) властиві обставинам третього типу. Для цих останніх характерним є прояв вулканізму підвищеної лужності, який контролює склад пелітової фракції, яка переважає у діатомово-глинистих породах, та, у зв'язку з нею, - фон  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Визначення фону фосфору та порогів аномальності дозволило виявити раніше невідомі ділянки, перспективні для пошуків

фосфатонесних порід. На чотирьох полігонах на шельфі Примор'я можуть бути знайдені фосфатовмісні карбонатно-кременисті стягнення "непромислового типу". Узвиштя Пржевальського є перспективним для пошуків високоякісних фосфоритів.

#### 2.4. Фосфор у базальтоїдах Японського моря

У пробах трьох основних типів базальтів Японського моря (С'єдін, 1987), було вивчено вміст фосфору та R-методами кластерного аналізу виділено угруповання петрогенних компонентів, що корелюють між собою (тобто геохімічні асоціації за Б.І.Смірновим (1975 р.).

Виділився один тип базальтів, що характеризується наявністю специфічної геохімічної асоціації фосфору (рис.1а). Ці окраїнно-морські толеїти та їхні диференціати формують гори у глибоводних улоговинах та накладені вулканічні будівлі у крайових частинах великих підводних узвишш. Базальти належать до нормального та сублужного ряду (підвищена лужність натрового типу).

В окраїнно-морських базальтах в одну групу з фосфором увіходять  $K$ ,  $Fe^{3+}$  та втрати при прожарюванні у сухому залишку (в.п.п.), які характеризують ступінь змінності порід (рис.1а). Ядром цієї групи є зв'язок  $P_2O_5$  з в.п.п. Коефіцієнт парної кореляції між цими ознаками дорівнює 0,89 (рис.2а). Усі члени групи фосфору є різко антагоністичними щодо асоціації  $Mg$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn$ , яка відбиває присутність у породі олівіну. Тобто дані статистичного аналізу показують, що окраїнно-морські базальти зазнали процесу вторинних змінень, який приводив до накопичення у них фосфору. Вивчення цих порід традиційними петрографічними методами, а також на електронному мікроскопі с приставкою РМА виявили мінералогічний сенс асоціації  $P$ ,  $K$ ,  $Fe^{3+}$  та в.п.п. - вона пояснюється увіходженням фосфатів (фторкарбонатапатит) до складу вторинних мінералів базальтів, поряд з діоктаедричними калієвими, залізистими шаруватими силікатами: смектитами, змішано-шаруватими утвореннями гідрослюда-смектит, гідрослюдами, а також цеолітами (філіпсит). При цьому вторинна фосфатна мінералізація розвивається не лише у шпаринах, кавернах та тріщинах базальтів, але й по склястому базису порід, а також по розкладеним вкрапленням олівіну. У межах окремих зразків вторинні мінерали, які асоціюють з фосфатом, розподілено зонально (діоктаедричний смектит та змішаношарувата фаза - у центральній частині, а гідрослюда та філіпсит - у границній). Такий характер процесів вторинних змінень та склад асоційованих з фосфатами вторинних мінералів свідчать на

користь низькотемпературного (до 100 °С) гідротермального процесу, тобто фосфор надходить у складі гідротермів.

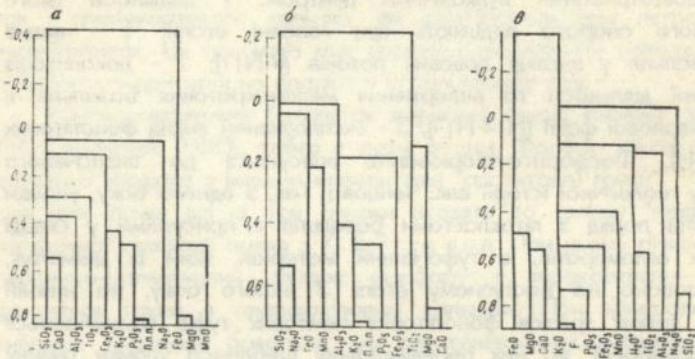


Рис.1. Асоціації петрогенних компонентів у базальтах Японського моря (а), гори Осборн (б), плато Огасавара (в)

