

КАСПИЙ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ:  
ЭВОЛЮЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ЧЕЛОВЕК

УДК 551.89/551.35(-925.22)

СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ  
И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛИО-ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ  
ОТЛОЖЕНИЙ БЛИЗ ОЗЕРА АРАЛСОР  
В ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ<sup>#</sup>

© 2025 г. О. Д. Найдина<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт РАН, Москва, Россия

\*E-mail: onaidina@gmail.com

Поступила в редакцию 04.11.2024 г.

После доработки 15.11.2024 г.

Принята к публикации 22.11.2024 г.

По результатам спорово-пыльцевого анализа керна скважины Аралсор, вскрывшей на севере Прикаспийской низменности отложения акчагыла и апшерона мощностью более 640 м, определенные по литологии и фауне каспийских моллюсков, выполнено палиноклиматостратиграфическое расчленение отложений плио-плейстоцена. Реконструированы изменения ландшафтно-климатических условий, происходившие во время аккумуляции изученных плио-плейстоценовых осадков. Установлены сухие и холодные климатические условия в самом начале акчагыла, способствовавшие распространению хвойных лесов с вересковыми и березово-сосновыми лесами с примесью широколиственных и мозаичных солончаков. На фоне акчагыльского постепенного увлажнения и потепления на прилегающих к акчагыльскому морю северных участках суши произрастали темнохвойные леса с тсугой и сосново-березовые леса с примесью широколиственных на юге. Граница акчагыла и апшерона отмечается по смене лесных спорово-пыльцевых спектров степными спектрами. В течение апшерона наблюдаются флуктуации, иссушение и похолодание климата, выраженные в развитии безлесных степных фитоценозов. Детальный палинологический анализ акчагыльских и апшеронских отложений позволил выделить группы спорово-пыльцевых спектров и девять палинозон, реконструировать растительность и климатические условия, необходимые для климатостратиграфии и дальнейшего обоснования и совершенствования выделенных подразделений четвертичной системы.

*Ключевые слова:* поздний плиоцен; ранний плейстоцен; спорово-пыльцевой анализ; климатостратиграфия; флора; растительность

DOI: 10.31857/S2949178925010027, EDN: DODDEP

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Морские отложения плиоцена и плейстоцена, включая осадки акчагыла и апшерона, широко развиты в пределах Северного Прикаспия (Васильев, 1961; Свиточ, 2014; и др.). Степные и полупустынные области Северного Прикаспия с начала XX в. являлись объектом различных геологических исследований, в том числе и палинологических.

<sup>#</sup> Ссылка для цитирования: О.Д. Найдина (2025). Споры-пыльцевые спектры и условия формирования плио-плейстоценовых отложений близ озера Аралсор в Прикаспийской низменности. *Геоморфология и палеогеография*. Т. 56. № 1. С. 30–40.  
<https://doi.org/10.31857/S2949178925010027>;  
<https://elibrary.ru/DODDEP>

История изучения спорово-пыльцевым методом акчагыльских и апшеронских отложений Прикаспийской низменности и ближайших прилегающих районов Поволжья и Прикаспия, проведенного в комплексе с другими биостратиграфическими анализами, насчитывает многие десятилетия (Тюрина, 1961; Жидовинов, Курлаев, 1971; Жидовинов и др., 1995; Яхимович и др., 1965; Яхимович и др., 1981; Naidina, Richards, 2020 и др.). В последнее время получены новые материалы, на основе которых были созданы схемы стратиграфии верхнеплиоценовых и четвертичных отложений Северного Прикаспия. Создана региональная стратиграфическая схема неогена России (Невесская и др., 2004), разработаны региональ-

ные схемы квартера Нижней Волги, Предуралья и других структурно-фациальных зон.

Палинологические данные, полученные предыдущими исследователями, по-прежнему востребованы. Так, по результатам спорово-пыльцевого анализа акчагыльских и апшеронских осадков, выделенных в скважине Аралсор, проведена граница между акчагылом и апшероном по появлению степных спектров и пику пыльцы вересковых, установленных палинологом Л.С. Тюриной (1961) для Нижнего Поволжья. Подтверждено, что в развитии дендрофлоры на протяжении акчагыла и апшерона резких изменений не происходило. Выделенный В.П. Гричуком (1989) рубеж в развитии дендрофлоры между киммерием и акчагылом можно рассматривать как границу между неогеновым и четвертичным периодами.

Акчагыльский период является важнейшей трансгрессивной эпохой в истории Каспийского моря (Naidina, Richards, 2020; Trifonov et al., 2024 и др.). Во время максимума акчагыльской трансгрессии (около 2.6 Ma) Палеокаспий значительно увеличился в размерах, достигая территории к северу от Южного Предуралья и Прикаспийской низменности. Самые северные из известных обнажений морского акчагыльского периода (долины рек Камы и Белой) расположены в приуральской части Восточно-Европейской платформы (Trifonov et al., 2024).

За последние 3.6 млн лет акчагыльский бассейн неоднократно изменял свои размеры и форму (Свиточ, 2014). В начале акчагыла трансгрессирующий Палеокаспий покрыл морскими осадками огромные площади до Среднего Поволжья и Предуралья. Акчагыльские морские осадки постепенно заполнили все понижения рельефа этой обширной территории, которые могли быть не только эрозионными по происхождению.

Четвертичные отложения Нижнего Поволжья описаны в многочисленных публикациях, однако их фациальное разнообразие, эрозионные процессы и пространственная фрагментация обнажений часто приводят к трудностям в их стратиграфической интерпретации и появлению различных взглядов на некоторые из них (Zastrozhnov et al., 2024).

Корреляция акчагыла, официально принятая в региональной стратиграфической схеме неогена России, основывается на палеомагнитных данных, по которым подошва акчагыла коррелируется с основанием хрона Gauss (2An.3n), имеющим в GPTS2020 возраст 3.6 млн лет. Верхняя граница акчагыла сопоставляется с основанием хрона Gilsa, который датируется 1.8 млн лет и проводится внутри субхрона Olduvai (C2n) (Невесская и др., 2004; Попов и др., 2023).

