

## ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ ПАЛЕО-УЛУГ-ХЕМА С БАССЕЙНАМИ РЕК МОНГОЛИИ И АМУРОМ

© 2021 г. В. И. Забелин<sup>а</sup>, \*, В. В. Заика<sup>а</sup>, \*\*

<sup>а</sup>Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Кызыл, Россия

\*E-mail: zabelinvi@mail.ru

\*\*E-mail: odonta@mail.ru

Поступила в редакцию 07.08.2019 г.

После доработки 09.12.2020 г.

Принята к публикации 09.01.2021 г.

Статья посвящена анализу древней гидросети сопредельных регионов Тувы и Монголии. Согласно опубликованным данным и собранным авторами полевым материалам, прорыв р. Улуг-Хем (верховьями собственно р. Енисей) хребта Западный Саян произошел в плейстоцене в связи с поднятием хребта Танну-Ола. До этого времени, начиная с юрской относительно влажной эпохи, долина Палео-Улуг-Хема из юго-западной части Тувинского прогиба была направлена на юг в Западную Монголию, а оттуда река текла на юго-восток и восток страны через Гобийские впадины в бассейн Амура. В неогене в связи с опусканием Убсу-Нурской впадины Палео-Улуг-Хем впадал в систему Селенги. Доказательством перестроек речной сети служат данные палеогеографии, литологии, палеонтологии и зоогеографии. Проведенные исследования показали, что в изучаемой проблеме существует ряд дискуссионных и недостаточно проработанных вопросов и что дальнейшее развитие работ в этом направлении даст определенный материал для более полного раскрытия механизма формирования древней гидросети региона.

*Ключевые слова:* палеогеография, зоогеография, Палео-Улуг-Хем, Западный Саян, эоплейстоцен, Танну-Ола, юрский и меловой периоды, неоген, Монголия, бассейн Амура

**DOI:** 10.31857/S0869607121010079

### ВВЕДЕНИЕ

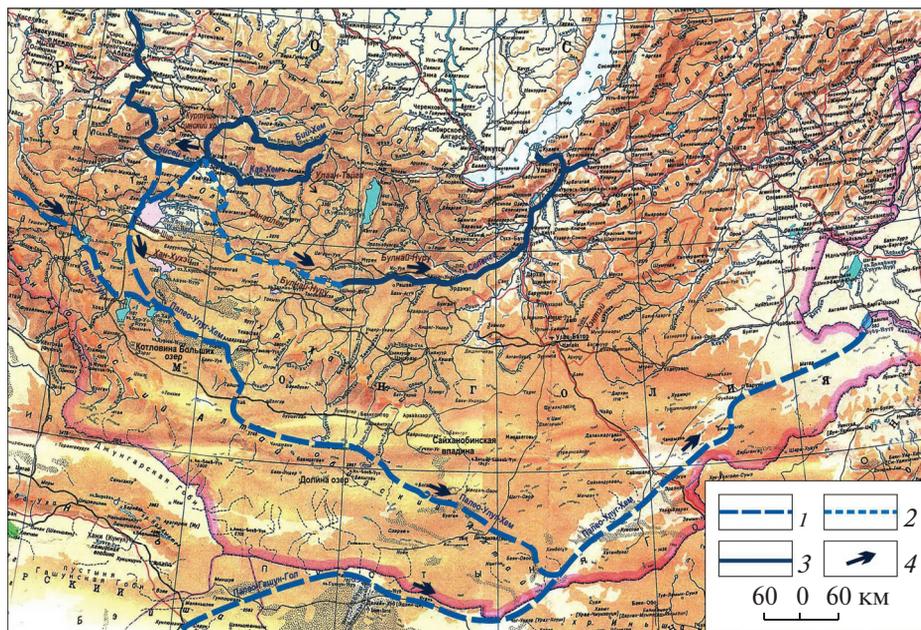
Территория Тувы характеризуется широким развитием речной сети, относящейся преимущественно к бассейну Северного Ледовитого океана. Главная водная артерия представлена р. Улуг-Хем, составляющей верховья р. Енисей. Многочисленными притоками она омывает склоны Тувинской межгорной котловины и выходит за ее пределы узким глубоким ущельем, прорезающим хребет Куртушибинский системы Западного Саяна. Предположение о прошлой гидрографической связи бассейнов Верхнего Енисея и расположенной к югу Убсу-Нурской котловины впервые было высказано Х. Баклундом и Х. Хаусеном, работавшими в 1917–1918 гг. в составе финской геологической экспедиции в ряде районов Тувы, в том числе в области водораздела Бий-Хема и Тес-Хема. Позже к их мнению присоединилась З.А. Лебедева, производившая маршрутные геологические исследования в Улуг-Хемской и Хемчикской котловинах, на хребте Танну-Ола и в восточной части Тувы в 1926–1929 гг. На основании собранных ею материалов, она пришла к выводу, что “гидрографическая система