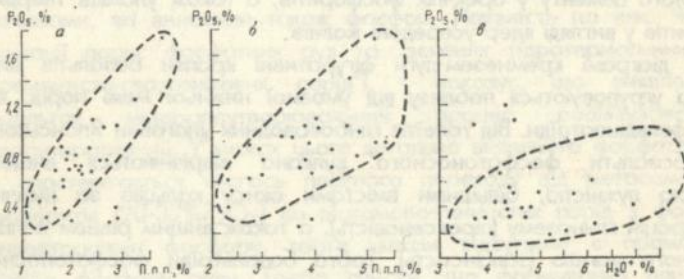


Рис.2. Зв'язок  $P_2O_5$  з в.п.п. у базальтах Японського моря (а), гори Осборн (б), плато Огасавара (в)

### 2.5. Характеристика фосфатопрояву на вулкані Ченцова

Найбільший фосфатопрояв у Японському морі пов'язан з влк. Ченцова, розташованим у крайовій частині Східно-Корейського узвишся. Межа поширення фосфоритів практично збігається з контуром вулканічної улоговини. Вони зустрічаються у 115 з 152 результативних драг разом з базальтами, агломератовими туфами базальтів, пемзовими туфами фонолітів, кременисто-глауконітовими породами, залізо-марганцевими кірками. Фосфорити переважно

подано плитчастими різницями. Жовнові піднято на 9, а фосфатизовані кісткові залишки - на 3 з 115 результативних станцій.

По детальному вивченні порід влк. Ченцова нами встановлено, що він є довготривалим вулканічним центром. У діяльності цього ендегенного апарата виділяють три головні етапи: 1 - вилив лейкобазальтів у вигляді лавових потоків (P-N<sub>1</sub>1); 2 - локалізація вулканічної діяльності та виверження меланократових базальтів в умовах жерлової фації (N<sub>1</sub>2-N<sub>1</sub>3); 3 - експлозивний викид фонолітових пемз (N<sub>2</sub>). Фосфоритоутворювання вписується до визначеного інтервалу геологічної історії влк. Ченцова. Так, з одного боку, уламки фосфоритів поряд з літокластами базальтів є присутніми у складі жерлових агломератів, а туфогенний матеріал, який їх цементує, фосфатизовано на наступному етапі. З іншого боку, на нижній поверхні деяких зразків фонолітових пемзових туфів відзначаються "немов приварені" до них перевідкладені щербеністі уламки темних твердих фосфоритів. Тобто можна зняти питання щодо відриву за часом фосфатизації від вулканізму. Про те, що фосфатна мінералізація на влк. Ченцова була неодноактною, свідчать наявність вторинного фосфатного цементу у брекчіях фосфоритів, а також уламків твердих фосфоритів у вигляді ядер усередені жовнів.

На діаграмі кремнезем-луги фігуративні крапки базальтів влк. Ченцова угруповуються поблизу від умовної нижньої межі порід, які містять фельдшпатоїди. Від толеїтів глибоководних улоговин Японського моря базальти фосфатносноного вулкана відрізняються вищою сумарною лужністю, більшими вмістами окису кальцію за нижчих концентрацій глинозему (піроксеновість), а також вищим рівнем заліза за нижчого магнію (залізистість). Тобто базальтоїди фосфатносноної вулканічної споруди зазнали у магматичній камері тривалішу еволюцію, що розвивалась від лейкобазальтів по меланократовому піроксеновому шляху з паралельним накопиченням заліза та лугів, що привело до виверження на завершальному етапі піроксен-полевошпат-нефелінових базальтоїдів: спочатку базанітів (меланократові базальти), а потім, слідом за ними, - нефелінових фонолітів, які у вигляді цементованих пемз формують на вулкані своєрідний "плащеподібну покрівлю". Наявність такого роду різниць ефузивних порід, сам характер диференціації лужно-базальтової магми дозволяє вглядіти аналогію фосфатносноного влк. Ченцова з апатитоносними інтрузивами клінопіроксенітів - нефелінових сіенітів, які було вивчено на суходолі.