Официально принятая в России точка зрения датирует основание квартера 2.6 млн лет, эта граница совпадает с отложениями максимума акчагыльской трансгрессии. Основание акчагыла относится к плиоцену (неоген), коррелируется с основанием хрона Гаусс (Gauss) и датируется возрастом 3.6 млн лет. Таким образом, нижний акчагыл, отвечающий ранней стадии акчагыльской трансгрессии, по-прежнему относится к неогену, в то время как средний и верхний акчагыл, отвечающие средней и поздней стадиям развития трансгрессии, “оказался” в квартере. Следует отметить, что о понижении границы квартера до 3.6 млн лет (до основания акчагыла) высказался палинолог В.П. Гричук (1989 и др.), установивший в развитии флоры юга Русской равнины рубеж между киммерием и акчагылом. Акчагыльский региоярус отвечает пьяченскому ярусу плиоцена (3.60–2.58 млн л.н.) и гелазскому ярусу плейстоцена (2.58–1.80 млн л.н.) общей стратиграфической шкалы, принятой межведомственным стратиграфическим комитетом России (Гладенков, Тесаков, 2023; [https://karpinskyinstitute.ru/ru/about/msk/str\\_scale/os\\_scale-03-24.pdf](https://karpinskyinstitute.ru/ru/about/msk/str_scale/os_scale-03-24.pdf)) Апшеронский ярус отвечает эоплейстоцену (1.80–0.78 млн л. н.) общей стратиграфической шкалы.

С целью изучения особенностей флоры, растительности и климата плио-плейстоцена (акчагыл, апшерон) был палинологически изучен разрез скважины, расположенной на севере Прикаспийской низменности близ озера Аралсор. Скважина вскрыла акчагыльские и апшеронские отложения, представленные песчано-глинистыми толщами значительной мощности (до 700 м). Полученные для разреза скважины спорово-пыльцевые данные и выполненные климато-фитоценотические реконструкции, представленные в статье, необходимы для стратиграфии и корреляции плио-плейстоценовых отложений, дальнейшего обоснования выделенных подразделений четвертичной системы.

## 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили образцы, отобранные из керна скважины Аралсор, пробуренной вблизи одноименного озера Аралсор в Западном Казахстане (рис. 1). Исследованная территория прилегает к восточному побережью озера, расположенного на северной окраине пустыни Рин и окруженного соленосными грязями (хаками).

В настоящее время исследуемый район лежит в пределах степной и пустынной зон с естественной безлесной растительностью. Сильные засоленность почв и испарение, дефицит влаги при-



Рис. 1. Расположение скважины близ озера Аралсор.

Fig. 1. The location of the borehole near Lake Aralsor.

вели к комплексности растительного покрова и возникновению термина “полупустыня”.

К пустынному типу растительности изучаемой местности относятся фитоценозы с доминированием ксерофильных и гиперксерофильных, микро- и мезотермных растений различных жизненных форм – преимущественно полукустарничков, полукустарников и кустарников (Сафронова, 2008). Наиболее распространены полукустарничковые сообщества из видов родов *Artemisia*, *Anabasis*, *Nanophyton*, *Salsola*.

В связи с широким распространением засоленных почв в Прикаспийской низменности распространена неоднородная комплексная степная растительность, в составе которой преобладают то дерновинно-злаковые сообщества, приуроченные к светло-каштановым и каштановым почвам, то полукустарничковые – на солонцах и солончаках (Сафронова, 2008).

Изученная скважина пробурена производственным геологическим объединением “Запказгеология”. Сразу при отборе керна геологами было сделано его литологическое описание и расчленение на акчагыльские и апшеронские отложения. Расчленение разреза проводилось по литологии и фауне акчагыльских моллюсков *Cardium dombra*, *Avimactra subcaspia*. Микрофаунистический анализ обнаружил лишь редкие раковины остракод в кровле разреза.

По материалам скважины спорово-пыльцевым методом исследовался интервал отложений от 700

до 125 м. В него входили отложения палеогена, акчагыля (16 образцов) и апшерона (12 образцов). В образце палеогенового возраста пыльцы и спор не обнаружено. Всего изучено 29 образцов, из которых в 28 образцах подсчитывалось до 300 зерен пыльцы и спор.

При мацерации образцов для спорово-пыльцевого анализа использовался классический сепарационный метод Гричука с применением центрифуги для проб с растворами йодистого кадмия ( $CdJ_2 + KJ$ ) (Гричук, Заклинская, 1948). Определение палиноморф происходило под световым микроскопом с увеличением  $\times 400$ . Подсчет палиноморф производился по группам: пыльца древесных и кустарниковых, травянистых и кустарничков, споровых растений. Процентное соотношение между количеством пыльцы деревьев, трав и спор подсчитано от общего количества палиноморф в спорово-пыльцевом спектре.

Чтобы подтвердить интерпретацию палеорастительности приводится результат анализа субрецентных спектров пыльцы двух приповерхностных образцов почвы (глубина 0.15–0.35 м) из Заволжско-Казахстанской степи на востоке Прикаспийской низменности (табл. 1). Он показал, что спорово-пыльцевые спектры достаточно полно отражают состав современной растительности и могут использоваться для палеоклиматических реконструкций.

Реконструкции палеорастительности и климатических условий были проведены в соответствии с требованиями групп растений к температуре и влажности, с учетом связи между изменением климата и динамикой растительного покрова. Согласно результатам палиноморфологического исследования палиноморф и определений таксономического состава, выделены спорово-пыльцевые спектры (СПС) и палинозоны (ПЗ). Они позволяют распознавать степную, лесостепную и лесную растительности.

Самыми дробными климатостратиграфическими единицами палинологии являются фазы и подфазы, характеризующие зональные и формационные особенности реконструированных палеофитоценозов. Они соответствуют выделяемым на спорово-пыльцевых диаграммах палинозонам и субпалинозонам, представляющим собой один или группу палиноспектров, отличающихся от других составом и процентным содержанием пыльцы и спор (Болыховская, 2002, с. 23).

