Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

РОГОЗІН ЄВГЕНІЙ ПЕТРОВИЧ

УДК 551.312.4(485+477.75)(043.3)

РОЗВИТОК ОЗЕР І ПРИОЗЕРНИХ ЛАНДШАФТІВ У ШИРОКОЛИСТОЛІСОВІЙ ТА СТЕПОВІЙ ЗОНАХ У ГОЛОЦЕНІ (МОДЕЛЬНІ РЕГІОНИ СКОНЕ ТА КРИМУ)

11.00.04 – геоморфологія та палеогеографія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата географічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі землезнавства та геоморфології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор географічних наук, професор
Герасименко Наталія Петрівна
Київський національний університет імені Тараса Шевченка МОН України
професор кафедри землезнавства та геоморфології

Офіційні опоненти: доктор географічних наук, професор
Рідуш Богдан Тарасович
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича МОН України
професор кафедри фізичної географії, геоморфології та палеогеографії

кандидат географічних наук
Дорошкевич Сергій Петрович
Інститут географії НАН України
старший науковий співробітник сектора палеогеографії

Захист відбудеться «2» лютого 2021 р. о 14^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.001.22 у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, просп. Академіка Глушкова 2а, географічний факультет, ауд. 312.

Відгуки надсилати на адресу: 01601, м. Київ, вул. Володимирська 64/13, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, спеціалізована вчена рада К 26.001.22, Погорільчук Н. М.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Київського національного університету імені Тараса Шевченка за адресою: м. Київ, вул. Володимирська, 58 та на офіційному сайті Науково-консультаційного центру Київського національного університету імені Тараса Шевченка за посиланням: http://scc.univ.kiev.ua/abstracts/.

Автореферат розісланий «22» грудня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат географічних наук,
доцент Н. М. Погорільчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із найважливіших джерел даних, використовуваних для палеогеографічних реконструкцій, є донні відклади озер, пошарове вивчення яких дає змогу виявити послідовність регіональних і локальних змін у басейні озера, його водозборі і на прилеглих територіях. Встановлення закономірностей ландшафтно-кліматичних змін впродовж голоцену є основою для вирішення багатьох питань щодо динаміки компонентів природного середовища. Аналіз кліматичних змін у голоцені є важливим для розробки довгострокових кліматичних прогнозів. Сучасний стан природного середовища визначається сумісною дією двох процесів – природного розвитку ландшафтів і антропогенним впливом на них. Для розрізнення цих складників необхідним є вивчення природних трендів розвитку ландшафтних компонентів у минулому. Дослідження етапності розвитку озер і приозерних ландшафтів у двох різко відмінних ландшафтних зонах – широколистолісовій (південь Скандинавії) і степовій (Рівнинний Крим), є важливим для виявлення спільних і відмінних рис у їхньому розвитку, які відображають, відповідно, вплив глобальних і регіональних кліматичних подій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконувалося у рамках проєкту ДФФД України 28.6/038 «Палеогеографія та клімат Північного Причорномор'я у голоцені» та НДР №19БФ050-01 «Реконструкція природних умов ареалів проживання людини на території України в доісторичний та історичний час».

Мета і завдання дослідження. *Метою роботи* є встановлення етапності розвитку озер і приозерних ландшафтів впродовж голоцену у модельних регіонах широколистолісової (півострів Сконе) і степової (Південно-Західний і Північно-Східний Крим) зон за палеолімнологічними даними.

Для досягнення мети були поставлені наступні *завдання*:

– проаналізувати сучасні методико-методологічні підходи до реконструкції історії розвитку озер і приозерних ландшафтів на основі геохімічного і палінологічного вивчення донних відкладів і адаптувати їх для використання на досліджуваних об'єктах;

– узагальнити результати попередніх палеолімнологічних досліджень у обраних модельних регіонах;

– отримати детальну палінологічну характеристику донних відкладів озер Чокрак, Саки і Вомб;

– отримати пошарову геохімічну характеристику донних відкладів озер Чокрак, Саки і Вомб;

– виконати реконструкцію утворення і розвитку озер Сконе і Рівнинного Криму;

– реконструювати короткоперіодичну етапність змін рослинності і клімату досліджуваних територій впродовж голоцену;

– виявити спільні риси в етапності голоценових змін рослинності, клімату та осадонакопичення в озерах широколистолісової і степової зон (як відображення глобальних кліматичних подій), а також їхні регіональні й локальні відміни.

Об'єктом дослідження є донні відклади озер півострова Сконе (оз. Вомб) і Кримського півострова (оз. Чокрак, оз. Саки), зокрема, їхній геохімічний і палінологічний склад. *Предметом дослідження* є етапність розвитку озер і приозерних

ландшафтів у модельних регіонах широколистолісової (Сконе) і степової (Крим) зон впродовж голоцену.

Матеріали і методи дослідження. Фактичний матеріал було отримано у результаті аналітичних робіт із кернами свердловин, пробурених у рамках міжнародних проєктів із дослідження озерних відкладів Південної Швеції і Криму. Здобувачем виконано палінологічні дослідження (227 зразків) у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка і геохімічний аналіз відкладів (791 зразок) в Університеті м. Лунд (Швеція). Для встановлення геохронологічної послідовності реконструйованих подій використано AMS ^{14}C-датування зразків (зокрема, в Університеті м. Лунд) і глибинно-вікові моделі, що базуються на розрахунках швидкостей озерного осадонакопичення.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

– реконструйовано короткоперіодичну етапність розвитку рослинності і змін клімату Північно-Східного Криму у голоцені за палінологічними даними (озеро Чокрак);

– встановлено голоценові стадії розвитку озер та їхніх водозборів у Північно-Східному і Південно-Західному Криму за геохімічним складом донних відкладів;

– за палінологічними даними реконструйовано етапність розвитку рослинності та змін клімату у голоцені на півострові Сконе (озеро Вомб), а також історію антропізації ландшафтів регіону;

– за геохімічними і палеомагнітними даними встановлено стадії седиментогенезу в озері Вомб і екзогенних процесів у його водозборі впродовж пізньольодовиків'я і голоцену;

– встановлено закономірності та відмінні риси у трендах розвитку приозерних ландшафтів у широколистолісовій і степовій зонах (на прикладі модельних регіонів Сконе і Степового Криму).

Удосконалено:

– схему короткоперіодичної етапності розвитку рослинності та змін клімату у степу Південно-Західного Криму впродовж голоцену (озеро Саки);

– комплексний підхід до реконструкції розвитку давніх озер і приозерних ландшафтів в аридних регіонах.

Набули подальшого розвитку:

– методика інтерпретації даних геохімічного аналізу донних відкладів озер для реконструкції історії розвитку озерних басейнів та екзогенних процесів у їхніх водозборах;

– методика інтерпретації даних палінологічного аналізу (зокрема, із урахуванням NPP) для реконструкції розвитку рослинності та змін клімату у приозерних ландшафтах степової зони.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи можуть бути використані для розробки прогнозів розвитку природних подій у досліджуваних регіонах; прогнозу впливу кліматичних змін на озерні басейни та екзогенні процеси у їхніх водозборах, на склад локального і регіонального рослинного покриву; для апробації кліматичних моделей; виявлення особливостей формування сучасної рослинності досліджуваних регіонів. Матеріали дисертації є важливими для уточнення і кореляції регіональних стратиграфічних схем голоценових відкладів і вивчення впливу природних змін на розвиток археологічних культур. Отримані палеолімнологічні дані можуть бути використані для геоекологічного моніторингу озер та обґрунтування природоохоронних

заходів у їхніх басейнах, для збереження різноманіття рослинності. Теоретико-методичні положення дисертаційного дослідження можуть бути впроваджені у палеолімнологічне вивчення відкладів озер інших регіонів, а також при викладанні лекційних курсів «Методи палеогеографічних досліджень», «Палеогеографія антропогену» і «Регіональна палеогеографія голоцену» у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою працею, виконаною на основі власних лабораторних досліджень і палеогеографічної інтерпретації їхніх результатів. Особисто виконано палінологічний і геохімічний аналізи більше 1000 зразків донних відкладів озер. На цій основі автором здійснено реконструкцію етапності змін голоценової рослинності і клімату, розвитку озерних басейнів, осадонакопичення у озерах і екзогенних процесів у їхніх басейнах; визначено варіабельність змін компонентів природного середовища у широколистолісовій і степовій зонах для модельних регіонів Сконе, Північно-Східного і Південно-Західного Криму.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати дослідження були оприлюднені на засіданнях кафедри землезнавства та геоморфології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Всеукраїнській конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молоді науковці – географічній науці» (Київ, 2012 р., 2015 р.); Міжнародній науковій міждисциплінарній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Шевченківська весна» (Київ, 2013, 2014, 2015 рр.); Щорічному з'їзді геологічного товариства Америки (Балтимор, 2015 р.); XII з'їзді Українського географічного товариства (Вінниця, 2016 р.); Міжнародній конференції IGCP 610 «From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary» (Тбілісі, 2016 р.); Міжнародній конференції «Centenary (1916-2016) of Pollen Analysis and the Legacy of Lennart von Post» (Стокгольм, 2016 р.); VII міжнародному семінарі «Non-Pollen Palynomorphs» (Ліверпуль, 2017 р.); Міжнародній конференції «Рельєф і клімат» (Чернівці, 2017 р.); Міжнародній конференції «Географічна наука та освіта: від констатації до конструктивізму» (Київ, 2017 р.); Всеукраїнській молодіжній науковій конференції «Ідеї та новації в системі наук про Землю» (Київ, 2019 р.); Міжнародній конференції «EGU2020: Sharing Geoscience Online» (Відень, 2020 р.).