Асоціації фосфору виділяли R-методами кореляційного аналізу для

двох різновидів базальтів влк. Ченцова окремо. У лейкобазальтах лавових потоків середній вміст  $P_2O_5$  дорівнює 0,44%. Фосфор значущо додатньо корелює зі фтором та кількостями як піроксенового, так і плагіоклазового кальцію, які визначались при петрохімічних перерахунках. Ця асоціація має первинно-магматичне походження та пояснюється присутністю апатиту у базальтовому склі.

У меланократових базальтах жерлової фації середнє значення  $P_2O_5$  дорівнює 0,88%, тобто є удвічі вищим. Фосфор також значущо додатньо корелює з іншими елементами "апатитової групи" - Ca та F, але при цьому всі ці три ознаки входять до складу "накладеної" геохімічної асоціації поряд з K,  $Fe^{3+}$  та в.п.л. При цьому різко слабше первинно-магматичний зв'язок фосфору з піроксеновим та не фіксується такий з плагіоклазовим кальцієм. При мінералогічному вивченні аншліфів базальтів на рентгенівському мікроаналізаторі встановлено, що фосфати (фторкарбонатапатит) увіходять до асоціації вторинних мінералів поряд з калієвими залізистими шаруватими силікатами та цеолітами (філіпсит). Ця асоціація сфоюлась при змінненні базальтів жерлової фації гідротермальними розчинами, які виносили також фосфор. Наявність на влк. Ченцова асоціації порід: фосфатних руд та "зелених гідротермальних глин" ("кременисто-глауконітових порід"), - показує, що виявлений у базальтах мінералоутворювальний процес реалізувався як рудогенеративний. У межах цього детально вивченого фосфатопрояву не спостерігається якогось плавного переходу від метасоматичних фосфоритів (20-32% $P_2O_5$ ) до діатомово-глинистих порід з фоновими концентраціями фосфору, тобто цілком відсутніми є проміжні за вмістом фосфору руди. Треба думати, що формування плитчастих фосфоритів у кальдері влк. Ченцова відбувалось під впливом концентрованого постачання фосфору з просторово-локалізованого джерела до вулканогенного (едафогенного) мулу, що містив діатомеї, який у цьому випадку здійснював літологічний контроль.

### Глава 3. ФОСФАТОНАКОПИЧЕННЯ НА ПІДВОДНИХ ВУЛКАНІЧНИХ СПОРУДАХ В ОКЕАНІ

Протягом вивчення фосфатопроявів на підводних вулканічних спорудах Осборн та плато Отасавара, які належать до формаційно-геохімічного типу океанічних островів, підводних гір та піднятів, було застосовано підхід, що доказав свою результативність на влк. Ченцова.

На користь зв'язку фосфатонакопичення з вулканізмом на вивчених вулканах свідчать наступні геологічні факти: 1) геоструктурна прилученість фосфоритів до лужних вулканів, магми яких збагачені піроксеновою складовою; 2) близькість часу фосфатизації та вулканізму на вулканічних спорудах лужно-базальтоїдного складу, які є вулканічними центрами з великою тривалістю життя; 3) залягання фосфатних руд у найпроникніших частинах вулканічних апаратів та зонах розломів, спряжених з цими вулканами; 4) постійна асоціація проявів фосфатів з гідротермально зміненими (включно фосфатизованими) базальтами та власними продуктами гідротермальних процесів - калієвими високозалізистими та алюмосалізистими діоктаедричними шаруватими силкатами смектит-гідрослюдного ряду; 5) велика кількість вулканокластичного матеріалу у складі реліктових асоціацій фосфатизованих порід; 6) хімічний склад власне фосфоритів, які містять високі концентрації  $\text{CO}_2$ , F та P, тобто елементів, характерних для ексаляцій лужних вулканів.

Відмінності, що спостерігаються у складі фосфатизованих порід Японського моря (вулканогенні мули, що містять діатомеї), хребта Луїсвілл (туфіти, що містять форамініфери) та плато Огасавара (рифогенні коралові вапняки), лише відбивають специфіку регіональних та локальних фізико-географічних обставин осадоногопичення, на фоні яких інтразонально на підводних вулканах за єдиними законами сформувались фосфорити.