Палинозоны отражают фазы в развитии растительности и смены климатических условий. Изменения состава и процентного содержания спорово-пыльцевых спектров графически представлены на палинологической диаграмме. Она была интерпретирована и зонирована на основе качественного анализа основных изменений в пыльцевых ас-

**Таблица 1.** Результаты спорово-пыльцевого анализа поверхностных образцов из Заволжско-Казахстанской сухой степи в Прикаспийской низменности

**Table 1.** Results of spore-pollen analysis of surface samples of the Zavolzhye-Kazakhstan dry steppe in the Caspian lowland

Показатель, название	Номер образца	
	1	2
Возраст	Современный	Современный
Расположение	Жарык	Темир
Литология	Почва	Почва
Глубина, м	0.15	0.35
Общее количество зерен	221	230
Пыльца деревьев и кустарников	6	14
<i>Pinus</i>	4	5
<i>Quercus</i>	2	3
<i>Tilia</i>	—	1
<i>Betula</i>	—	4
<i>Salix</i>	—	1
Пыльца трав и кустарничков	213	215
<i>Ephedra</i>	—	2
Рoaceae	4	2
Cyperaceae	—	10
Cheno-Amaranthaceae	201	159
Asteraceae	2	4
<i>Artemisia</i>	3	56
Caryophyllaceae	1	3
Leguminosae	2	2
Polygonaceae	—	3
Plantaginaceae	—	3
Споры	2	1
<i>Sphagnum</i>	2	1

социациях с акцентом на встречаемость особенно показательных таксонов.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1. Спорово-пыльцевые спектры акчагыльских и апшеронских отложений

Скважина Аралсор вскрыла отложения акчагыля и апшерона мощностью более 640 м. Изменение состава и процентного содержания основ-

ных компонентов спорово-пыльцевых спектров отложений разреза Аралсор и характерных таксонов деревьев, кустарников и трав представлены на процентной палинологической диаграмме (рис. 2).

*Акчагыльские отложения* в самой нижней части разреза (651–576 м) характеризуются спорово-пыльцевыми спектрами лесного типа, в которых отмечается большая роль пыльцы *Betula* (до 22%), *Picea* (до 27%), регистрируется 2–3% пыльцы *Tsuga*. Пыльца широколиственных умеренных пород составляет 4–6%. В пыльце трав преобладает пыльца Cheno–Amaranthaceae (60–70% от пыльцы трав). В нижней части акчагыльских отложений в обр. 56 отмечается максимум пыльцы порядка *Ericales* с одновременным уменьшением роли пыльцы *Picea* до 2–3%.

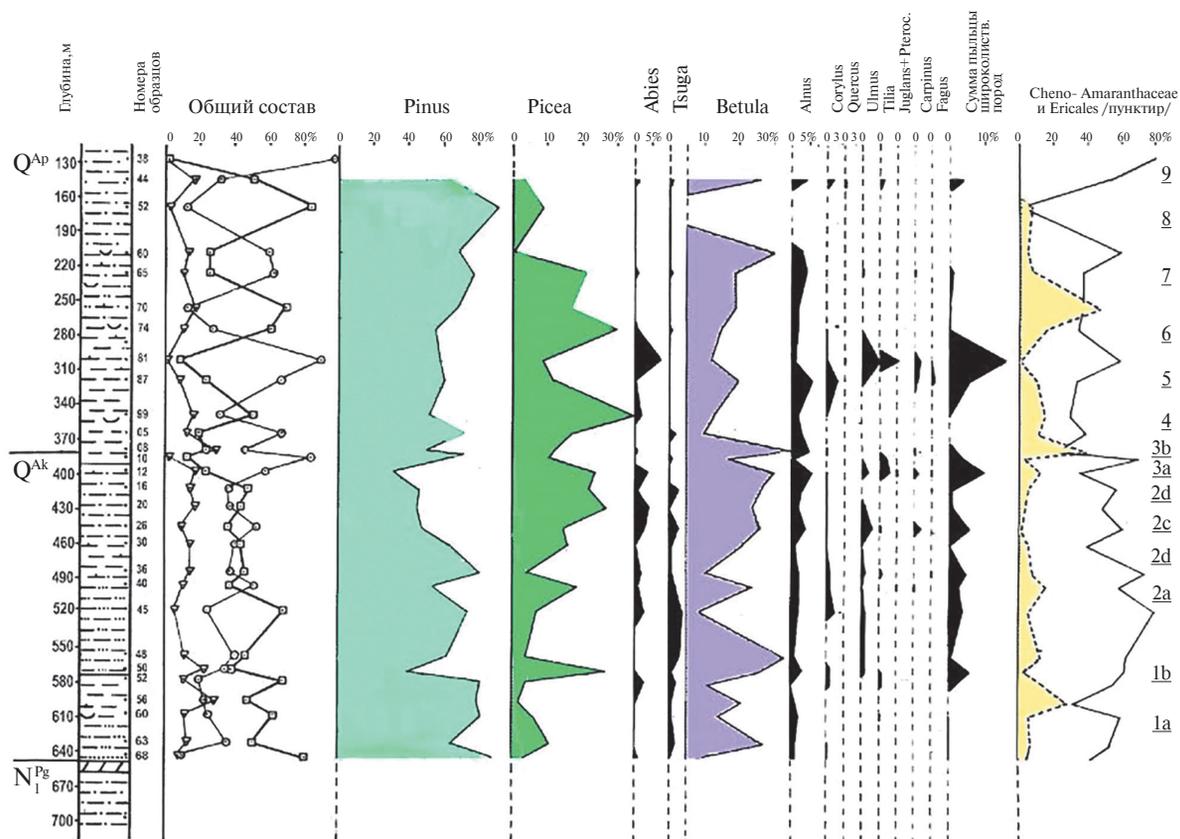
Для средней части акчагыльских отложений (559–415 м) выше обр. 52 СПС носят лесостепной характер, пыльца трав, особенно Cheno–Amaranthaceae, играет в них значительную роль. Увеличивается количество пыльцы широколиственных таксонов (*Quercus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Tilia*), появляются единичные зерна термофильных элементов дендрофлоры *Juglans* и *Pterocarya*. Сумма пыльцы *Picea* составляет 17–27%. Общее количество пыльцы *Tsuga* достигает 3–4%. Таксономический состав СПС средней части акчагыля указывает на более теплый климат, чем в эпоху накопления осадков в подошве исследованных отложений в этой скважине.

В верхней части акчагыльских отложений (393–385 м) выше обр. 12 (гл. 393 м) СПС резко изменяют свой характер. Уменьшается роль пыльцы широколиственных таксонов вплоть до полного ее исчезновения. СПС обр. 10 приобретает степной характер.

В целом акчагыльские отложения с достаточной степенью условности можно разделить на три части, отмечающие смену СПС лесного типа лесостепными, и появление в кровле акчагыля СПС степного типа.