Верхнего Енисея имела связь с областью Монголии” и она прервалась с поднятием Танну-Ола, “которое произошло после первого оледенения” [13, с. 262]. Эта точка зрения была поддержана затем Л.Д. Шорыгиной [31, с. 202], П.П. Тимофеевым [28, с. 68], И.С. Гудилиным [4, с. 419], В.Ф. Шуваловым [32, с. 44] и др., но была подвергнута сомнению В.Н. Крестниковым и Г.И. Рейснером [12, с. 1381], и все же накопленный за последние полвека материал позволяет утверждать, что перестройка древней гидрографической сети Тувинской межгорной котловины и связь с котловинами Монголии в период с юры по антропоген имела место. Ее временные этапы в связи с геологическими, тектоническими, климатическими и другими факторами рассмотрены ниже.

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ ТУВИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

**Юрский период** в истории геологического развития Тувы характеризовался тенденцией к общему воздыманию территории и формированием внутриконтинентальных относительно грубообломочных осадков в обширной Улуг-Хемской впадине, являющейся частью Тувинского девонского прогиба. Прогиб выполнен преимущественно пестроцветными континентальными толщами девона, карбона, юры, третичными и четвертичными отложениями, а подстилают их преимущественно эффузивы раннего и среднего девона. Почти на всем протяжении прогиба к его осевой части приурочены многочисленные мульды, выполненные отложениями карбона, а некоторые также осадками юры и в незначительной степени — перми. Все они угленосны, что свидетельствует об их континентальном происхождении и накоплении в относительно влажные климатические эпохи [3, с. 97]. В частности, в нижнеюрскую эпоху в Туве преобладал теплый гумидный климат, к средней юре он сменился умеренно-теплым и влажным, благоприятным для углеобразования в болотистых низинах. Начавшаяся во второй половине средней юры засушливость повлекла за собой прекращение угленакпления, а в поздней юре и в начале мела (бомская свита) привела к образованию красноцветных отложений.

Территориально прогиб занимает площадь 300 на 50 км, он вытянут с северо-востока на юго-запад и помимо Улуг-Хемской котловины включает в себя также осевую часть и склоны хребта Танну-Ола с бассейнами рр. Элегест, Северный и Южный Торгалык, Хандагайты и Саглы. В юго-западном направлении он простирается на территорию Северо-Западной Монголии в виде полосы шириной около 125 км. В рассматриваемый период территория прогиба была сушей и представляла собой относительно стабильную слабобасченную область накопления осадков, сносимых с участков денудации существовавших тогда низких и средневысоких гор Восточного Саяна, Сангилена и Куртушибинского хребта. Доказательством тому служит распределение фаций по площади и разрезу, при котором аллювиальные конгломераты, гравелиты и песчаники в юго-западном направлении, т.е. в сторону Монголии, постепенно замещаются аллювиально-бассейновыми и озерно-болотными отложениями; при этом снижается вертикальная граница развития аллювия и углесодержащих пород в разрезе юрских отложений и увеличивается степень их угленосности [28, с. 57–72.]. Речной сток Палео-Улуг-Хема в восточной части Тувинского прогиба был направлен преимущественно на запад, в западной — на юго-запад в северную часть Западной Монголии. Предполагается, что река спокойно текла несколькими меандрирующими потоками по плоскому дну широких, местами заболоченных долин, вынося рыхлый денудационный материал за пределы Тувы [2, с. 418]. Установлено, что уже в Западной Монголии преимущественное юго-западное направление стока изменялось на юго-восточное, а основным поставщиком денудационного материала были поднятия со стороны Алтая, Саян и Сангилена, по которым в то время проходил главный водораздел. Возможно, самым крупным правым притоком Палео-Улуг-Хема была Палео-Чуя, теку-