#### Глава 4. ПЕТРОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ІНДИКАТОРИ ФОСФАТНОСТІ ПІДВОДНИХ ВУЛКАНІЧНИХ СПОРУД

У дисертації пропонується петролого-геохімічний підхід для прогнозування фосфатності вулканічних споруд. Він включає до себе двоступеневу процедуру визначення: 1 - індикаторів, що характеризують тип та специфіку магматизму, який приводив до накопичення фосфору; 2 - індикаторів постмагматичних гідротермальних процесів, які виводили цей елемент у донні осади та на поверхню морського дна.

##### 4.1. Індикатори накопичення фосфору на магматичному етапі

Задача виділення ознак, що характеризують тип та специфіку базальтоїдів фосфатноних вулканічних споруд, є тісно спряженою з питанням про вибір еталонів - родовищ фосфору, пов'язаних з магматизмом. На діаграму (рис.3) винесено еволюційні тренди відомих апатитноних інтрузивних масивів лужно-основних та ультраосновних

порід, а також фігуративні крапки складів базальтоїдів фосфатонесних вулканічних комплексів сходу. Знаки порід усіх цих комплексів утворюють на діаграмі тренд, властивий магмам з рудною спеціалізацією на фосфор. Базальтоїдам фосфатонесних вулканічних споруд моря та океану властиві принципово єдині закономірності еволюції магматизму, яка проходить від океанічних "острівних" та близьких до них япономорських "окраїнно-морських" толейтів на фоні загальної недосиченості розплаву кремнеземом щодо лугів, що на завершальному етапі приводить до зміни толейтового магматизму на лужний. Найбільші концентрації фосфатних руд виявлено на підводних вулканічних спорудах Ченцова, Осборн та Огасавара, де виявлено не лейкократова - "трахітова", а меланократова "пикритова" ("піроксенітова") тенденція еволюції.



Рис.3. Еволюційні тренди апатитонесних інтрузивних комплексів та фосфатонесних вулканічних споруд

На діаграмі (рис.3) напрями еволюції, які спонукали появу на фосфатонесних вулканічних спорудах Ченцова, Осборн та Огасавара піроксен-фельдшпатоїдних диференціат, вказано стрілками, що спадають до них від знаків незмінених олівін-плагіоклазових базальтів. При цьому зі збільшенням у петрохімічному складі базальтів частки лужно-клінопіроксенової компоненти збільшується крутість трендів, які по зростанні цих мінералів все більше притягуються до головного

еталонного напрямка диференціації, що визначено для магм з геохімічною спеціалізацією на фосфор. Тобто для магм з рудною спеціалізацією на фосфор є характерною зміна у процесі еволюції висхідних толейт-базальтових розплавів - лужними, збагаченими піроксеновою складовою. Отже присутність у межах однієї вулканічної споруди олівін-плагіоклазових базальтів та піроксен-фельдшпатоїдних базальтоїдів може розглядатись як індикатор перспективності її на фосфорне оруднювання. При цьому безумовно необхідною є наявність гідротермальних процесів, які виводили ендегенний фосфор у донні осади та на поверхню морського дна.