Публікації. Основні наукові положення і результати дисертації опубліковані у 24 наукових працях, загальним обсягом 7,9 д.а.: 5 статей у фахових періодичних виданнях України, 1 стаття – у міжнародному журналі, що входить до наукометричної бази Scopus; 18 – у матеріалах і збірниках тез зарубіжних і українських конференцій.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел (292 найменування). Повний обсяг роботи складає 235 ст., із них 178 ст. основного тексту, 23 рисунки і 12 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У розділі **«Теоретико-методологічні засади реконструкції історії розвитку озер та приозерних ландшафтів у голоцені за палеолімнологічними даними»** розглянуто теоретико-методологічні основи геохімічного і палінологічного методів вивчення донних відкладів озер, а також обґрунтовано доцільність використання

мультидисциплінарного палеолімнологічного підходу до реконструкції історії розвитку озер і приозерних ландшафтів.

Геохімічні дослідження донних відкладів озер включали визначення вмісту і складу органічної речовини (C і N) та елементного складу зразків відкладів. Вивчення органічної речовини надає інформацію щодо умов седиментації і джерел надходження осадового матеріалу. Зокрема, значення співвідношення C/N є значно нижчим у несудинних водних рослинах (4-10), ніж у судинних (>20) (Meyers, Teranes, 2001), і є індикатором співвідношення автохтонної і алохтонної складових органічної речовини відкладів озер. Співвідношення алохтонної і автохтонної органічної речовини та її вміст змінюються під впливом кліматичних факторів і особливостей розвитку озер (Субетто, 2009). Вміст загального вуглецю і азоту у висушених зразках донних відкладів визначався у елементному аналізаторі Costech Instruments ECS 4010. Для визначення загального органічного вуглецю ($C_{орг}$) зразки були додатково оброблені соляною кислотою для видалення карбонатів (Brodie *et al.*, 2011).

Неорганічний склад зразків донних відкладів вивчався за методом рентгенофлуоресційного аналізу (XRF). Для реконструкції історії седиментогенезу у давніх озерах було використано індикаційне значення елементів і їхніх співвідношень за такими групами фізико-хімічних процесів: 1) індикатори процесів ерозії у водозборі: Al, Si, K, Ti, Fe, Rb і Zr (Boes *et al.*, 2011; Kylander *et al.*, 2011); 2) індикатори змін гранулометричного складу відкладів у водозборі: Fe/Ti, Ti/K, Al/Si, Rb/Zr (Dypvik, Harris, 2001; Marshall *et al.*, 2011); 3) індикатори змін окисно-відновних умов: Fe, Fe/Mn (Mackareth, 1966; Engstrom, Wright, 1984); 4) індикатор впливу морських вод: S (Mitchell *et al.*, 1990); 5) індикатори осадження евапоритів: Ca, S, Ca/Ti, Sr/Ti, Mg/Ca, Sr/Ca (Eugster, Hardie, 1978). Елементний склад зразків донних відкладів озера Вомб визначено із використанням елементного аналізатора ITRAX XRF Core Scanner, озер Чокрак і Саки – Niton XL3t GOLDD+XRF. Результати статистичної обробки геохімічних даних представлено на графіках розподілу елементів та їхніх співвідношень у розрізах. Ступені кореляції між парами елементів у колонках відкладів встановлено за методом головних компонент (PCA).

Для реконструкції змін рослинного покриву і кліматичних умов використано метод палінологічного аналізу, зокрема, ті його аспекти, що дають змогу реконструювати особливості рослинності від її локального до формаційного складу і до зонального типу (Заклинская, 1953; Moore *et al.*, 1991; Roberts, 1998). Інтерпретацію результатів аналізу виконували із врахуванням таких особливостей формування паліноспектрів: 1) відміни у пилковій продуктивності рослин; 2) відміни у формі й розмірі пилкових зерен; 3) типологія компонентів СПС залежно від відстані переносу (Janssen, 1966; Кабайлене, 1976; Гричук, 1989); 4) відміни механізмів транспортування пилку у закритих (Tauber, 1977) і відкритих (Luly, 1997; Sugita *et al.*, 1999) ландшафтах; 5) особливості басейну седиментації: площа озера та його водозбору, наявність водотоків, фаціальні умови осадження паліноморф, які зумовлюють постседиментаційну руйнацію і можливе перевідкладення пилку (Davis, 1973; Jacobson, Bradshaw, 1981).

Об’єктивність реконструкцій рослинності забезпечувалася використанням типології спорово-пилкових спектрів сучасних поверхневих проб за домінантними комплексами пилку трав’янистих рослин (Гричук, 1950; Динесман, 1977; Безусько, Безусько, 1999), із особливою увагою до методичних розробок для степової зони України (Зубець, 1971; Безусько та ін., 1988, 1992, 1997, 2011). Для реконструкції кліматичних

умов за палінологічними даними використано метод індикаційних видів (Zagwijn, 1994) і метод спільного кліматичного діапазону (Гричук, 1969), а у степовій зоні − палінологічні індикатори посушливості та теплозабезпечення клімату (El-Moslimany, 1990; Fowell *et al*., 2003; Herzschul, 2007; Traverse, 2007; Герасименко, 2007).

При обробці зразків для палінологічного аналізу було обрано: для зразків донних відкладів оз. Саки – методику лабораторії палінології і палеоботаніки Римського університету «Ла Сапієнца», модифіковану додатковою обробкою зразків $Na_4P_2O_7$; для зразків оз. Чокрак і Вомб – стандартну методику лабораторії мікрофосилій Лундського університету (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986). Палінологічні діаграми побудовано у програмах Tilia і Tilia-Graph (Grimm, 1992). Підрахунок паліноморф проведено з урахуванням основних груп: дерева і чагарники (AP), трави і чагарнички (NAP), водні рослини, спори вищих спорових рослин, непилкові паліноморфи (NPP). Вміст пилку водних рослин, спор вищих спорових рослин і NPP розраховували від суми AP+NAP. Палінозони на спорово-пилкових діаграмах виділено за допомогою кластерного аналізу CONISS.

Геохронологічні побудови для кернів відкладів озер Вомб і Чокрак виконано за глибинно-віковими моделями у програмі OxCal 4.3.2 (Bronk Ramsey, 2017) із застосуванням калібрувальної кривої IntCal13 (Reimer *et al*., 2013).

У розділі **«Історія палеогеографічних досліджень голоцену Південної Скандинавії та Північного Причорномор'я»** узагальнено результати попередніх реконструкцій розвитку озер, історії рослинності і клімату у голоцені на основі геохімічних, палінологічних і палеокліматичних досліджень озерних відкладів модельних регіонів.

Розвиток приозерних ландшафтів у Сконе і на території Данії висвітлений у працях T. Nilsson (1935, 1964), J. Iversen (1944, 1957), B. Berglund (1966-2008), G. Digerfeldt (1969-2013), A.-M. Robertsson (1973), M.-J. Gaillard (1984-2020), E. Kolstrup (1988, 1990) та ін. Впродовж пребореалу на півдні Скандинавії сосново-березові ліси змінилися березово-сосновими за участю ліщини. Поширення сосни було найбільшим на початку бореалу. Вона залишалася едифікатором лісів й у ранній атлантиці, але, починаючи із бореалу і особливо у кінці AT-1 (6,6 т. р. т.), її ареали скоротилися під впливом розповсюдження ліщини, а, пізніше, і дуба. У пізній атлантиці мав місце найбільший розквіт лісів кверцетального комплексу (Digerfeldt, 1974; Kolstrup, 1988, 1990). На початку раннього суббореалу роль в'яза, липи і ясена зменшилася, особливо на півдні Сконе (Kolstrup, 1990), поширювалися злакові та полин. Для пізнього суббореалу типовим було розповсюдження берези і міграція у регіон граба і бука (Berglund, 2008). У ранній субатлантиці найбільшого поширення знову набув дуб, але у пізній субатлантиці його витісняли граб і бук (Bradshaw, 1999). Особливості голоценового розвитку озер Південної Скандинавії найповніше відображені у роботах G. Digerfeldt (1971, 1988, 1997) і M.-J. Gaillard (1984, 1985). Перехід до органогенного осадонакопичення у озерах Сконе відбувся із встановленням помірно-теплих і вологих кліматичних умов на початку голоцену. Під впливом кліматичних змін у ранньому голоцені відбулося перетворення багатьох мілководних озер на торфовища (Digerfeldt, 1971). Фази значного зниження рівня озер виявлено у інтервалах 9,5–9,2, 6,5–5,5 і 2,9–2,6 т. р. т.