**Рис. 1.** Эволюция гидросети Тувы и Монголии. Гидросеть: 1 – в юрском и меловом периодах, 2 – в неогене; 3 – современное положение рр. Енисей и Селенга; 4 – направление течения.

**Fig. 1.** Evolution of the hydrographic network of Tuva and Mongolia. Hydrographic network: 1 – in the Jurassic and Cretaceous periods, 2 – in the Neogene; 3 – the current position of the Yenisei and the Selenga rivers; 4 – direction of river flow.

щая с поднятий Горного Алтая в направлении, близком к теперешней долине р. Ховд (рис. 1).

В Монголии юрские отложения имеют широкое распространение: от северо-запада страны, Хангайского нагорья, Гобийского Алтая, Средней и Восточной Гоби до ее крайних восточных районов. Они представлены двумя комплексами пород, разделенными региональным несогласием: складчатыми сероцветными угленосными моласоидными образованиями раннего этапа мезозойской активизации (нижняя–средняя юра) и дислоцированными пестроцветными и красноцветными осадочными и вулканогенно-осадочными образованиями позднего этапа мезозойской активизации (верхняя юра–нижний мел) [7, с. 166]. Заметное сходство угленосных отложений нижней–средней юры Западной Монголии и среднеюрской эрбекской свиты Улуг-Хемской котловины обнаруживается по литологии и по ассоциации растительных остатков [29, с. 393–418]. В верхней части комплекса обоих регионов найдены остатки костей динозавров: завропод в Дарбийн-Нуру и птицетазовых (гипсифодонт и стегозавр) – в Калбак-Кыры (Центральная Тува) [9, с. 189–190]. В.В. Жерихин по данным изучения ископаемых насекомых и малакофауне нижней–средней юры выделяет Тувинскую провинцию, охватывающую территорию Тувинского межгорного прогиба и Северо-Западной Монголии. Эта фауна содержит индо-европейские элементы и на видовом уровне значительно отличается от обитавшей в более северных регионах. По его мнению, “речная система Тувы и Западной Монголии имела сток к югу; палеогеографические данные подтверждают ее связь с реками Средней Азии и Синцзяна” [8, с. 189–190, 201]. По материалам Г.Г. Мартинсона, по составу и комплексу малакофауны отложения ниж-

ней и средней юры Западной Монголии близки аналогичным образованиям ее северных районов, прилегающих к Туве (Каргинская впадина, юг Цаган-Шибету), и Улуг-Хемской котловины. В частности, им указаны такие формы как *Ferganoconcha sibirica* Tschern., *F. tomiensis* Rag., *Sibireconcha* sp., *Bithynia* sp. и др. [16, с. 271]. Особый интерес представляли собой находки в юрских образованиях Тувы гастропод *Viviparus* и *Galba*, “позволяющие сопоставлять эту толщу с позднеюрскими и даже раннемеловыми отложениями Забайкалья и бассейна р. Амур [3, с. 56], а находки пластинчатожаберных *Pseudocardinia turfanensis* Martins. и *Pseudocardinia asiatica* (Tschernyschew) – с озерными среднеюрскими осадками соответственно Западного Китая и Ферганы [14, с. 37–38]. Вероятно, эти формы проникли по водотокам типа Палео-Гашун-Гола системы связанных между собой Тянь-Шанско-Южно-Монгольских аллювиальных равнин, к которой с севера примыкала долина Палео-Улуг-Хема [9, с. 192].