*Апшеронские отложения* залегают на глубинах от 375 м до 125 м. В основании апшеронских отложений (375–355 м) продолжающаяся зона, отражающая остепнение, начавшаяся в конце акчагыля, быстро сменяется СПС лесного типа со значительным участием пыльцы широколиственных пород и *Abies*. Здесь в обр. 8 отмечается максимум пыльцы *Picea*, *Betula*, *Ericales*. Этот СПС подобен спектрам, установленным палинологом Л.С. Тюриной в апшероне Нижнего Поволжья (Тюрина, 1961).

В средней части апшеронских отложений (320–185 м) вновь преобладают СПС степного типа



**Рис. 2.** Спорово-пыльцевая диаграмма плио-плейстоценовых отложений скважины Аралсор. Литология колонки отображена песчано-глинистой толщей; индексы на колонке слева: Pg – палеоген; ak – акчагыл; ap – апшерон; цифры на диаграмме справа: 1a-9 – палинозоны. Общий состав сводной диаграммы: квадрат – процентное содержание пыльцы деревьев и кустарников; кружок – травы и кустарнички; треугольник – споры высших растений. Процентное содержание пыльцы и спор каждого таксона рассчитано по отношению к его содержанию в группе: таксоны деревьев и кустарников представлены в процентах от суммы деревьев и кустарников; таксоны трав и кустарничков – в процентах от суммы деревьев и кустарничков.

**Fig. 2.** Spore-pollen diagram of the Plio-Pleistocene deposits of the Aralsor borehole. The lithology of the column is represented by a sandy-clay stratum; indices on the column on the left: Pg – Paleogene; ak – Akchagylian; ap – Apsheronian; the numbers in the diagram on the right: 1a-9 – palinozones. The general composition of the summary diagram: square – the percentage of pollen of trees and shrubs; circle – grasses and shrubs; triangle – spores of higher plants. The percentage of pollen and spores of each taxon is calculated in relation to its content in the group: taxa of trees and shrubs are represented in% of the sum of trees and shrubs; taxa of grasses and small shrubs in% of the sum of trees and small shrubs.

(пыльцы трав до 63%) с доминированием пыльцы *Cheno-Amaranthaceae* (до 60% от общей суммы пыльцы трав). Среди представителей дендрофлоры присутствуют пыльца *Betula* (27%), *Picea* (21%), *Pinus* (78%). Участие пыльцы широколиственных таксонов очень незначительно (<1%).

Самая верхняя часть исследованных апшеронских отложений (185–125 м) представлена темноокрашенными глинами. Эти отложения характеризуются СПС лесного типа. Среди пыльцы древесных пород преобладает пыльца *Pinus*, участие пыльцы *Picea* незначительно. На глубине 130 м в обр. 38 пыльца древесных отсутствует; пыльца *Cheno-Amaranthaceae* составляет основную массу пыльцы трав (>80%).

Таким образом, по спорово-пыльцевым спектрам апшеронские отложения можно разделить на три части, причем по их нижней части предполагается существование сравнительно теплого климата, который, судя по спектрам в средней и верхней частях, сменился более холодным и сухим климатом.

Всего четыре раза влажные и теплые лесные ландшафты сменялись засушливыми и прохладными открытыми пространствами степей. Интересно отметить в подошве апшерона СПС, свидетельствующий о значительном похолодании климата и остепнении растительного покрова.

### 3.2. Палинозоны и климато-фитоценотические реконструкции

В изученной скважине Аралсор спорово-пыльцевые спектры *акчагыльских отложений* представлены СПС лесного типа, с заметным участием спор (до 20–28%). В нижней части этих отложений в спектрах отмечается максимум пыльцы *Betula*, *Ericales*, большое количество пыльцы маревых. Пыльца широколиственных таксонов встречается в виде единичных пыльцевых зерен (*Tilia*, *Corylus*). Пыльца трав играет небольшую роль (20–35%). Характер СПС этой части разреза указывает на сравнительно холодный и сухой климат, существование хвойных и березово-хвойных лесов во время отложения этой толщи. Судя по большому количеству пыльцы *Betula* в основании разреза, эти отложения можно сопоставить с осадками подакчагыльской толщи (кушумское время) Восточного Прикаспия (Naidina, Richards, 2020). Отложения так называемой кушумской свиты в древних долинах Волги и Урала, установленной по разрезам буровых скважин и названной так по реке Кушум, имеют преимущественно континентальный генезис и лишены характерных ископаемых.

Дальнейшее сравнение спорово-пыльцевых диаграмм показало, что слишком большая примесь хвойных к пыльце *Betula*, особенно пыльцы *Pinus*, а также отсутствие своеобразных комплексов пресноводных остракод в отложениях нижней части разреза Аралсор, не позволяют сопоставить изученный СПС в основании разреза с осадками подакчагыльской толщи Восточного Прикаспия.

Выше по разрезу СПС обр. 52 приобретает несколько иной характер: увеличивается количество пыльцы *Picea*, появляется пыльца широколиственных таксонов (*Corylus*, *Ulmus*, *Tilia*, *Juglans*, *Pterocarya*). Среди трав и кустарничков преобладает пыльца маревых. Пыльца *Tsuga* присутствует в заметных количествах по всему разрезу (до 6%). Все это свидетельствует об изменении климата в сторону потепления и некоторого увлажнения. В составе лесов отмечены широколиственные породы. Возможно, в конце этого периода наибольшее развитие получили пойменные леса с участием некоторых широколиственных таксонов (*Ulmus*, *Pterocarya*) и *Alnus*.

Для акчагыльских отложений по таксономическому составу СПС можно выделить снизу вверх по разрезу три палинозоны.

ПЗ 1а (651–559 м; образцы 68, 63, 60, 56, 52) — определяется в подошве акчагыла, характеризуется СПС лесного типа, отражающими лесную фазу в развитии растительности. Спектры почти без пыльцы широколиственных пород, отмечены максимумы пыльцы древесных *Betula* и трав

*Cheno—Amaranthaceae* и *Ericales*. Климат холодный, сравнительно сухой.

ПЗ 1b (559–510 м; образцы 50, 48, 45) характеризуется СПС лесного типа с появлением пыльцы широколиственных пород (*Ulmus*, *Corylus*, *Tilia* и др.). Возрастает роль пыльцы *Abies*. Больше пыльцы *Alnus*, *Tsuga* — до 1–4%. Много пыльцы *Cheno—Amaranthaceae*. Климат стал теплее, возможно, более влажным.