#### 4.2. Індикатори гідротермального постачання фосфору

Фосфорити на вивчених підводних вулканічних спорудах асоціюють з високозалізистими калієвими діоктаедричними шаруватими силікатами широкого мінералогічного ряду від смектитів (нонтроніту) до гідрослюд зі всіма проміжними різницями. Постмагматичні гідротермальні процеси, що зумовили появу цієї порідної асоціації, у першу чергу відбуваються на речовинному складі вулканічних порід, у яких формують характерні мінеральні та геохімічні асоціації. Вивчення цих асоціацій дозволяє використовувати їх як індикатори гідротермального постачання фосфору. Вивчення базальтоїдів фосфатонесних вулканічних споруд традиційними петрографічними методами та на рентгенівському мікроаналізаторі показало, що фосфатна мінералізація у цих породах є постійно та тісно спряженою з асоціацією калійвмістних мінералів, яка включає до себе діоктаедричні смектити, змішано-шаруваті утворення гідрослюда-смектит, гідрослюду, а також цеоліти (філіпсит). Проте при виділенні цієї асоціації вторинних мінералів виникає низка труднощів, які не дозволяють рекомендувати її як надійний індикатор при прогнозуванні фосфатонесних вулканічних споруд. До цих труднощів слід віднести порівняно невисокий вміст фосфору у базальтах; різкі коливання у вмісті  $P_2O_5$  для ультрамікро-, мікро- та макроділянок базальтів; розвинення вторинного фосфату переважно у прихованокристалічній формі і часто у зрощенні з шаруватими силікатами, які також мають ультрамікрокристалічну будову. Нерідко фосфати та шаруваті силікати є ізотропними або мають слабку анізотропію та близькі показники заломлення (1,598-1,620), що утруднює їхню ідентифікацію у прозорому шліфі. Навіть у базальтах, які містять  $P_2O_5$  більше, ніж 10%, він діагностується лише в інфрачервоному спектрі. Подолати зазначені труднощі та підвищити надійність визначення фосфатонесних підводних

вулканічних споруд є можливим, лише якщо перейти з мінералогічного рівня на геохімічний. На геохімічному рівні відбиттям схарактеризованої вище асоціації калійвмісних вторинних мінералів та фосфатів є угруповання корелюючих петрогенних компонентів, до якого, поряд з  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$  та в.п.п. ( $F$ ,  $H_2O^+$ ,  $CO_2, SO_3$ ), входить також  $P_2O_5$ . Присутність даної геохімічної асоціації підтверджено для гідротермально змінених базальтів фосфатонесних вулканічних споруд Японського моря, плато Огасавара та влк. Осборн (рис.1,2). Увіходження фосфатів до асоціації калійвмісних вторинних мінералів зумовлено петрогенетичними причинами та відбиває загальну закономірність надходження фосфору протягом процесу поствулканічної гідротермальної діяльності, яка супроводжує лужно-базальтоїдний магматизм гір та підняттяв окраїнних морів та океанів на завершальному етапі еволюції. Ці процеси привели до відкладення фторкарбонатапатиту у шпаринах та тріщинах базальтів та обумовили фосфатний метасоматоз рифогенних біокластичних та вулканогенно-осалових порід. Таким чином угруповання петрогенних компонентів  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $P_2O_5$  та в.п.п., що корелюють між собою, може правити за індикатор гідротермальних процесів, що виносили фосфор та ініціювали фосфатонакопичення на підводних вулканічних спорудах як в окраїнних морях, так і в океані.

### ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволяють сформулювати наступні висновки, які є основними положеннями, що захищаються.

1. Фосфатну мінералізацію закономірно пов'язано з вулканічними спорудами лужно-базальтоїдного складу, якими є вулканічні центри, що живуть тривалий час.

2. Найкрупніші концентрації фосфоритів пов'язано з вулканічними спорудами, на яких еволюція магматизму привела до зміни олівін-плагіоклазових базальтів піроксен-фельдшпатоїдними.

3. Геохімічна асоціація корелюючих петрогенних компонентів, яка містить  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $Fe_2O_3$  та в.п.п., утворюється протягом змінювання базальтів постмагматичними гідротермальними розчинами, які приводили до фосфатонакопичення. У зв'язку з цим зазначена геохімічна асоціація може правити за пошуковий критерій при прогнозуванні фосфоритів на підводних горах та підняттях морського та океанського дна.

4. Фосфатопрояви на підводних вулканічних спорудах західної частини Тихого океану належать до класу вулканогенно-осадкових родовищ, які утворюються внаслідок взаємодії трьох факторів: структурно-тектонічного, магматичного та літологічного.

Таким чином появу фосфорного оруднення на підводних вулканічних горах та підняттях визначають ті самі петрогенетичні причини, які зумовили на пізніх етапах зміну толейтового магматизму на лужний, що в цілому є характерним для вулканів цього типу. (Гернер, Ферхуген, 1961; Macdonald, Katsura, 1964). Тобто слід вважати закономірним присутність фосфоритів на підводних вулканічних горах та підняттях у Тихому, а також в Атлантичному та Індійському океанах (Геворкян та ін, 1990).