Юрские отложения Монголии формировались по системам сравнительно узких межгорных и внутригорных речных и озерных впадин, огибающих с юга по дуге длиной около 2 тыс. км Хангай-Хэнтейские поднятия [30, с. 1427]. При этом в ранней юре превалировал рельеф озерно-аллювиальных равнин и шло накопление сероцветных конгломератов с прослоями косослоистых гравелитов и песчаников. Позже, в среднеюрское время в условиях равнинного аккумулятивного рельефа в осадконакоплении стало преобладать образование тонкозернистых сероцветных песчаников и аргиллитов с прослоями углей, но к концу этого периода вследствие начавшейся аридизации осадконакопление прекратилось. Согласно палеогеографическим реконструкциям В.Ф. Шувалова, снос материала из областей денудации осуществлялся по системе озерных впадин и аллювиальных равнин от Котловины Больших Озер на северо-западе через Долину Озер в центре Монголии на ее крайний северо-восток. В центре дуги возникла наиболее крупная ранне-среднеюрская Сайханобинская впадина, южнее которой располагалась субширотная цепь депрессий Южной Гоби, по которым на северо-восток протекала большая река в район современного оз. Буир-Нур. “Несомненно, что Тувинская (Улуг-Хемская) и Каргинская впадины имели в то время связь с впадинами Предалтайской зоны Монголии, соединявшимися с депрессиями Центральной Монголии, через которые далее сток был направлен к северо-востоку по Предхэнтейской зоне к морскому заливу Монголо-Охотского бассейна”, существовавшему тогда в низовьях нынешней р. Онон [32, с. 44, рис. 1; 33, с. 210–213]. Таким образом, климатические условия и устройство рельефа на протяжении ранней и средней юры способствовали стоку вод Палео-Улуг-Хема по территории Тувы и Монголии в залив Монголо-Охотского моря, проникавшего в начале юры в восточную часть Монголии и вследствие последующей регрессии создавшего основы речной системы Амура.

**Меловой период.** В конце юры на территории Тувы и Западной Монголии в результате активизации тектонических процессов возникли новые горные сооружения и межгорные впадины. Хангайское поднятие соединилось вдоль Хан-Хухэйского разлома субширотной полосой низких гор с Монголо-Алтайским поднятием, а к северу от нынешнего хребта Хан-Хухэй начала формироваться обширная Убсу-Нурская впадина, что, по-видимому, ограничило сток Палео-Улуг-Хема на юг. Кроме того, с началом аридизации в поздней юре и резким снижением обводненности территории изменился и характер осадконакопления. Крупные водотоки, каковым был Палео-Улуг-Хем, потеряли свое значение в эрозионном расчленении поднятий и переносе больших масс аллювиального материала. Во впадинах Монголии в начале мелового периода накапливались преимущественно субэральные плохо отсортированные пролювиальные и аллювиально-пролювиальные толщи и формировалось большое количество озер. Теплый гумидный климат конца раннего мела способствовал возникновению речных систем и эрозионному расчленению поднятий. К концу этой эпохи речная аккумуляция стала преобладать над озерной, хотя для Западной Монголии бы-