Дослідження голоценової природи Північного Причорномор'я має багату історію, відображену у палеолімнологічному вивченні озер Саки (Шостакович, 1935; Дзенс-Литовський, 1936; Швець, 1974; Субетто та ін., 2009), Джарилгач (Субетто и др., 2010) і

Чокрак (Kelterbaum *et al.*, 2012; Дикарев, 2019), а також у палінологічних роботах О. Т. Артюшенко (1970, 1978), Г. О. Пашкевич (1967-1981), К. В. Кременецького (1991, 1995), Л. Г. Безусько (1995–2011), Н. П. Герасименко (1997–2020), К. Кордови (2005–2016), Н. С. Боліховської (2004–2018). У пребореалі тут панували дернинно-злакові степи (Пашкевич, 1976), у бореалі − різнотравно-злакові степи і заплавні ліси (Пашкевич, 1981; Арап та ін., 1992). В атлантичний час Пн.-Зх. Причорномор'я займали лучні степи; Нижнє Подніпров'я – полиново-злакові ценози на вододілах і березово-соснові ліси (у АТ-3 – широколисті) у долинах (Kremenetski, 1995; Безусько, 2006, 2010); Пд.-Зх. Крим – лучні степи, у передгір'ях − лісостеп (Gerasimenko, Subetto, 2010); Тамань – різнотравно-злакові степи і долинні грабово-дубові ліси (Bolikhovskaya *et al.*, 2018). У суббореалі у Північному Причорномор'ї і Пд.-Зх. Криму відбувалося циклічне чергування фаз мезофітикації і ксерофітизації рослинності тривалістю 400-600 років (Kremenetski, 1995; Gerasimenko, 1997; Bolikhovskaya *et al.*, 2018). За палінологічними даними із оз. Саки (Герасименко, 2007) у субатлантичний час простежено циклічне чергування фаз зволоження і аридизації клімату тривалістю 100-300 років. Формування узбережних озер Криму відбулося внаслідок затоплення гирл річок у ранньому голоцені із подальшим формування піщаних пересипів у середньому голоцені. Проте відокремлення озер від моря відбувалося не синхронно: 5,5 т. р. т. – оз. Саки, 5,0 т. р. т. – оз. Джарилгач (Субетто та ін., 2009), 2,5 т. р. т. – оз. Чокрак (Kelterbaum *et al.*, 2012), а оз. Караджинське ще має зв'язок із морем (Субетто и др., 2010).

У розділі **«Сучасні фізико-географічні умови модельних регіонів»** висвітлено особливості геологічної будови, рельєфу, клімату, поверхневих вод, ґрунтового та рослинного покриву і ландшафтів територій Сконе, Пн.-Сх. і Пд.-Зх. Криму. Більша частина території Сконе вкрита мореною потужністю до 70 м (Daniel, 1999). Рельєф рівнинний і слабохвилястий (абс. вис. < 200 м). Клімат помірний морський, пом'якшений впливом Балтійського моря і атлантичних повітряних мас (MAT – +6...+7°C, T_I – –2… –1°C, T_{VII} – +15...+16°C, MAP – 700–800 мм). У ґрунтовому покриві переважають буроземи. Регіон розташований у зоні широколистих лісів, представлених такими типами (Brunet, 1991): буковими (*Fagus sylvatica*), грабовими (*Carpinus betulus*), дубовими (*Quercus robur, Q. petrae*), в'язово-ясеневими (*Ulmus glabra, Fraxinus excelsior*) і вільхово-ясеневими (*Alnus glutinosa*, *F. excelsior*). У ландшафтній структурі переважають низинні моренні рівнини області останнього зледеніння (Исаченко, 1989).

У Пд.-Зх. Криму четвертинні відклади є елювіально-делювіальними (зокрема, лесоподібні суглинки і викопні ґрунти), у Пн.-Сх. Криму – також і морськими (піски, глини і ракушняки). Територія Керченського півострова має горбисто-балковий рельєф (абс. вис. 50–100 м). У степовій частині Пд.-Зх. Криму переважають слабохвилясті рівнини (абс. вис. до 50 м). Клімат обох регіонів помірний континентальний, пом'якшений впливом моря (MAT – +10...+11°C, T_I – –1...0°C, T_{VII} – +23...+24°C). У Пн.-Сх. Криму випадає більше опадів, ніж у Пд.-Зх. (400 і 350 мм, відповідно), однак і ступінь випаровуваності тут є вищим. Ґрунтовий покрив Пн.-Сх. Криму складають чорноземи південні щебенисті, темно-каштанові солонцюваті ґрунти, а Пд.-Зх. Криму – чорноземи (переважно солонцюваті) і дерново-карбонатні ґрунти. За геоботанічним районуванням території України Пн.-Сх. Крим входить до Багеровського району типчаково-ковилових, полиново-злакових і петрофітних степів, а Пд.-Зх. Крим – до Сарибашського підрайону різнотравно-типчаково-ковилових і петрофітних степів. За фізико-географічним районуванням території України (Маринич, Шищенко, 2005) регіон Пн.-Сх. Криму

належить до Керченської горбисто-пасмової степової області, а регіон Пд.-Зх. Криму – до області Центральнокримського рівнинного степу південностепової підзони України.

У розділі **«Донні відклади озер Вомб, Чокрак і Саки»** наведено результати літолого-стратиграфічного, геохронологічного, геохімічного і палінологічного аналізів кернів свердловин донних відкладів озер модельних регіонів.

Озеро Вомб – прісна глибоководна (до 12 м) водойма льодовикового походження. Підошву колонки донних відкладів (потужністю 6,9 м) за літологічними ознаками віднесено до пізньольодовиків'я (14,5 кал. т. р. т.). Перехід від глинистих відкладів до озерних сапропелів у керні відповідає початку голоцену (11,7 кал. т. р. т.). Хроностратиграфія голоценових відкладів підтверджена 4-ма радіовуглецевими датами. Геохімічні дані відображають переважання літогенних елементів у пізньольодовикових відкладах із наступним різким зниженням їхнього вмісту у голоценових шарах. Пізньольодовикові відклади мають високі показники магнітної сприйнятливості, які поступово зменшуються до середньої частини керна. Вміст $C_{орг}$ зростає від 3% у підошві керна до 17% у відкладах пізнього голоцену. Співвідношення C/N збільшується від 6 до 12 у середній частині керна і зменшується до 7 у його верхній частині. Аналіз літолого-стратиграфічних і геохімічних даних дав змогу виділити 7 геохімічних зон (рис. 1). Палінологічний аналіз відкладів показав, що їхні СПС належать до лісового типу (АР понад 90%). За пилковою сукцесією деревних порід виділено 10 палінозон, які відображають основні етапи розвитку рослинності регіону Сконе.

Озеро Чокрак – гіперсолона мілководна (до 1 м) водойма морського походження. Підошву керна (потужністю 11,0 м) датовано 7000±45 р. т. (7860 кал. р. т.). Вміст $C_{орг}$ у відкладах озера є дуже низьким (коливається від 0,5 до 2,5%). Співвідношення C/N змінюється від 9 до 11. Зміни ступенів асоціації пар елементів у колонці відкладів відображають принципово різні етапи седиментогенезу у 3-х інтервалах: 0,0–1,50 м, 1,50–5,85 м і 5,85–11,0 м. За даними РСА встановлено 3 групи елементів: 1) Ca і Sr; 2) Cl і S; 3) Ti, K, Rb, Al, Fe, Mg, Mn, Si і Zr. Виділено 8 геохімічних зон, які відображають стадії розвитку басейну Чокраку від затоки Азовського моря до сучасного узбережного озера (рис. 2). Паліноспектри озерних відкладів належать до типового степового і чагарниково-степового типів (останній зі збільшеним вмістом АР). За коливанням вмісту пилку основних компонентів степової рослинності (злаків, різнотрав'я, полину, лободових) встановлено 16 палінозон. Домінантними комплексами пилку трав'янистих рослин є: 1) лободові + полинові + злакові та 2) лободові + полинові.

Озеро Саки – мілководна (до 1 м) водойма морського походження, з нижчою мінералізацією, ніж у Чокрацькому озері. За палінологічною кореляцією із датованою свердловиною S-2007 у Західному басейні озера (Gerasimenko, Subetto, 2010) підошву керна (потужністю 4,0 м) віднесено до кінця атлантики (біля 5000 р. т.). За даними РСА виділено три геохімічні групи елементів: 1) Ca, Sr і S; 2) Zr, Rb і Cl; 3) Al, K, Si, Ti, Mn і Fe. Зміни у розподілі цих груп дали змогу виділити 7 геохімічних зон, які відображають розвиток процесів седиментогенезу в умовах закритого басейну (рис. 3). Палінологічні дані із відкладів Східного басейну Сакського озера відображають вищий вміст пилку дерев і мезофільного різнотрав'я, ніж у Пн.-Сх. Криму. За змінами вмісту компонентів пилку трав'янистих рослин і широколистих дерев встановлено 13 палінозон.

У розділі **«Історія розвитку озер і приозерних ландшафтів впродовж голоцену (за модельними регіонами широколистолісової і степової зон)»** за результатами вивчення донних відкладів озер і зіставлення із даними попередніх досліджень

реконструйовано історію формування озер Вомб, Чокрак і Саки та ландшафтно-кліматичні зміни впродовж голоцену у модельних регіонах (рис. 1, 2, 3).

Пребореал (11,7–10,2 кал. т. р. т.). У озері Вомб початок РВ позначився зміною осадження глин утворенням озерного сапропелю, збільшенням біопродуктивності озера і зниженням рівня ерозії у водозборі. Інтенсивне вилуговування карбонатів свідчить про процеси лісового ґрунтоутворення у водозборі озера. У РВ-1 тундро-степова рослинність змінилася лісами, головними едифікаторами яких були сосна і, меншою мірою, береза. Клімат був прохолодним і відносно посушливим. РВ-2 позначався скороченням ролі берези і швидким поширенням ліщини.