Основні матеріали дисертації опубліковано у таких роботах:

1. Гнидаш М.И., Съедин В.Т., Можеровский А.В., Якушева И.Н. Геохимические ассоциации фосфора в базальтах Японского моря//Тихоокеанская геология, 1988, №3, с.23-34.

2. Гнидаш М.И., Ващенко Н.Г., Якушева И.Н. Фоновые и аномальные содержания фосфора в осадочных породах неогена Японского моря//Новые данные по геологии западной части Тихого океана. Сб.научн.тр.- Владивосток, 1989.- С.152-166.

3. Гнидаш М.И., Съедин В.Т. О связи вулканизма с фосфатонакоплением//Советская геология, 1991, №10, с.39-43.

4. Леликов Е.П., Съедин В.Т., Безверхний В.Л., Гнидаш М.И. и др. Результаты геологических исследований в 30/31 рейсе НИС "Профессор Богоров"//Тихоокеанская геология, 1990, №6, с.107-109.

5. Gnidash M.I., Syedin V.T. Phosphorus in Basalts of the Sea of Japan //Geology, Geophysics, Geochemistry and Metallogeny of the Transition Zone from the Asiatic Continent to the Pacific Ocean. 1st Soviet- Chinese Simposium. Abstracts, Vladivostok, 1987, pp.151-152.

6. Gnidash M.I., Syedin V.T. Geochemical associations of Phosphorus in the Basalts as an Indicator of Connection Between Phosphate Accumulation and Submarine Volcanism// Geology, Geophysics, Geochemistry and Mineral Resources of the Pacific Marginal Seas. 3rd Soviet- Chinese Simposium. Abstracts, Vladivostok, 1989, pp.211-212.

Gnidash M.I. The phosphate accumulation on the submarine volcanic structures in the western Pacific.

The defended thesis contains a detailed characteristic of phosphorite deposits on the submarine volcanic structures either in the marginal

Japan Sea or in the open ocean. Side by side with substantial composition of phosphorites and conditions of their beddings there were character of associated rocks as well as petrological speciality of basaltoids and geochemical trend of their secondary changes being studied on the phosphorite-bearing volcanic structures. The objective laws, indicative of phosphorus delivery during postvolcanic hydrothermal activity, attended alkali-basaltoid magmatism of seamounts and plateaus in the oceans and marginal seas, were revealed. As a final result, the indicators to predict phosphate-bearing volcanic structures either in the marginal seas or in the oceans are proposed.

Гнидаш М.И. Фосфатонакопление на подводных вулканических постройках западной части Тихого океана.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.21 - литология, Харьковский государственный университет, Харьков, 1996 г.

Защищается диссертационная работа, в которой содержится подробная характеристика фосфоритовых проявлений на подводных вулканических постройках как в окраинном Японском море, так и в открытом океане. Наряду с вещественным составом фосфоритов изучались условия их залегания, характер ассоциирующих с ними пород, а также петрологическая специфика и геохимическая направленность вторичных изменений базальтоидов, слагающих фосфатонесные вулканические постройки. Выявлены общие закономерности, свидетельствующие о поступлении фосфора в процессе поствулканической гидротермальной деятельности, сопровождающей щелочно-базальтоидный магматизм гор и поднятий окраинных морей и океанов. Как итог работы, предлагаются индикаторы для прогнозирования фосфатонесных вулканических построек как в окраинных морях так и в океане.

Ключові слова: фосфатонакопичення, вулканогенно-осадові породи, базальти, фосфоронесні гідротерми, індикатори фосфатонесності.

Лідписано до друку 18.04.96. Формат 60x90/16. Друк офсетний.  
Ум.друк.л.4. Гираж 100. Зам. №1532. Безкоштовно.  
надруковано у ТЗТ"Друкарня №16". 310003 ларків, вул.Університетська, 16.

446616





AB 34.679

**AB 34.679**