ли более характерны конечные изолированные водоемы с повышенной соленостью. Общность родового и отчасти видового состава раннемеловой озерной фауны Монголии, Казахстана, Средней Азии, Забайкалья и Китая свидетельствовала о вероятном существовании речных связей между озерными системами этих регионов [16, с. 273; 22; 33, с. 223]. Отсутствие меловых отложений не позволяло включить Туву в их число, однако не исключало существование в неокме (нижний мел) стока Палео-Улуг-Хема на юго-восток в условиях равнинно-мелкосопочного рельефа к западу от теперешнего оз. Убсу-Нур [32, рис. 3]. Имеются данные о речной аккумуляции, сформировавшей в верхах раннего мела Западной Монголии мощные толщи (до 500 м и более) косослоистых песчаников и гравелитов с дальнепринесенной галькой и остатками древесины [33, с. 226], но коррелирует ли она каким-то образом с Палео-Улуг-Хемом, остается неясным. Существование речной связи Улуг-Хемской впадины с озерными системами Монголии, когда они получили необычайно широкое развитие в конце раннего мела и в позднем мелу в южных и восточных районах страны, также проблематично. Среди ископаемой фауны озерных систем массовыми были моллюски, среди которых отмечены формы, характерные для Дальнего Востока и Северо-Восточного Китая, в частности *Plicatounio*, *Cuneopsis*, *Viviparus*, *Campeloma*. Находки этих форм свидетельствовали о существовании в то время широких связей между центральноазиатскими и восточноазиатскими водными системами [15, с. 10]. Связи продолжали существовать в течение всего мелового периода, пока на равнинной территории современной Котловины Больших Озер в сторону Долины Озер и далее на обширной озерно-аллювиальной впадине вплоть до Восточной Монголии протекали реки с преимущественным направлением сноса обломочного материала на юго-восток [32, с. 76]. Однако подобные условия сложились лишь на территории Монголии. В Туве в результате действия экзогенных процессов и аридизации рельеф был значительно выровнен, масштабы переноса рыхлого материала в мелу по сравнению с юрским периодом существенно снизились. Образований мелового возраста здесь практически не сохранилось (кроме проблематичной, фаунистически не охарактеризованной бомской свиты), и это не дает возможности провести сопоставление геологических и палеонтологических материалов с меловыми отложениями Монголии.

**Палеогеновый этап**, как и предыдущий меловой, характеризуется платформенным типом развития рельефа, когда перепады высот мягкого пологого рельефа не превышали полукилометра. Климат был жарким и сухим, способствующим развитию кор выветривания. К концу палеогена в результате тектонических движений началось обособление пологих поднятий, в частности Танну-Ольского, служившего областью денудационного сноса, и продолжилось формирование впадин, подобных Убсу-Нурской, в которой происходила аккумуляция обломочного пролювиального и аллювиального материала. Палеогеновые отложения развиты в Туве крайне локально. В частности, к ним в Убсу-Нурской впадине отнесены озерно-аллювиальные пестроцветные осадки эоцена, образовавшиеся за счет переотложения мел-палеогеновой коры выветривания (кургакская свита), и грубообломочные пролювиальные красные отложения олигоцена (орохингольская свита) [17, с. 52–60], в которых среди суглинков и песков содержится примесь щебня и гальки, заимствованной из находящихся в осевой части хребта Танну-Ола палеозойских конгломератов. Эти отложения, изученные по р. Холу, составляли “нижний обломочный горизонт” [31, с. 169]. В Тувинской котловине к позднему олигоцену–началу миоцена отнесена валунно-галечниковая устю-ишкинская свита (аллювий Пра-Хемчика) и близкая по составу и возрасту кургакской свите карасугская толща [17, с. 45–67]. Последние наряду с сохранившимися остатками древней гидрографической сети того периода [12, с. 897] могут являться доказательством связи Убсу-Нурской и Тувинской впадин.

В конце палеогена–начале неогена опускание Убсу-Нурской впадины привело к существенной перестройке речной сети. Предполагается, что Палео-Улуг-Хем, не те-

ряя прежнего своего направления на юг, стал переливаться некоторыми своими рукавами из Тувинской котловины в Убсу-Нурскую. В частности — по денудационным поверхностям выравнивания, развитым на вторичных водоразделах хребтов Восточного Танну-Ола (древним долинам рр. Холь-Оожу, Деспен, Холу, Ирбитей) и Западного Танну-Ола (рр. Торгалык, Улатай, Бора-Шей) [24, с. 17]. Далее река следовала широкой аллювиальной долиной, занимаемой ныне р. Тес-Хем, на восток в район оз. Сангийн-Далай-Нур и здесь соединялась с бассейном р. Селенги долиной крупной реки, которая в позднем мелу “располагалась между Хангаем и Прихубсугульем и несла свои воды на северо-восток” [32, с. 78]. Эта река была приурочена к широтной системе впадин вдоль регионального Хан-Хухэйского разлома и существовала до начала формирования поднятия между хребтами Булнай-Нуру и Улаан-Тайга [26, с. 132, 133], окончательное становление которого как высокогорной области переориентировало в верхнем плейстоцене речной сток на запад в депрессионную зону Убсу-Нурской впадины.