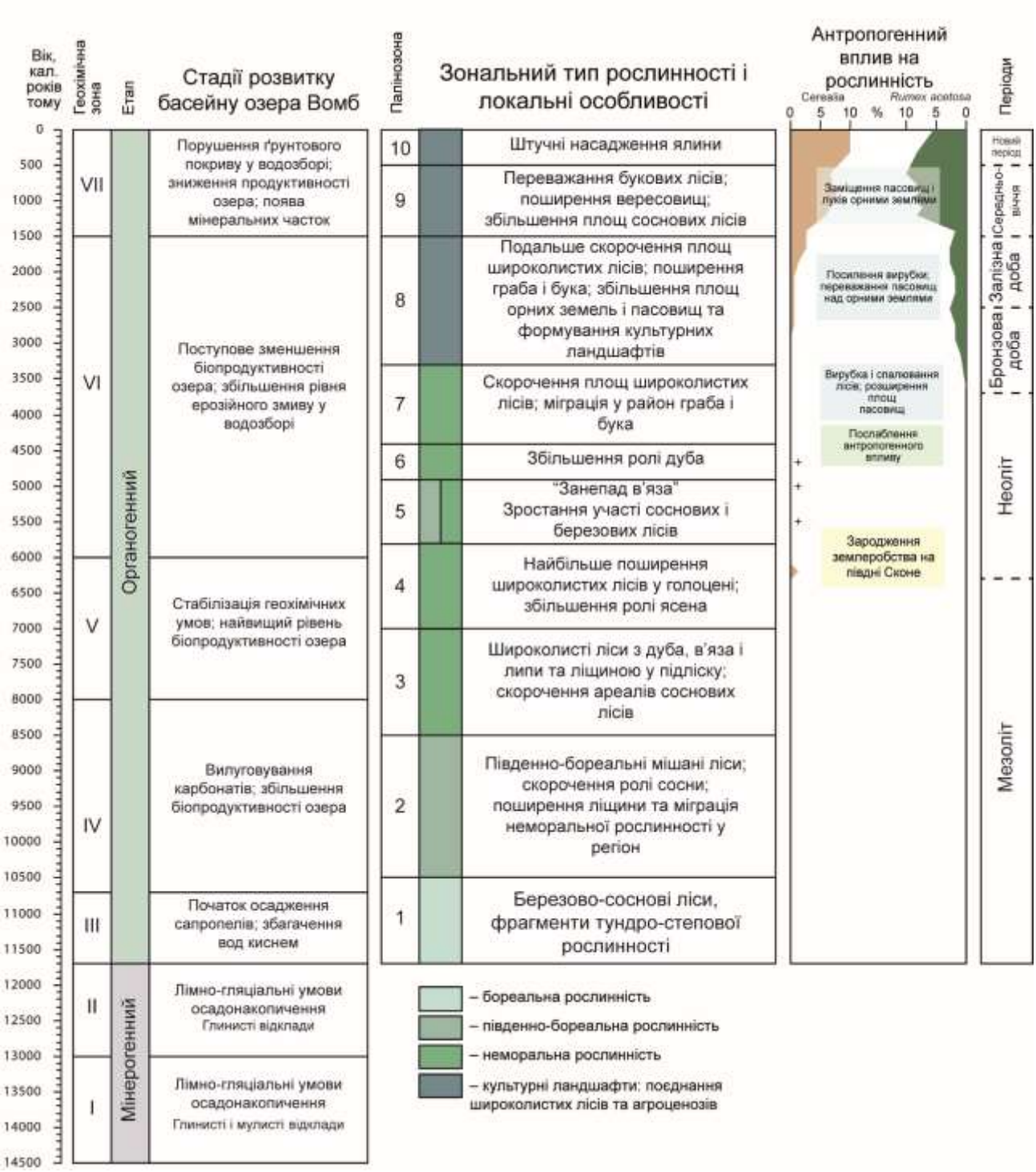

Рис. 1. Стадії розвитку басейну озера Вомб та фази розвитку рослинного покриву навколо озера впродовж голоцену.

Бореал (10,2–8,2 кал. т. р. т.). Впродовж бореалу в озері Вомб осаджувалися карбонатні сапропелі (через вилуговування катіонів із ґрунтів водозбору). Поступово зростали біопродуктивність і рівень pH озерних вод. На початку періоду (BO-1) почалася міграція на територію Сконе в'яза, дуба, пізніше липи, поширилися південно-бореальні мішані ліси. У BO-2 сосна і береза зростали переважно на піщаних субстратах, а родючіші ґрунти займали широколисті ліси із дуба з домішкою в'яза і липи.

Атлантичний період (8,2–4,6 т. р. т.). На початку періоду встановився найвищий рівень біопродуктивності озера Вомб і стабілізувалися його геохімічні умови. Розширилися ареали неморальних лісів (дуб, в'яз і липа). У ранній атлантиці (AT-1) важливим елементом лісів став і ясен. У пізній атлантиці (AT-2) відбулося найбільше поширенням широколистих лісів у Сконе, а лучні ценози мали наймезофітніший склад. У цей час розпочинається антропогенний вплив на рослинний покрив, однак він був локальним і зосередженим переважно в узбережній зоні (Berglund *et al*., 1990).

На початку AT (8,0–7,0 т. р. т.) на місці озера Чокрак існувала мілководна морська затока. Після 7,0 т. р. т. відбулося її поглиблення, а в інтервалі 6,5–6,2 т. р. т. мала місце коротка регресивна фаза. Наступна трансгресія водойми тривала до 5,0 т. р. т., змінившись потім значним зниження рівня водойми, з активним осадженням евапоритів. У Пн.-Сх. Криму впродовж AT переважали різнотравно-злакові степи. Проте встановлено зміни фаз розвитку рослинності: 7,0–6,7 т. р. т. –різнотравно-злакові степи, навколо озера – злакові; 6,7–6,1 т. р. т. – скорочення ролі різнотрав'я; 6,1—5,7 т. р. т. – подальша ксерофітизація степу: злакові та полиново-лободові угруповання; 5,7–5,2 т. р. т. – відновлення різнотравно-злакових степів; 5,2–4,9 т. р. т. – панування злакових і полиново-лободових асоціацій.

Відокремлення озера Саки від Чорного моря і встановлення відносно стабільних гідродинамічних умов озерного осадонакопичення відбулося біля 5,2 т. р. т. у AT-3. Від 5,0 до 4,6 т. р. т. Східний басейн оточували злакові степи із високою участю полину.

Суббореал (4,6–2,6 т. р. т.). На рубежі AT-2 і раннього суббореалу (SB-1) у лісах Сконе знизилася участь в'яза та липи і зросла роль дуба і ясена. Розширилися площі відкритих ландшафтів із синантропними видами (*Plantago lanceolata, Rumex acetosa*, тощо). У водозборі озера Вомб зросла інтенсивність ерозії, що було наслідком розвитку землеробства, і знизився вміст кисню в озерних водах. Після 3,5 т. р. т. відбувалося поступове заміщення широколистих лісів луками і полями. Почалася міграція на південь Швеції мезофільних порід: бука і граба, що може бути ознакою зволоження клімату.

У суббореалі, 5,0–3,2 т. р. т., мало місце найбільше зниження рівня Чокраку, із інтенсивним осадженням евапоритів. Рослинний покрив прилеглих територій відзначався найбільшим поширенням сухостепових ценозів у голоцені. Встановлено такі фази його розвитку: 4,9–4,5 т. р. т. – полиново-злакові степи; 4,5-4,0 т. р. т. – мезофітикація рослинності; 4,0–3,7 т. р. т. – полиново-злакові степи, збільшення ареалів галофільних ценозів біля озера; 3,7–3,5 т. р. т. – злакові степи, збіднений склад різнотрав'я; 3,5–3,2 т. р. т. –полиново-злакові степи. Після 3,2 т. р. т. почав формуватися піщаний пересип, який призупинив водообмін із морем і призвів до подальшого зниження рівня Чокрацької водойми. Про відносно вологий клімат пізнього суббореалу (3,2–2,6 т. р. т.) свідчить поширення різнотравно-злакових степів.

У Пд.-Зх. Криму фаза 4,6–4,1 т. р. т. відзначалася мезофітикацією степу: переважали різнотравно-злакові асоціації. Проте 4,1–3,7 т. р. т. відбулася ксерофітизація рослинності, із пануванням полиново-злакових ценозів. На фазі 3,7–3,4 т. р. т. участь