ПЗ 2а (510–490 м; образец 40) — выделяется по СПС лесостепного типа с примерно равным участием пыльцы древесных и травянистых таксонов, с большим количеством пыльцы маревых (до 60%). Среди пыльцы древесных пород наряду с максимумами пыльцы *Picea* и *Betula* отмечены зерна теплолюбивых широколиственных пород, включая *Juglans* и *Pterocarya*. Климат теплый, умеренно влажный.

ПЗ 2в (490–450 м; образцы 36, 30) содержит СПС лесостепного типа с участием *Pinus*, уменьшением количества *Picea*, *Betula*, присутствием *Abies*, *Tsuga*, *Alnus*, *Tilia*; количество пыльцы *Cheno—Amaranthaceae* уменьшается, достигая 40%. Климат становится прохладнее и суше.

ПЗ 2с (450–440 м; образец 26) включает СПС лесостепного типа. Возрастает количество пыльцы *Picea*, *Abies*, *Tsuga* и *Betula*; увеличивается количество пыльцы *Alnus* и широколиственных пород за счет *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*; среди трав пыльца *Cheno—Amaranthaceae* достигает 60%. Климат становится теплее и влажнее.

ПЗ 2d (440–410 м; образцы 16, 20) — отличается СПС лесостепного типа с уменьшением количества пыльцы широколиственных деревьев и возрастанием количества пыльцы *Picea*, *Abies*, *Betula*; количество пыльцы *Cheno—Amaranthaceae* достигает 60%. Климат становится прохладнее и суше.

ПЗ 3а (410–380 м; образцы 12, 10) выделяется в кровле акчагыла и характеризуется СПС степного типа, где количество пыльцы трав достигает 85%; пик пыльцы *Cheno—Amaranthaceae* достигает 75%. Сумма пыльцы широколиственных, включая *Ulmus*, *Tilia*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Carpinus*, *Fagus*, не превышает 10%. Климат умеренно-теплый.

Выделенный СПС степного типа из самой верхней части акчагыльских отложений разреза скважины Аралсор сходен с такими же спектрами Восточного Предкавказья (Маслова, 1965; Найдина, 1988; Naidina, Richards, 2016) и Северного Прикаспия (Naidina, Richards, 2020).

В целом акчагыльские отложения в изученной скважине характеризуются СПС лесного и лесостепного типов. Среди пыльцы древесных доминировали *Pinus*, *Picea*, *Betula* при участии пыльцы

*Tsuga* и присутствием пыльцы широколиственных пород довольно разнообразного родового состава.

Только в акчагыле отмечены пыльцевые зерна субтропических таксонов *Juglans* и *Pterocarya*, преобладавших в раннем плиоцене. Эти два теплолюбивых таксона относятся к американо-средиземноморско-азиатской фитогеографической группе дендрофлоры, и в апшеронских отложениях изученной скважины они не обнаружены.

Значительным было участие реликта – неогенового хвойного таксона *Tsuga*, в то время как в скважинах Восточного Прикаспия пыльца *Tsuga* отмечается в небольших количествах (не более 1–2% от всей пыльцы древесных пород) (Naidina, Richards, 2020).

Сопоставление спорово-пыльцевых спектров скважины Аралсор с данными по более южным районам указывает на некоторые колебания климата, причем не всегда эти изменения, отмеченные в ранее изученных скважинах северо-востока Прикаспия, можно полностью сопоставить друг с другом вследствие неполного отбора керна.

*Апшеронские отложения* довольно полно представлены в изученном разрезе скважины Аралсор. Нижнеапшеронские СПС лесного типа отражают похолодание: уменьшение роли пыльцы широколиственных пород до 1–4%, исчезновение ряда родов (*Castanea*, *Juglans*, *Pterocarya*, *Fagus*), уменьшение роли пыльцы *Tsuga*. Отмечается максимум пыльцы *Ericales* (до 25%). По сравнению с акчагылом уменьшается роль пыльцы *Picea*, *Betula* (20–25%). В пыльце трав и кустарничковых появляются единичные зерна *Ephedra* и *Artemisia*. В палиноспектрах этих отложений исчезает пыльца *Tsuga*, *Abies*, ряда широколиственных пород, уменьшается количество пыльцы вересковых.

В верхней части разреза скважины Аралсор в апшеронских отложениях преобладает пыльца маревых. Ее значительное количество отмечается также и в апшеронских отложениях Восточного Прикаспия и Северного Кавказа (Маслова, 1960; Naidina, Richards, 2016; 2020). Все эти особенности указывают на заметное изменение климата в сторону аридизации. В то же время большие количества могут свидетельствовать об увеличении засоленных площадей, занятых солончаковой растительностью.

Апшеронские отложения по таксономическому составу СПС делятся на шесть палинозон.

ПЗ 3b (380–350 м; образцы 8, 5) находится на границе с нижележащими акчагыльскими отложениями; характеризуется степными СПС. Для этих спектров отмечается большое количество пыльцы порядка *Ericales* (до 45%). Среди пыльцы древесных растений возрастает количество

пыльцы *Betula* и *Alnus*; пыльца *Tsuga* встречается в виде единичных зерен, также как и пыльца *Abies*. Пыльца широколиственных таксонов регистрируется в виде единичных пыльцевых зерен. Климат становится прохладнее и ариднее.

ПЗ 4 (350–338 м; образец 99) характеризуется СПС лесостепного облика, где максимум пыльцы *Picea* достигает 30%, количество широколиственных таксонов незначительно. Среди трав преобладают маревые и вересковые. Климат прохладный и более влажный.

ПЗ 5 (338–285 м; образцы 67, 61) выделена по двум СПС степного типа с возрастанием пыльцы *Cheno–Amaranthaceae* (до 60%). В интервале глубин 338–310 м обращает на себя внимание возрастание количества пыльцы *Corylus* (до 3%) и широколиственных пород, включая *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Fagus* (до 15%). Климат прохладный и более сухой.

ПЗ 6 (285–245 м; образцы 74, 70) характеризуется СПС лесного типа; наблюдаются пик пыльцы *Picea* (до 30%) и отсутствие пыльцы широколиственных пород; среди трав и кустарничков примечателен максимум пыльцы порядка *Ericales*. Последнее обстоятельство вообще очень характерно для спектров первой половины апшерона. Обилие пыльцы *Ericales* в основании апшеронских отложений, по данным Л.С. Тюриной, характерно для разрезов Нижнего Поволжья так же, как и незначительное участие пыльцы широколиственной дендрофлоры и максимум пыльцы *Picea* (Тюрина, 1961). Все эти особенности указывают на холодный и влажный климат по сравнению с акчагылом.