**Неогеновый этап**, образования которого широко представлены во многих районах Тувы, характеризовался повсеместным медленным поднятием территории при одновременном прогибании Тувинской котловины и крупных впадин Котловины Больших Озер, включая и Убсу-Нурскую. Вновь возникла озерно-речная система, вероятно уже не связанная с Юго-Восточной Монголией. Сообщение бассейнов Тувинской и Убсу-Нурской котловин не прерывалось [2, с. 419].

Среди неогеновых отложений Тувы наибольший интерес представляют хорошо изученные толщи хольской серии позднего миоцена—среднего плиоцена с малакофауной преимущественно восточноазиатского происхождения. Находящиеся в северной части Убсу-Нурской котловины у подножья хребта Восточный Танну-Ола отложения данной серии представлены субаквальными осадками, вскрытыми эрозионными обрывами р. Холу и двумя оврагами. В нижней пачке глинисто-алевритовой озерной толщи, залегающей выше палеогенового красноцветного “нижнего обломочного горизонта” и названной кунеопсисовой по встреченным в ней моллюскам рода *Cuneopsis sp.*, *Potomida? despensis* S. Попова, *Baicalia? shoryginae* S. Попова и др., отмечается отличие от фауны аналогичных осадков Прииргышья (тархатинская и туеркская свиты) из-за существования климатического и орографического барьера. Моллюски залегающей выше синотаевой толщи менее теплолюбивы и среди них широко представлены роды *Nodularia* и *Unio*, а также немало видов, тождественных современным, в частности *Gyraulus sp.*, обитающий в настоящее время в оз. Торе-Холь. Геологическим доказательством возникновения орографического барьера служит накопление “обломочного горизонта”, обусловленного оживлением тектонических движений хр. Танну-Ола и выносом материала по речным долинам, связывающим Центрально-Тувинскую и Убсу-Нурскую впадины, в частности по системе Шагонар—Убур (Южный Торгалык) и верховья Элегеста—Холу [20, с. 237–239; 30, с. 170, 201–202]. По составу фаун моллюсков и рыб синотаевая толща хольской свиты Тувы близка к пачке А свиты Хиргис-Нур Западной Монголии; для них обеих реконструируются условия проточного водоема типа Палео-Улуг-Хема с чистой пресной водой [5, с. 33–35, 45; 27, с. 49–56].

Стратиграфически выше хольской серии располагается верхняя красноцветная толща, включающая в себя выветрелый аллювий, относимый к нижнему плиоцену. Он слагает террасы р. Диргиш — притока р. Холу, выполняет пологую котловину на водоразделе Холу—Улуг-Сайлыг хребта Восточный Танну-Ола, развит в бассейне р. Дурген и отложен руслами рек, текущих на юг в Убсу-Нурскую впадину [23, с. 67–69; 31, с. 174, 178]. Среднеплиоценовый возраст имеют изученные в этом же районе грубообломочные отложения хову-аксинской и биче-серлигской свит, но они имеют пролювиальный генезис [17, с. 146–152] и, по-видимому, знаменуют собой начало поднятий этой части Восточного Танну-Ола. В то же время в пределах сочленения Восточного Танну-Ола с Сангиленом в нижнем-среднем плиоцене перестройки гидро-

графической сети не происходило, что доказывается накоплением аллювия верхнеплиоценового–эоплейстоценового возраста в реликтовой эрозионной ложбине на месте современного перевала Чаа-Ова-Арт [17, с. 152–153]. В осмотренном нами обнажении здесь наблюдается неоднократно описанная ранее толща галечников в переслаивании с косослоистыми и горизонтально залегающими разнозернистыми песками общей видимой мощностью около 25 м (Чаа-Ова-Артская свита). Обнажение находится на абсолютной высоте 1460 м и поднято над долиной р. Шурмак, с которой оно связано орографически, на 400 м. В Убсу-Нурской впадине аналогичные отложения описаны на левобережье р. Эрзин и выделены под названием улан-дагской пролювиально-аллювиальной свиты, коррелируемой с осадками свиты туин-гол Котловины Больших Озер [17, с. 164–168].