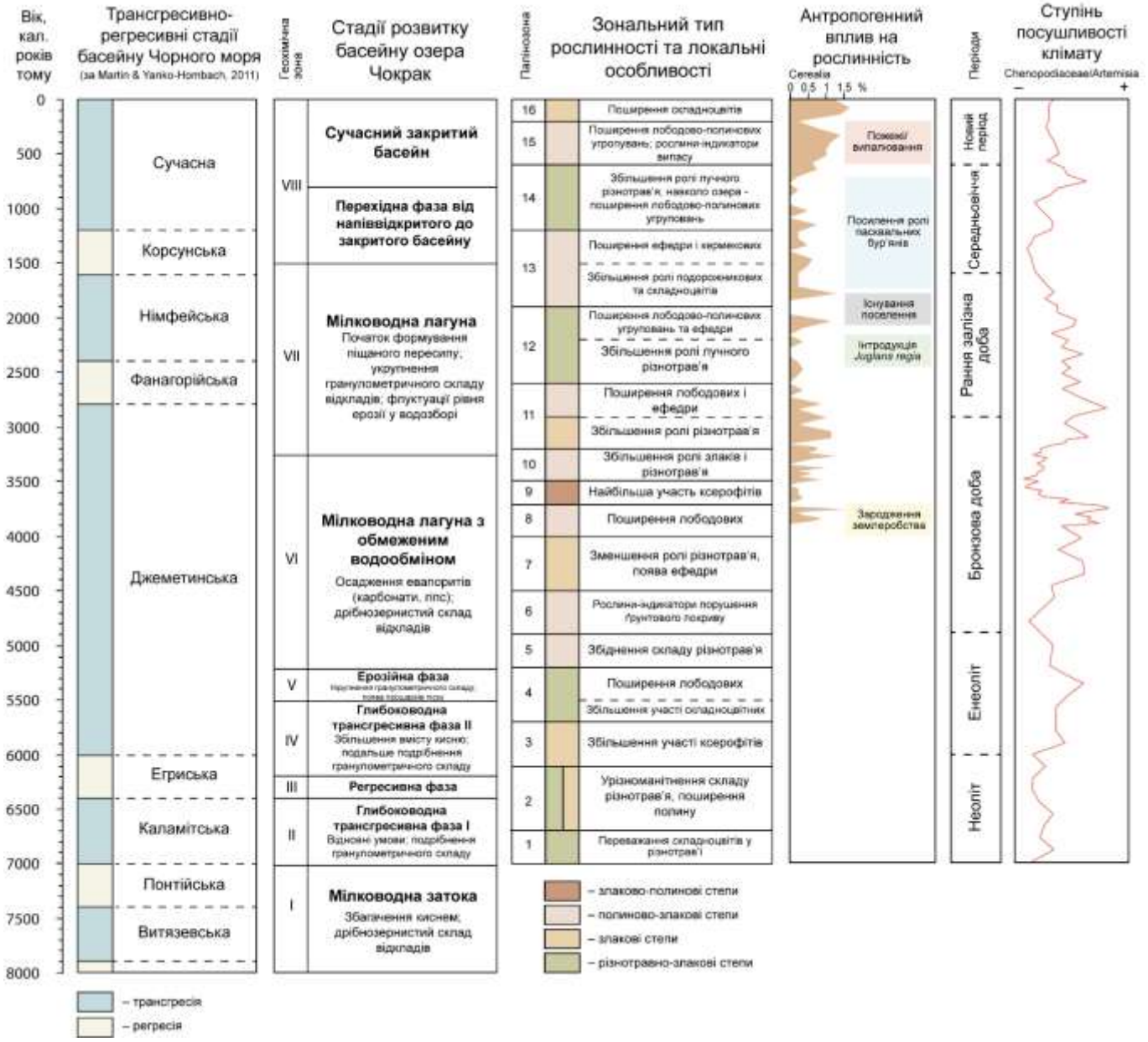

Рис. 2. Стадії розвитку басейну озера Чокрак і фази розвитку степової рослинності навколо озера.

полину надалі збільшилася. На початку пізнього суббореалу (3,4–3,0 т. р. т.) поширилися злакові та різнотравно-злакові асоціації. Полиново-лободові і галофільні ценози зростали лише на засолених ґрунтах біля озера. У другій половині пізнього суббореалу (після 3,0 т. р. т.) переважали полиново-злакові степи. У седиментації донних відкладів озера Саки впродовж суббореалу відбувалися найбільш контрастні зміни – фази збільшення ерозії у водозборі (4,3–3,9, 3,3–3,0 т. р. т.) чергувалися із фазами зниження рівня озера (3,7–3,3, 3,0–2,7 т. р. т.). Після 3,0 т. р. т. рівень озера знизився найбільше, що відображене у збільшенні концентрації евапоритів (карбонатів і сульфатів кальцію).

Субатлантика (2,6 т. р. т. – до тепер). У Сконе впродовж SA-1 (2,6–1,5 т. р. т.) рослинний покрив набув лісо-агрикультурного характеру: ареали широколистих лісів скоротилися за рахунок збільшення площ оброблюваних земель. У складі лісів провідне місце належало буку. У SA-2 (1,5–0,5 т. р. т.) подальше зменшення ролі лісів у приозерних ландшафтах і розширення площ лучних і землеробських угідь

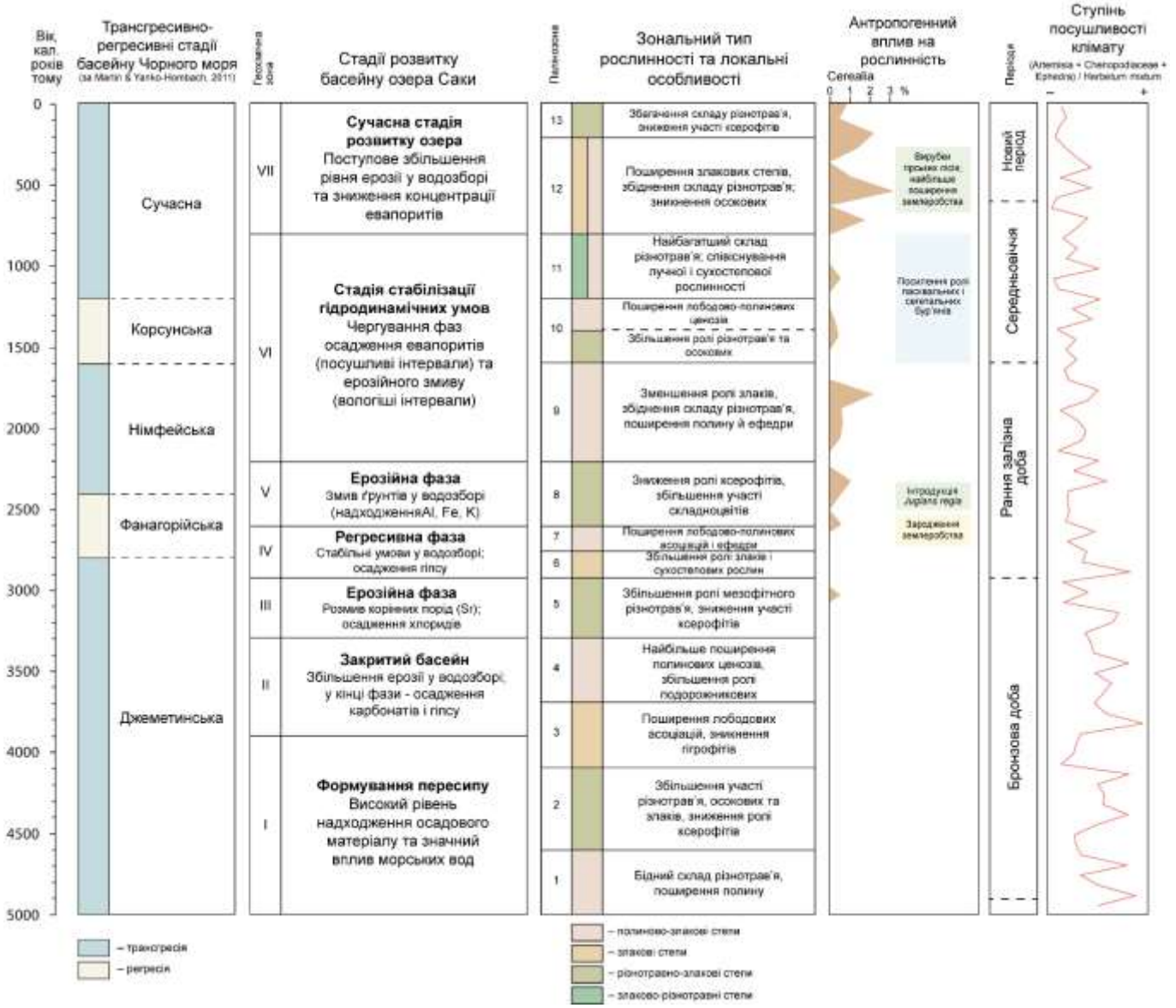

Рис. 3. Стадії розвитку басейну озера Саки і фази розвитку степової рослинності приозерних територій.

супроводжувалися зростанням інтенсивності ерозії і розвіюванням піщаних ґрунтів. Проте в останні 500 р. ареали лісів знову збільшилися у зв'язку зі зниженням інтенсивності землеробства і, частково, штучним насадженням ялини.

У басейні Чокрацької водойми у SA-1 (2,6–1,4 т. р. т.) відбувалося інтенсивне формування піщаного пересипу, про що свідчать дані XRF і наявність прошарків піску у керні відкладів. SA-2 (1,4–0,8 т. р. т.) відповідає стадії переходу до закритого басейну, яка позначилася зниженням рівня озера, зникненням морських молюсків. Сучасна стадія (від 800 р. т.) характеризувалася гіперсолоністю озерних вод і формуванням щорічної верствуватості донних відкладів. У розвитку рослинності Пн.-Сх. Криму встановлено такі фази: 2,6–1,9 т. р. т. – різнотравно-злакові степи, 1,9–1,2 т. р. т. – збільшення ролі злакових ценозів, урізноманітнення складу різнотрав'я; 1,2–0,6 т. р. т. – різнотравно-злакові степи; 600–180 р. т. – ксерофітизація степу: злаково-полинові та злаково-різнотравні асоціації; 180 р. т. – до тепер – злаково-різнотравні степи.