ПЗ 7 (245–195 м; образцы 65, 60) содержит два СПС степного типа с большим количеством пыльцы *Cheno–Amaranthaceae* (до 60%). Наряду с пылью травянистых маревых здесь отмечаются пыльца древесных хвойных *Pinus*, увеличение роли пыльцы *Picea*, *Betula*. Пыльца *Abies* и *Tsuga* почти совсем исчезают. Среди широколиственных таксонов обнаружены лишь единичные пыльцевые зерна *Ulmus* и *Carpinus*. Климат становится прохладнее и суше, наблюдается засоление почв.

ПЗ 8 (195–140 м; образцы 52, 44) включает два СПС лесного типа. Отличается максимумом пыльцы *Pinus*, присутствием пыльцы *Picea*, *Betula*, *Alnus*, *Corylus* и единичными зернами *Abies*, *Tsuga*. Сумма пыльцы широколиственных пород, включая *Quercus*, *Tilia*, не превышает 3% от общего числа подсчитанных зерен. Количество пыльцы трав <10%. Климат становится теплее и влажнее.

ПЗ 9 (140–125 м; образец 38) находится в самой верхней части разреза. На глубине 130 м выделен СПС степного типа, где количество пыльцы

Cheno—Amaranthaceae >80%. Регистрируются аридизация климата и засоление почв.

Состав палинофлоры и спорово-пыльцевых спектров плио-плейстоценовых отложений, вскрытых скважиной Аралсор, отражает растительность умеренного климата, занимавшую значительную территорию, с которой сносятся осадочный материал в Палеокаспий. Ряд исследований, в том числе (Naidina, 1999), показали, что СПС в морских осадках отражают интегрированное представление о растительности прилегающей суши и о климате региона. Исследования подтвердили, что состав СПС согласовывается достаточно точно с типами растительности суши, окружающей морской бассейн. Поэтому, интерпретируя состав СПС морских отложений, подразумевается состав растительности побережья.

Особенности состава плио-плейстоценовых СПС свидетельствуют об очень обширном бассейне сноса, так как присутствие в СПС таких разнородных представителей палинофлоры, как, с одной стороны, пыльцы ели, сосны, березы, и с другой — маревые, вяз, липа, дуб и другие широколиственные, свидетельствуют об очень разнообразном растительном покрове. Одновременное существование таких фитоценозов возможно только в том случае, если на севере бассейна сноса произрастали темнохвойные и лесотундровые, сосново-березовые леса, а на юге — широколиственные леса в долинах рек, степи и лесостепи.

Большое количество пыльцы ели и вересковых, а также присутствие пыльцы тсуги и пихты, позволяют предполагать существование в акчагыльское время значительных массивов темнохвойных лесов с вересковыми кустарничками. Пойменные леса, судя по количеству пыльцы ольхи и птерокарии, имели ограниченное распространение. Произрастали также светлохвойные сосновые и сосново-березовые леса, на юге — вместе с примесью широколиственных пород.

#### 4. ВЫВОДЫ

Спорово-пыльцевой анализ плио-плейстоценовых (акчагыл и апшерон) отложений позволил выделить спорово-пыльцевые спектры, девять палинозон и по их данным реконструировать растительность и климатические условия, необходимые для палиноклиматостратиграфии.

Спорово-пыльцевые спектры девяти выделенных палинозон свидетельствуют, что на протяжении всего периода формирования плио-плейстоценовых отложений, вскрытых скважиной Аралсор мощностью до 700 м, в равнинных ландшафтах центрального Прикаспия были развиты преимущественно лесные и лесостепные форма-

ции. В холодные и сухие этапы начала акчагыла доминировали сосново-березовые леса и степи. Во время существования более влажных и относительно теплых этапов акчагыла развивались хвойные леса с тсугой и примесью широколиственных элементов дендрофлоры. Холодным и сухим условиям соответствовало преобладание степных элементов, как маревые, развитие засоленных почв, а при похолоданиях и увлажнениях были развиты леса из темнохвойных пород с участием тсуги.

Выявлено, что в апшеронских отложениях преобладали спорово-пыльцевые спектры лесостепного и степного типов. Граница акчагыла и апшерона отмечается по смене лесных спорово-пыльцевых спектров степными. Максимум пыльцы вересковых, исчезновение пыльцы широколиственных пород и пихты и увеличение роли пыльцы сосны позволяют четко провести эту границу.

В целом установлено, что в начале акчагыла развивалось похолодание, в середине и в конце — потепление, на границе с апшероном — похолодание, при постоянных колебаниях влажности, очевидно, вследствие влияния неравномерного хода акчагыльской трансгрессии и регрессии Палеокаспия. Наблюдаются относительно частые чередования холодных/сухих и теплых/влажных климатических условий, характерных для четвертичного периода.

Обнаружено, что на протяжении акчагыла и апшерона в составе лесной флоры центрального Прикаспия резких изменений не происходило. Наблюдается лишь снижение участия термофильных элементов.

Палинологические данные свидетельствуют, что в акчагыльских отложениях разреза скважины Аралсор дендрофлора по составу таксонов древесно-кустарниковых растений, участию термофильных элементов и неогеновых реликтов, незначительно разнообразнее, чем флора эоплейстоцена.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Статья была подготовлена по теме государственного задания № АААА-А21-121011590055-6 Геологического института Российской академии наук.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Болиховская Н.С. (2002). Некоторые вопросы детальной климатостратиграфии и корреляции плейстоценовых отложений в свете палинологических данных. В сб.: *Методические аспекты палинологии*. М.: ИГИРГИ. С. 21–23.
- Васильев Ю.М. (1961). Антропоген южного Заволжья. *Труды геологического института АН СССР*. Вып. 49. 128 с.
- Гладенков Ю.Б., Тесаков А.С. (2023). О современной структуре четвертичной геологической системы.