В целом, тектонические движения в неогене и в особенности на границе его с антропогеном привели к существенной перестройке рельефа и началу его формирования в основных чертах, близких к современным. Речной сток в Убсу-Нурскую впадину из Тувы к концу неогена полностью прекратился в западной части хр. Танну-Ола, но еще оставался на его восточном фланге.

**Антропогеновый этап**, наиболее значимый в формировании современного рельефа, начался с интенсивных тектонических движений, что привело к обособлению горстовых массивов и грабенов. Если до начала эоплейстоценовых движений относительные превышения рельефа были не более 300–500 м, то в плейстоцене поднятия Танну-Ола достигли 1500–2000 м, днища Тувинской впадины – 200–300 м, а Убсу-Нурской котловины – даже 500 м [3, с. 421]. Наступившее еще в плиоцене похолодание благоприятствовало развитию оледенений в Туве, проявившихся в основном в среднем и верхнем плейстоцене. Все эти факторы существенным образом повлияли на преобразование речной сети, в частности на появление новых русел и отмирание старых [11, с. 933; 20, с. 65]. Реликтом одного из последних русел водотока, текущего из Тувинской впадины в Убсу-Нурскую, является кускунуг-хемский аллювий, описанный в 2 км к югу от перевала Чаа-Ова-Арт. Он залегает с размывом на аллювиальных галечниках и песках чаа-ова-артской свиты и в нижней части разреза представлен существенно глинистой пойменной фацией и в верхней – грубообломочной русловой. Его возраст – эоплейстоцен–нижний плейстоцен [17, с. 175–176], и, как и подстилающая свита, он свидетельствует о бывшей гидрографической связи широких долин р. Шурмак (Тувинская впадина) и р. Самагалтай (Убсу-Нурская впадина), разделенных ныне поднятием – хребтом, возвышающимся над окружающей местностью почти на полкилометра. В это время в пределах уже формирующегося поднятия Западный Танну-Ола речная сеть начала развиваться с истоком на север, внутрь Тувинской впадины. Примером тому служит швелигская преимущественно аллювиальная толща в бассейне р. Хуле, где большинство уплощенных обломков определенно свидетельствует о северном направлении речного потока [17, с. 177].

Крупным событием в истории развития Тувинской и Убсу-Нурской впадин стало оледенение в обрамляющих горных хребтах и связанное с ним обводнение впадин. Максимальная трансгрессия, произошедшая в среднем плейстоцене и связанная с самаровским оледенением на Алтае и Хангае, привела к возникновению огромного Хиргисского водоема с максимальным уровнем 1260 м и вероятным стоком в оз. Убсу-Нур, имевшее тогда максимальную отметку около 1180 м и занимавшее площадь в 6 раз больше современного (в восточном направлении установлено простираие до оз. Торе-Холь) [19, с. 146–148]. Эта связь была прервана в конце среднего плейстоцена, когда в результате интенсивных тектонических движений возникла преграда в виде поднятий гор Тогтохин-Шил на северо-западе – продолжения хребта Хан-Хухэй [34, р. 240]. Река Дзабхан, подобно другим рекам, стекающим с южного склона Хангайского хребта, в среднем плейстоцене текла на юг в Гобийскую озерную котловину, а не на северо-запад, как сейчас [18, с. 377]. В верхнем плейстоцене максимальный уро-

вень стояния воды в оз. Хиргис-Нур снизился до 1180 м, а оз. Убсу-Нур — до 960 м [6, с. 162—166] и в настоящее время составляет соответственно 1028 и 759 м. Предполагается, что с регрессией оз. Убсу-Нур, воздыманием дна Тувинской впадины до уровня 550—650 м, интенсивным поднятием Танну-Ола и Хангая и связанным с ним существенным изменением базиса эрозии гидрографическая связь Тувинской и Убсу-Нурской впадин прервалась полностью. Распалась и система крупных озер Западной Монголии, воды которой прежде текли в бассейн Амура [24, с. 322]. Бывший речной сток из Убсу-Нурской впадины на восток в систему Селенги сменился на обратный и бессточная озерная котловина с верхнего плейстоцена стала орошаться преимущественно р. Тесийн-Гол (Тес-Хем). Свидетельством молодости ее речной эрозии служит слабая разработанность террас.