У Пд.-Зх. Криму чергування мезофітніших і ксерофітніших степових асоціацій впродовж SA відбувалося за такими фазами: 2,6–2,2 т. р. т. – панування злакових степів,

значна участь різнотрав'я; 2,2–1,6 т. р. т. – ксерофітизація степу: зменшення ролі злаків, збіднення складу різнотрав'я, поширення полину і ефедри; 1,6–1,2 т. р. т. – злакові, лободово-полинові та різнотравно-злакові угруповання; 1,2–0,8 т. р. т. – збільшення участі і урізноманітнення складу різнотрав'я, проте навколо озера – розширення галофітних ценозів; 800–200 р. т. – збільшення участі ксерофітів і збіднення складу різнотрав'я; 200 р. т. – до тепер – зменшення участі злаків і різнотрав'я за рахунок поширення ксерофітних і синантропних рослин.

У розділі **«Варіабельність розвитку озер і приозерних ландшафтів впродовж голоцену у степовій і широколистій зонах»** проведено зіставлення отриманих реконструкцій із результатами попередніх досліджень та висвітлено основні спільні і відмінні риси у розвитку приозерних ландшафтів Сконе, Пн.-Сх. і Пд.-Зх. Криму.

Значна подібність реконструкції історії розвитку озера Вомб і його приозерних ландшафтів у ранньому і середньому голоцені із даними палеолімнологічних і палеоландшафтних досліджень території півдня Швеції і Данії відображає загальну підпорядкованість ландшафтно-кліматичних змін на цих теренах глобальним перебудовам клімату. Збільшення антропогенного впливу у кінці атлантичного періоду призвело до початку формування культурних ландшафтів на півдні Скандинавії, які навколо озера Вомб виникли у суббореальному і субатлантичному періодах. Окультурення ландшафтів розвивалося від узбережних районів вглиб півострова Сконе.

Зміни у гідрологічному режимі озер і у складі рослинності півдня Швеції у суббореальний і субатлантичний час були підпорядковані найзначнішим кліматичним перебудовам у голоцені і відбувалися досить поступово впродовж відносно тривалих часових відрізків. Це свідчить про стійкість ландшафтів неморальних лісів до короткотривалих кліматичних флуктуацій. Найбільш значущими подіями у розвитку рослинності були зміна бореальних і південно-бореальних лісів раннього голоцену геліофільними теплолюбними лісами кверцетального комплексу в атлантичному періоді, лісами із тіньових порід (граба і бука) у другій половині суббореалу і поширенням ялини і бука у вологішому і прохолоднішому кліматі субатлантичного періоду.

Спільні риси розвитку природних подій у Пн.-Сх. і Пд.-Зх. Криму були відображенням на цих теренах кліматичних змін регіонального і навіть глобального рангу (розвиток вологолюбної рослинності на атлантичному оптимумі, різка ксерофітизація степу у час глобальної події 4200 р. т. та «ксеротермічної депресії» кінця суббореалу і його мезофітикація на обох кліматичних оптимумах субатлантики). Варіабельність ландшафтно-кліматичних умов у цих регіонах відображена у більшій тривалості посушливих кліматичних фаз у Пн.-Сх. Криму і, відповідно, переважанні тут ксерофітних степів. Порівняння із кліматичними флуктуаціями, встановленими на інших територіях Азово-Причорноморського басейну, свідчить про відносну синхронність термічних змін, однак у коливаннях ступеня зволоження виявлено регіональні відміни.

ВИСНОВКИ

Виконані палеолімнологічні дослідження на території зони широколистих лісів Швеції (півострів Сконе) та степової зони України (Північно-Східний і Південно-Західний Крим) дали змогу зробити наступні висновки.

1. Комплексний палеолімнологічний підхід, важливою стороною якого є безперервний відбір зразків із повних седиментологічних літописів озерних відкладів, є

запорукою підвищення достовірності реконструкції короткоперіодичної етапності розвитку голоценової природи. Необхідним є паралельний відбір зразків для різних видів досліджень, серед яких найбільш дієвими для реконструкції озер і приозерних ландшафтів є геохімічні, палінологічні і геохронологічні аналізи.

2. Аналіз літолого-геохімічних показників озерних відкладів дає змогу реконструювати зміни гідродинамічного режиму давніх озер, коливання їхнього рівня, фази змін хімізму і біологічної продуктивності озерних вод. Літолого-геохімічні показники донних відкладів є індикаторами інтенсивності процесів ерозії та денудації, змін гранулометричного складу покривних відкладів, біопродуктивності рослинності у водозборі, а на узбережжях – впливу трансгресивно-регресійних станів моря. Найважливішими індикаторними показниками є вміст органічного вуглецю, співвідношення C/N і вміст таких елементів як Ti, Si, Al, Fe, Zr/Rb, Ca, Sr та S.

3. Достовірна інтерпретація палінологічних даних для реконструкцій давньої рослинності та клімату має за основу такі методологічні підходи: врахування закономірностей формування пилкових спектрів у озерних відкладах; класифікація груп пилку за відстанню переносу; індикаційне значення непилкових паліноморф; новітні якісні та напівкількісні палеопалінологічні методи реконструкції складу рослинності та кліматичних умов. Найбільш дієвими показниками для реконструкцій степової рослинності є домінантний склад субфосильних пилкових спектрів та індикатори посушливості клімату.

4. Палінологічний аналіз донних відкладів озер на території Сконе і Криму показав, що вони містять інформацію про локальну і регіональну рослинність навколо озер та її зональний тип. 10 палінозон, встановлених у відкладах озера Вомб, відображають повну пилкову сукцесію голоцену у межах зони широколистих лісів Північно-Західної Європи. 13 і 16 палінозон, встановлених у відкладах озер Саки і Чокрак, відображають циклічні зміни паліноспектрів сухостепового, степового і специфічного степового (зі збільшеним вмістом пилку дерев) типів. Паліноспектри відкладів озера Чокрак постійно мають більший вміст пилку ксерофітних трав і менший вміст пилку дерев, ніж у озері Саки.

5. Утворення озера Вомб відбулося у кінці пізньольодовиків'я. На мінерогенному етапі седиментогенезу (до 11 700 кал. р. т.) відбувалося швидке осадонакопичення, із значним привносом алохтонного матеріалу. Після 11 700 р. т. у водозборі озера розпочалися процеси ґрунтоутворення і вилуговування карбонатів кальцію. У ранньому голоцені (після 10 500 р. т.) на органогенному етапі розвитку озера швидкість осадонакопичення зменшилася, а біологічна продуктивність вод зросла. На початку голоцену відкриті ландшафти пізньольодовиків'я навколо озера змінили березово-соснові ліси з елементами тундро-степової рослинності у пребореалі та із поширенням ліщини і появою широколистих дерев у бореалі. Зниження рівня озера і збільшення ролі сосни та берези відображає існування фаз посушливішого клімату: 10–9,5 і 8,5–8 т. р. т.

6. У середньому голоцені озеро Вомб мало найвищий рівень біопродуктивності, у водозборі сповільнилися процеси вилуговування карбонатів. Територію Сконе займали геліофільні широколисті ліси (дуб, в'яз, липа, ясен). У Північно-Східному Криму впродовж середнього голоцену чергувалися фази злакових і різнотравно-злакових степів, із значно більшою тривалістю останніх. На початку середнього голоцену на місці озера Чокрак існувала мілководна морська затока. Після 5000 р. т. вона перетворилася на лагуну. У середньому голоцені Південно-Західний степ Криму був переважно різнотравним, із окремими деревними угрупованнями. У озері Саки після його

виокремлення від моря біля 5500 р. т. встановилися відносно стабільні гідродинамічні умови озерного осадонакопичення.

7. У суббореалі (після 4800 р. т.) у водозборі озера Вомб зросла інтенсивність ерозії, у водах знизився вмісту кисню, що було результатом інтенсифікації землеробства на території Сконе. У цей час почалася міграція сюди вологолюбних бука і граба. Фазами деякого зростання посушливості клімату були 4900–4600 і 2900–2600 р. т. У Північно-Східному Криму встановлено найбільш посушливі і водночас теплі кліматичні фази із полиново-злаковими і полиново-лободовими асоціаціями (4800–4500, 3750–3200 і 2900–2600 р. т.), а фази зволоження клімату зі злаковими і різнотравно-злаковими степами виявлено у інтервалах 4500–4100 і 3200–3000 р. т. На озері Чокрак після 3000 р. т. піщаний пересип частково припинив водообмін із морем. Відбулося зниження рівня озера із його осолоненням та осадженням евапоритів. Із підвищенням рівня озера (від 1000 р. т. і до тепер) воно має відносно стабільний гідродинамічний режим. У Південно-Західному Криму фази найтеплішого і найбільш посушливого клімату, із переважанням злакових і полиново-злакових степів, мали місце 4100–3900, 3700–3400, 3000–2900 і 2800–2600 р. т. Максимуми зволоження із поширенням різнотравно-злакових степів біля озера і мезофільних дерев у горах припадають на 4600–4400 і 3300–3000 р. т. У озері Саки встановлено фази збільшення ерозії у водозборі (4300–3900, 3300–3000 р. т.) і фази зниження рівня озера і інтенсифікації осадження евапоритів: карбонати і сульфати кальцію (3700–3300, 3000–2700 р. т.).