- Стратиграфия. Геологическая корреляция*. Т. 31. № 5. С. 140–144.  
<https://doi.org/10.31857/S0869592X23050034>
- Гричук В.П. (1989). История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука. 182 с.
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д. (1948). Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз. 223 с.
- Жидовинов Н.Я., Курлаев В.И. (1971). Плиоценовые отложения Северного Прикаспия. В сб.: *Стратиграфия неогена востока Европейской части СССР*. М.: Недра. С. 169–180.
- Жидовинов Н.Я., Федкович З.Н., Коваленко Н.Д. (1995). Новые данные по стратиграфии верхнего плиоцена и эоплейстоцена Нижнего Поволжья и Северного Прикаспия. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. Т. 3. № 1. С. 73–80.
- Маслова И.В. (1960). Результаты изучения спорово-пыльцевых спектров плиоценовых и четвертичных отложений по керну Александрийской опорной скважины (район г. Кизляра). *Труды ВНИИГАЗ*. Вып. 10(18). С. 285–292.
- Маслова И.В. (1965). Спорово-пыльцевые спектры плиоцена некоторых разрезов центрального Прикаспия и изменения климата в акчагыле и апшероне. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический*. Т. 40. Вып. 4. С. 138–139.
- Найдина О.Д. (1988). Палинологическая характеристика акчагыльских отложений Терско-Сунженской нефтегазоносной области. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*. № 4. С. 72–78.
- Невесская Л.А., Коваленко Е.И., Белуженко Е.В. и др. (2004). Объяснительная записка к унифицированной региональной стратиграфической схеме неогеновых отложений Южных регионов Европейской части России. М.: Палеонтологический ин-т РАН. 90 с.
- Общая стратиграфическая шкала. [Электронный ресурс]. URL: [https://karpinskyinstitute.ru/ru/about/msk/str\\_scale/os\\_scale-03-24.pdf](https://karpinskyinstitute.ru/ru/about/msk/str_scale/os_scale-03-24.pdf) (дата обращения: 29.03.2024).
- Попов С.В., Головина Л.А., Палку Д.В. и др. (2023). Неоген Восточного Паратетиса: региональная шкала, опорные разрезы и проблемы корреляции. М.: Наука. 504 с.
- Сафронова И.Н. (2008). Еще раз к вопросу о границе между степной и пустынной зонами в Нижнем Поволжье. *Поволжский экологический журнал*. № 4. С. 334–343.
- Свиточ А.А. (2014). Большой Каспий: строение и история развития. М.: Изд-во Московского университета. 272 с.
- Тюрина Л.С. (1961). Спорово-пыльцевые характеристики четвертичных и верхнеплиоценовых отложений Низового Поволжья. В сб.: *Материалы Всесоюзного совещания по изучению четвертичного периода*. Т. 1. М.: Изд-во АН СССР. С. 288–295.
- Яхимович В.Л. (1965). Антропогеновые отложения Южного Предуралья. В сб.: *Антропоген Южного Урала*. М.: Наука. С. 8–53.
- Яхимович В.Л., Немкова В.К., Сулейманова Ф.И. и др. (1981). Плиоцен и плейстоцен Волго-Уральской области. М.: Наука. 175 с.
- Naidina O.D. (1999). Climatostratigraphic interpretations of the Upper Pliocene palynological data of the Southeastern East–European Plain. In: Wrenn J.H., Suc J.P., Leroy S.A.G (Eds.). *The Pliocene: Time of Change*. Dallas: AASP. P. 179–184.
- Naidina O.D., Richards K. (2016). Pollen evidence for Pliocene–Pleistocene vegetation and climate change in the North Caucasus, North-Western Caspian Region. *Quat. Int.* Vol. 409. Part A. P. 50–60.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.018>
- Naidina O.D., Richards K. (2020). The Akchagylian stage (late Pliocene – early Pleistocene) in the North Caspian Region: Pollen evidence for vegetation and climate change in the Urals–Emba region. *Quat. Int.* Vol. 540. P. 22–37.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.012>
- Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.S. et al. (2024). Geological and biotic context of the Plio–Pleistocene evolution of the Caucasus–Caspian Region (Akchagylian transgression). *Quat. Int.* Vol. 686–687. P. 120–141.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.03.011>
- Zastrozhnov A., Danukalova G., Osipova E. et al. (2024). Caspian transgressive-regressive cycles across the Lower Volga region during the Quaternary reconstructed from the borehole at Ulan-Khol (Kalmykia, Russia). *Quat. Int.* Vol. 686–687. P. 99–119.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.03.002>

# SPORE-POLLEN SPECTRA AND CONDITIONS OF FORMATION OF PLIO-PLEISTOCENE DEPOSITS NEAR LAKE ARALSOR IN THE CASPIAN LOWLAND<sup>1</sup>

O. D. Naidina<sup>a, #</sup>

<sup>a</sup> Geological Institute of the RAS, Moscow, Russia

<sup>#</sup> E-mail: onaidina@gmail.com

Based on the results of the spore-pollen analysis of the Aralsor borehole, which uncovered Akchagylian and Apsheronian deposits with a thickness of more than 640 m in the north of the Caspian lowland, determined by the lithology and fauna of the Caspian mollusks, a palinoclimatostratigraphic dissection of late Pliocene – early Pleistocene deposits was performed. The changes in landscape and climatic conditions that occurred during the accumulation of the studied Plio–Pleistocene sediments are reconstructed. It was found that at the beginning of Akchagylian, coniferous forests with heather and birch-pine forests with an admixture of broad-leaved, in places with salt marshes in the south, spread in conditions of cold and dry climate. Against the background of the Akchagylian gradual humidification and warming, dark coniferous forests with tsuga grew on the northern land areas adjacent to the Akchagylian Sea and pine-birch forests with an admixture of broadleaf in the south. The border of Akchagylian and Apsheronian is marked by the change of forest spore-pollen spectra by steppe spectra. Fluctuations, desiccation and cooling of the climate are observed during the Apsheronian, expressed in the development of treeless steppe phytocenoses. A detailed palynological analysis of the Akchagylian and Apsheronian deposits made it possible to identify groups of spore-pollen spectra and nine palinozones, reconstruct flora, vegetation and climatic conditions necessary for climatostratigraphy and further substantiation and improvement of the selected divisions of the quaternary system.

*Keywords:* late Pliocene; early Pleistocene; spore-pollen analysis; climatostratigraphy; flora; vegetation

## ACKNOWLEDGMENTS

This paper was prepared of the state assignment No. AAAA-A21-121011590055-6 of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences.