8. У субатлантичному періоді збільшилася ерозійна активність у водозборі озера Вомб, зросло осадження піщаних часток (розвіювання піщаних ґрунтів). На півострові Сконе переважали високомезофільні тіньові породи – бук і граб. Проте в інтервалі 1800–1200 р. т. виявлено посушливу фазу. Антропогенний вплив призвів до виникнення мозаїчного типу рослинності, із злаковими і різнотравно-злаковими формаціями серед лісових. У Північно-Східному Криму впродовж субатлантичного часу чергувалися фази розвитку полиново-злакових і різнотравно-злакових ценозів. Найбільш посушливі умови існували 2200–1900, 1600–1200 і 600–180 р. т., а найвологіші – 2600–2300, 1600–1200 і 180–0 р. т. Остаточна ізоляція озера Чокрак призвела до значного збільшення його солоності та зникнення молюсків. У Південно-Західному степу Криму на фазах посушливого клімату (1900–1700, 1500–1300, 1100–800, 800–400 р. т.) існували полиново-злакові й злакові ценози, а впродовж вологіших фаз (2600–2400, 1700–1500, 1300–1100 і 900–800 р. т.) − різнотравно-злакові. У Сакському озері впродовж субатлантики переважали стабільні геохімічні умови. Після 800 р. т. виявлено активізацію процесів ерозії у водозборі.

9. Антропогенний вплив на рослинність півдня Швеції (скорочення площ лісів, поява культурних злаків та інших синантропних рослин) почався в атлантичний час (біля 6000 р. т.). У суббореалі встановилися культурні ландшафти (природні широколисті ліси, вторинні луки, пасовища і орні землі). У субатлантичний період площі агроугідь, а в останні два століття − й штучних насаджень лісу, розширилися. У Південно-Західному Криму поява полів культурних злаків та інтродукція горіха волоського пов’язані із виникненням грецьких поселень на початку субатлантичного періоду. У Північно-Східному Криму антропогенний вплив розпочався раніше (поява культурних злаків біля 3500 р. т.), а іншої синантропної рослинності – після 2600 р. т.

10. У суббореальному і субатлантичному періодах зміни режиму озер і рослинності у досліджуваних регіонах відображають більшу сталість розвитку ландшафтів

неморальних лісів Сконе, ніж узбережних степових ландшафтів Криму. Зміни рівня озера Вомб і гідрологічних процесів у водозборі були підпорядковані основним кліматичним перебудовам у голоцені. Найвиразнішими змінами фаз розвитку рослинності були перехід від геліофільних лісів кверцетального комплексу, типових для атлантичного періоду, до поширення тіньових порід (граба і бука) у другій половині суббореалу і поширення ялини і бука у вологішому і прохолоднішому кліматі субатлантичного періоду. Короткотривалі циклічні зміни домінантів рослинності у приозерних узбережних ландшафтах степового Криму свідчать про значну сенсибільність останніх до коливань тепло- і вологозабезпечення, особливо в умовах посилення дефіциту зволоження у суббореалі та субатлантиці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Рогозін Є. П. Зміни рослинності і клімату Південно-Західного Криму впродовж субатлантичного періоду (за даними палінологічного вивчення донних відкладів східного басейну Сакського озера). *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. № 3(75), С. 105–122.

2. Рогозін Є. П. Історія розвитку рослинності і клімату Південно-Західного Криму у середньому голоцені (за палінологічними даними зі східного басейну озера Саки). *Фізична географія та геоморфологія*. 2017. № 4(88), С. 69–76.

3. Rohozin Ye. P. Non-pollen palynomorphs as indicators of palaeoenvironmental changes: a case study from Lake Chokrak (the Crimean Peninsula). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. № 28(2), С. 348–354.

4. Рогозін Є., Юнг К., Брострьом А. Розвиток рослинності півострову Сконе (південна Швеція) у ранньому і середньому голоцені за палінологічними даними. *Фізична географія та геоморфологія*. 2019. №4-6(96-98), С. 21–28. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз зразків та інтерпретація результатів).

5. Prikhodko, V. E., Chaplygin, M. S., Rohozin, Y. P. Reconstruction of climate, soils and vegetation of the Srubna culture period based on mounds study of the Cis-Ural forest-steppe of Bashkortostan, Russia. *Eurasian Soil Science*, Vol. 49, No. 9, 2016, pp. 88–1002. (*Особистий внесок здобувача:* розгляд методичних питань співвідношення складу поверхневих паліноспектрів із складом рослинного покриву для районів континентального клімату).

Опубліковані наукові праці апробаційного характеру:

6. Рогозін Є. П. Розвиток рослинності західного Криму у пізній субатлантиці за палінологічними даними озера Саки. *Молоді науковці – географічній науці*: матеріали всеукраїнської конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (21-22 листопада, 2012 р.). Київ: Обрії, 2012. С. 126–128.

7. Рогозін Є. П. До змін клімату і рослинності південно-західного Криму у пізньому голоцені (палінологічні матеріали з відкладів східної частини озера Саки). *Шевченківська весна. Географія XI*: Матеріали міжнародної наукової міждисциплінарної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (18-23 березня 2013 р.). Київ: Обрії, 2013. С. 20–22.

8. Рогозін Є. П. Реконструкція кількісних показників змін клімату південно-західного Криму у пізньому голоцені за палінологічними даними. *Шевченківська весна. Географія XII*: Матеріали міжнародної наукової міждисциплінарної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (25-28 березня 2014 р.). Київ: Обрії, 2014. С. 29–31.

9. Рогозін Є. П. Динаміка рослинності і клімату Південно-Західного Криму у середньому голоцені (за палінологічними даними глибинних відкладів озера Саки). *Шевченківська весна – 2015. Географія*: XIII міжнародна наукова міждисциплінарна конференція, 2-3 квітня 2015 р.: тези доп. Київ: Прінт-Сервіс, 2015. Вип. XIII. С. 28–30.

10. Rohozin Y. Reconstructions of the Mid- and Late-Holocene climatic changes based on pollen data from the eastern basin of Lake Saki (Crimea). *Geological Society of America Abstracts with Programs*. 2015. Vol. 47. No. 7. P. 561.

11. Mudie P., Mudryk I., Gerasimenko N., Rohozin Y. New approach to palynological study of the Danube delta and shelf. *Geological Society of America Abstracts with Programs*. 2015. Vol. 47. No. 7. P. 204. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз поверхневих проб відкладів).

12. Mudie P., Mudryk I., Gerasimenko N., Rohozin Ye. Palynology of the Danube delta and shelf – comparison of methods. *From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary*: Proceedings of the Third Plenary Conference, 22-30 September 2015. Astrakhan: Moscow State University, 2015. pp. 135–138. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз поверхневих проб відкладів).

13. Рогозін Є. П. Реконструкція кількісних показників клімату голоцену Західного Криму за палінологічними даними з озера Саки. *Молоді науковці – географічній науці*: матеріали всеукраїнської конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (19-20 листопада, 2015 р.). Київ: Обрії, 2015. С. 35–36.

14. Рогозін Є. П. Ритмічність змін клімату та рослинності Південно-Західного Криму у середньому та пізньому голоцені за палінологічними даними з донних відкладів озера Саки. *Матеріали XII з'їзду Українського географічного товариства*. Київ: Українське географічне товариство, 2016. С. 136–138.

15. Rohozin Ye. P. Vegetational and climatic changes recorded in pollen assemblages of the Late Holocene deposits from Lake Chokrak (Crimea). *From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary*: Proceedings of the Fourth Plenary Conference, 2-9 October 2016. Tbilisi: Georgian National Academy of Sciences, 2016. pp. 138–140.

16. Rohozin Ye., Ljung K. Non-pollen palynomorphs as indicators of sea-level changes: preliminary results from Lake Chokrak (the Crimean Peninsula). *Abstracts of VIIth Workshop on Non-Pollen Palynomorphs*. Liverpool: Liverpool University, 2017. P. 31. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз донних озерних відкладів та інтерпретація даних).

17. Hertzman H., Ljung K., Rohozin Y., Hammarlund D. Lake Odensjön – a new varved sediment record from southern Sweden. *IPA-IAL 2018 Joint Meeting: Unravelling the Past and Future of Lakes*, 18-21 June 2018. Stockholm: Stockholm University, 2018. P. 283. (*Особистий внесок здобувача:* інтерпретація умов седиментогенезу донних відкладів озера).

18. Rohozin Ye. P. Multi-proxy study of Late Holocene environmental changes recorded in the upper sediments of Lake Chokrak. Матеріали II Міжнародної конференції «*Рельєф і клімат*». Чернівці: Чернівецький національний університет, 2018. С. 36.

19. Рогозін Є. П. Вплив людини на рослинний покрив степового Криму у пізньому голоцені (за палінологічними даними із донних відкладів озер Саки і Чокрак). Збірник наукових праць міжнародної конференції «*Географічна наука та освіта: від констатації до конструктивізму*». Київ: Інститут географії НАН України, 2018. С. 104–106.

20. Рогозін Є., Юнг К. Попередні результати геохімічного та рентгенофлуоресційного дослідження відкладів озера Чокрак (Керченський півострів). «*Ідеї та новації в системі наук про Землю*»: Матеріали VIII Всеукраїнської молодіжної наукової конференції, 10-12 квітня 2019 р. Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2019. С. 46–47. (*Особистий внесок здобувача:* геохімічні аналізи зразків відкладів та інтерпретація результатів).

21. Rohozin Ye., Ljung K. Mid- and Late Holocene hydrological and geochemical changes in Lake Chokrak (NE Crimea). *EGU General Assembly 2020*. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-602. (*Особистий внесок здобувача:* геохімічні аналізи зразків відкладів та інтерпретація результатів).

Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

22. Чаплыгин М. С., Приходько В. Е., Рогозин Е. П., Стародубцев М. В., Калинин П. И. Комплексное исследование курганов и палеоэкологические условия срубного времени лесостепного Предуралья. *Динамика современных экосистем в голоцене*: материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием (17-20 октября 2016 г.). Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2016. С. 245–248. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз відкладів та реконструкція палеорослинності).

23. Герасименко Н.П., Юрченко Т.І., Рогозін Є.П. Антропогенна трансформація рослинності Буковинського Припруття і Придністер'я у голоцені (за палінологічними даними). Збірник наукових праць міжнародної конференції «*Географічна наука та освіта: від констатації до конструктивізму*». Київ: Інститут географії НАН України, 2018. С. 64-66. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз відкладів розрізу Рідківці та палеореконструкція рослинності).

24. Gerasimenko N., Yurchenko T., Rohozin Ye. Vegetation changes in the Hotyn Upland over the last 2000 years (based on pollen data). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. №28(1), pp. 51–58. (*Особистий внесок здобувача:* палінологічний аналіз відкладів розрізу Рідківці та реконструкція палеорослинності).

АНОТАЦІЯ

Рогозін Є. П. Розвиток озер і приозерних ландшафтів у широколистолісовій та степовій зонах у голоцені (модельні регіони Сконе та Криму). – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.04 «Геоморфологія та палеогеографія» – Київський національний університет імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України, Київ, 2020.

На основі комплексного вивчення донних відкладів озер встановлено особливості розвитку озер і приозерних ландшафтів у модельних регіонах Сконе, (Південна Швеція) Північно-Східного і Південно-Західного Криму впродовж голоцену. На основі геохімічного аналізу донних відкладів виявлено історію формування озер Вомб, Чорак і Саки та динаміку процесів озерного седиментогенезу. На основі детального палінологічного аналізу відтворено історію розвитку рослинності та змін клімату Сконе, Північно-Східного і Південно-Західного Криму.

Нові отримані дані дали змогу виявити нові риси короткоперіодичної етапності розвитку природних умов голоцену і доповнити знання про загальні та відмінні риси в історії озер, клімату, приозерної і зональної рослинності у ландшафтних зонах широколистих лісів та степу.

Ключові слова: донні відклади озер, гіперсолоні озера, палінологічний аналіз, геохімічний аналіз, палеорослинність, зміни клімату, історія розвитку озер, голоцен.

АННОТАЦИЯ

Рогозин Е. П. Развитие озер и приозерных ландшафтов в широколиственно-лесной и степной зонах в голоцене (модельные регионы Сконе и Крыма). – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.04 «Геоморфология и палеогеография» – Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Министерство образования и науки Украины, Киев, 2020.

На основе комплексного изучения донных отложений озер установлены особенности развития озер и приозерных ландшафтов в модельных регионах Сконе (Южная Швеция), Северо-Восточного и Юго-Западного Крыма в течение голоцена. На основе геохимического анализа донных отложений прослежено историю формирования озер Вомб, Чокрак и Саки и динамику в них процессов седиментогенеза. На основе детального палинологического анализа воссоздана история развития растительности и изменений климата регионов Сконе, Северо-Восточного и Юго-Западного Крыма.

Полученные данные позволили выявить новые особенности короткопериодической этапности развития природных условий в голоцене и дополнить сведения об общих и отличительных особенностях в истории озер, климата, приозерной и зональной растительности в ландшафтных зонах широколиственных лесов и степи.

Ключевые слова: донные отложения озер, гиперсоленые озера, палинологический анализ, геохимический анализ, палеорастительность, изменения климата, история развития озер, голоцен.

SUMMARY

Rohozin Ye. P. Evolution of lakes and lacustrine environments in broad-leaved forest and steppe zones during the Holocene (model regions of Scania and Crimea). – Manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Geography: Speciality 11.00.04 – geomorphology and palaeogeography. – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2020.

The thesis deals with reconstructions of palaeolimnological and palaeoenvironmental changes in broad-leaved forest (Scania) and steppe (the south-western and north-eastern

Crimea) zones during the Holocene based on multidisciplinary studies of lakes Vomb, Chokrak and Saki sediments.

The object of the research has been palynological and geochemical content of the sediment cores from lakes Vomb, Chokrak and Saki. The subject under investigation is the evolution of lakes and sedimentological processes in them and environmental changes in their watersheds.

On the basis of the data collected in this study, new features have been revealed on the Holocene environmental dynamics, particularly on development of vegetation, climate and lake systems in Scania and Crimean peninsula.

During the Late Glacial, open tundra-steppe prevailed around Lake Vomb, and the vegetation cover was sparse. Intense sedimentation with the input of a significant amount of allochthonous material is characteristic for the minerogenic phase (prior to 11 700 cal yr BP). After 11 700 cal yr BP, active processes of soil formation and leaching of calcium carbonate from soils started in the lake catchment. The organogenic phase of lake development was characterised by a decrease in the sedimentation rate in the lake and an increase in the biological productivity of its waters. In the early Holocene tundra-steppe vegetation changed to the open woodland with *Betula* and *Pinus* as main elements, although, some types of tundra-steppe vegetation were present, such as *Artemisia* and Chenopodiaceae. During the Boreal period, the area of coniferous forests gradually reduced and the migration of nemoral vegetation to the southern Sweden began. During the Atlantic period, deciduous oak forests with elm, lime and ash prevailed around the lake. The emergence of the Neolithic settlements at the end of the Atlantic period was reflected in the reduction of forest areas due to felling and burning of trees. The beginning of human impact on the vegetation was traced following the appearance of pollen of cultivated grasses and anthropophytes. Highest levels of bioproductivity in Lake Vomb were recorded during this phase. In the early Subboreal period, there were fluctuations in woodland vegetation as a result of climate changes and human activities. In the middle of the Subboreal time, migration of beech and hornbeam to Scania began. The Subatlantic period was characterised by emergence of cultural landscapes, which combined small stands of woodland and prevailing cultivated fields and arable lands. The increase of agrarian activities led to higher erosion in the Lake Vomb catchment.

In the north-eastern Crimea, around 8000 cal yr BP, an open relatively shallow marine embayment existed in the area of Lake Chokrak. A deeper transgressive stage is observed from 7000 to 6500 cal yr BP when waters became less oxygenated, the grain size decreased and laminations disappeared. A dry stage from 6500 to 6200 cal yr BP is characterized by further decrease in water level and precipitation of gypsum. Starting from 6200 cal yr BP, a renewed transgressive stage is observed with increased water oxygenation, accumulation of fine sediments and precipitation of carbonates. A short-term erosional phase has been recorded from 5400 to 5000 cal yr BP. After 5000 cal yr BP starts a dry stage of the basin, which is connected to the slower rate of the Holocene sea transgression. Precipitation of evaporites increased at this time and fine-grained clays accumulated in the basin. The infilling of the basin and formation of the sandbar started around 3000 cal yr BP when clay sediments intermixed with sand layers. A transitional stage from semi-open to closed basin lasted from 1400 to 800 cal yr BP and it is characterized by precipitation of evaporites and disappearance of shells. The current stage (from 800 cal yr BP to present) of the closed lake basin is characterized by sediment lamination, high precipitation of gypsum and potassium salts, and complete absence of molluscs due to high salinity of the brine. Steppe landscapes were dominant in the NE Crimea during the Middle and Late Holocene. The warmest and most arid conditions were typical of the phases dominated by

steppes with grass and Chenopodiaceae-*Artemisia* communities. Such phases were dated to intervals 4800–4500, 3750–3200, 2900–2600, 2200–1900, 1600–1200 and 600–180 cal yr BP. The most humid intervals are dated at 4500–4100, 3200–3000, 2600–2300, 1600–1200 and 180–0 cal yr BP. Human impact on the vegetation was first recorded around 3500 cal yr BP by the emergence of agriculture in the region.

A complete isolation of Saki Lake from the Black Sea occurred around 5200 cal yr BP. The early development of the lake was characterised by hydrological instability with significant sediment input. Forb-grass communities prevailed around the lake at this time. After 4200 BP, under increased aridity, the lake level lowered and *Artemisia*-grass communities spread in the catchment. The next erosion event occurred at 3300–2900 cal yr BP with the spread of relatively mesophytic steppes. The following regressive phase, 2900–2600 cal yr BP, was characterised by gypsum precipitation in the lake and widespread xeric steppes. The beginning of the Subatlantic period is marked by increased erosion in the catchment, spread of mesophytic communities and the emergence of agriculture in the region. Over the greater part of the Subatlantic, the lake was characterised by relatively stable hydrological conditions, although minor phases of increased erosion and mesophytic communities alternated with phases of increased evaporation and xerophytic communities. The current stage of the lake (last 800 yr) is characterised by increasing erosion intensity. The relatively arid phases were dated at 4100–3900, 3700–3400, 3000–2900, 2800–2600, 1900–1700, 1500–1300 and 800–400 cal yr BP. More humid phases were recorded at 4600–4400, 3300–3000, 2600–2400, 1700–1500, 1300–1100 and 900–800 cal yr BP.

The results of multidisciplinary studies performed shed new light on short-term stages in the evolution of lacustrine environments during the Holocene and contribute to common and distinctive features of history of lakes, local and regional vegetation in the zones of broad-leaved forests and steppes.

Keywords: lacustrine sediments, hypersaline lakes, palynological analysis, organic geochemistry, X-ray fluorescence analysis, palaeovegetation, climate change, Holocene.