## REFERENCES

- Bolikhovskaya N.S. (2002). Some issues of detailed climatostratigraphy and correlation of Pleistocene deposits in the light of palynological data. In: *Metodologicheskie aspekty palinologii*. Moscow: IGIRGI (Publ.). P. 21–23. (in Russ.).
- Gladenkov Yu.B., Tesakov A.S. (2023). On the modern structure of the Quaternary geological system. *Stratigraphy and Geological Correlation*. Vol. 31. No. 5. P. 140–144. <https://doi.org/10.31857/S0869592X23050034>
- Grichuk V.P. (1989) *Istoriya flory i rastitelnosti Russkoi ravniny v pleistotsene* (The history of flora and vegetation of the Russian plain in the Pleistocene). Moscow: Nauka (Publ.). 182 p. (in Russ.).
- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. (1948). *Analiz iskopaemykh pyl'tsy i spor i ego primenenie v paleogeografii* (Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography). Moscow: Geografizdat Press (Publ.). 224 p. (in Russ.).
- Maslova I.V. (1960). Results of studying the spore-pollen spectra of Pliocene and Quaternary sediments from the core of the Alexandrian drillhole-core (Kizlyar district). *Trudy VNIIGAZ*. Vol. 10(18). P. 285–292. (in Russ.).
- Maslova I.V. (1965). Spore-pollen spectra of the Pliocene of some sections of the Central Caspian region and climate change in Akchagylian and Apsheronian. *Buletен' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Seriya Geologiya*. Vol. 40(4). P. 138–139. (in Russ.).
- Naidina O.D. (1988). Palynological characteristics of the Akchagylian deposits of the Tersk–the Sunzha oil and gas region. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 4. Geologiya*. No. 4. P. 72–78. (in Russ.).
- Naidina O.D. (1999). Climatostratigraphic interpretations of the Upper Pliocene palynological data of the Southeastern East European Plain. In: Wrenn J.H., Suc J.P., Leroy S.A.G (Eds.). *The Pliocene: Time of Change*. Dallas: AASP. P. 179–184.
- Naidina O.D., Richards K. (2016). Pollen evidence for Plio-Pleistocene vegetation and climate change in the North Caucasus, North-Western Caspian Region. *Quat. Int.* Vol. 409. Part A. P. 50–60. <https://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.018/>
- Naidina O.D., Richards K. (2020). The Akchagylian stage (late Pliocene–early Pleistocene) in the North Caspian Region: Pollen evidence for vegetation and climate change in the Urals–Emba region. *Quat. Int.* Vol. 540. P. 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.012>
- <sup>1</sup> For citation: Naidina O.D. (2025). Spore-pollen spectra and conditions of formation of Plio-Pleistocene deposits near Lake Aralsor in the Caspian Lowland. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*. Vol. 56. No. 1. P. 30–40. (in Russ). <https://doi.org/10.31857/S2949178925010027>; <https://elibrary.ru/DODDEP>

- Neveskaya L.A., Kovalenko E.I., Beluzhenko E.V. et al. (2004). Ob"yasnitelnaya zapiska k Unifitsirovannoi regional'noi stratigraficheskoi scheme neogenovykh otlozhenii Yuzhnykh regionov Evropeiskoi chasti Rossii (Explanatory note to the unified regional stratigraphic scheme of Neogene deposits of the Southern regions of the European part of Russia). Moscow: Paleontological Institute RAS (Publ.). 90 p. (in Russ.).
- Obshchaya stratigraficheskaya shkala (General stratigraphic scale). [Electronic data]. [https://karpinskyinstitute.ru/ru/about/mask/str\\_scale/os\\_scale-03-24.pdf](https://karpinskyinstitute.ru/ru/about/mask/str_scale/os_scale-03-24.pdf) (access date: 29.03.2024).
- Popov S.V., Golovina L.A., Palku D.V. et al. (2023). Neogen Vostochnogo Paratetisa: regoiyarusnaya shkala, opornye razrezy i problemy korrelyatsii (Neogene of the Eastern Parathetis: regional scale, reference sections and correlation problems). Moscow: RAS (Publ.). 504 p. (in Russ.).
- Safronova I.N. (2008). Once again, to the question of the border between the steppe and desert zones in the Lower Volga region. *Volga Ecological J.* No. 4. P. 334–343. (in Russ.).
- Svitoch A.A. (2014). Bolshoi Kaspii: stroenie i istoriya razvitiya (The Great Caspian Sea: Structure and History). Moscow: MGU (Publ.). 272 p. (in Russ.).
- Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.S. et al. (2024). Geological and biotic context of the Plio-Pleistocene evolution of the Caucasus-Caspian Region (Akchagylian transgression) *Quat. Int.* Vol. 686–687. P. 120–141. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.03.011>
- Tyurina L.S. (1961). Spore-pollen characteristics of Quaternary and Upper Pliocene sediments of the Lower Volga region. In: *Materialy Vsesoyuznogo soveshaniya po izucheniyu chetvertichnogo peioda*. Vol. I. Moscow: AN SSSR (Publ.). P. 288–295. (in Russ.).
- Vasiliev Yu.M. (1961). Anthropogen of the southern Volga region. *Trudy Geologicheskogo instituta AN SSSR*. No. 49. 128 p. (in Russ.).
- Yakhimovich V.L. (1965). Anthropogenic deposits of the Southern Urals. In: *Antropogen Yuzhnogo Urala*. Moscow: Nauka (Publ.). P. 8–53. (in Russ.).
- Yakhimovich V.L., Nemkova V.K., Suleymanova F.I. et al. (1981). Pliotsen i Pleistotsen Volgo-Uralskoi oblasti (The Pliocene and Pleistocene of the Volga – the Ural region). Moscow: Nauka (Publ.). 175 p. (in Russ.).
- Zastrozhnov A., Danukalova G., Osipova E. et al. (2024). Caspian transgressive-regressive cycles across the Lower Volga region during the Quaternary reconstructed from the borehole at Ulan-Khol (Kalmykia, Russia). *Quat. Int.* Vol. 686–687. P. 99–119. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.03.002>
- Zhidovinov N.Ya., Kurlaev V.I. (1971). Pliocene deposits of the Northern Caspian region. In: *Stratigrafiya Neogena vostoka Evropeiskoi chasti SSSR*. Moscow: Nauka (Publ.). P. 169–180. (in Russ.).
- Zhidovinov N.Ya., Fedkovich Z.N., Kovalenko N.D. (1995). New data on the stratigraphy of the Upper Pliocene and Eopleistocene of the Lower Volga Region and the Northern Caspian region. *Stratigraphy and Geological Correlation*. Vol. 3. No. 1. P. 73–80.