В Тувинской впадине З.А. Лебедева к вымершим долинам больших рек относила широкую ложбину р. Шурмак и на ее западном продолжении — обширную галечниковую Межегейскую равнину, но особый интерес придавала Отгых-ташской и Шагонарской (Северного Торгалыка) долинам, которые “тупо кончаются у подножия Западного Танну-Ола” и представляют собой реликты древней гидрографической сети. Сама же р. Улуг-Хем вследствие поднятий в южной части Улуг-Хемской котловины, оставляя реликты старых русел, постепенно мигрировала на север и на запад, приближаясь все более к Куртушибинскому хребту и создавая общее широтное направление северного борта котловины [13, с. 261]. Перед началом прорыва хребта долина Палео-Улуг-Хема значительно расширилась, образовав в среднем плейстоцене Барыкскую и Баянкольскую аллювиально-озерные равнины. Высокая обводненность здесь была создана, скорее всего, влажными климатическими условиями тобольского (соусканихинского) межледниковья, с которым связано накопление по многим долинам рек песчано-галечной ербекской свиты мощностью до 20 м. В составе свиты выделяется две пачки: нижняя песчаная и верхняя галечниковая. Возраст последней по аналогии с Горным Алтаем определяется в 266 тыс. лет [17, с. 194—200]. Песчаную пачку аллювия можно предположительно сопоставить с фазой водно-озерного накопления перед прорывом, а галечниковую — с фазой прорыва и образования ущелья, которой предшествовало оживление тектонических движений. Вскоре важную роль в разработке коренных пород ущелья сыграл также крупный долинный Улуг-Хемский ледник, обусловивший ледоломной плотиной затрудненный сток реки и образовавший обширный озерно-ледниковый бассейн. Впоследствии он был спущен через участок прорыва Куртушибинского хребта, который и в настоящее время представляет собой глубокое ущелье с крутыми скалистыми бортами, узким порожистым руслом и большой скоростью течения реки. Все это в целом создает впечатление о сравнительной молодости прорыва, когда после появления преграды в виде хребтов Танну-Ола прежнее русло реки было перехвачено и развернуто на север. Здесь Палео-Улуг-Хем вынужден был прорвать сдерживающий его Куртушибинский хребет и занять существующее ныне положение, изменив направление конечного стока с Монголо-Охотского моря в юре на бассейн Селенги в мелу и на Северный Ледовитый океан в последние 300 тыс. лет.

Доказательством недавнего разрыва гидрографической связи Енисея с бассейнами рек Монголии и Амура служат также результаты проведенного в последние годы изучения рецентных фаун рыб и амфибионтных насекомых ряда сопредельных регионов Восточной Палеарктики. Ихтиологами Биологической экспедиции АН МНР<sup>1</sup> в 1988 г. были подтверждены полученные ранее сведения о распространении в системах рр. Ховд и Дзабхан монгольских реликтов ихтиофауны Палео-Улуг-Хема — представителей бассейна Северного Ледовитого океана: сибирского хариуса (*Thymallus arcticus* Pallas) и сибирского гольца (*Nemachilus barbatulus* L.) [1, с. 84]; последний обитает так-

<sup>1</sup> Монгольская Народная Республика (официальное название Монголии до 1992 г.)



многократное преобразование рельефа, климата и органического мира. Предполагается, что в силу обрамления Тувинской впадины древними горными сооружениями Саян и Сангилены и ее относительно высокого орографического положения, сток Палео-Улуг-Хема в мезозое был ориентирован на юг в сторону Котловины Больших Озер и далее на юго-восток и восток в бассейн Амура. В неогене в связи с опусканием Убсу-Нурской впадины Палео-Улуг-Хем стал впадать в систему Селенги. В эоцено-эоцено-эоцено активные тектонические движения привели к возникновению горного хребта Танну-Ола, преградившего сток Палео-Улуг-Хема на юг и направившего реку на север с образованием долины прорыва на участке пересечения Западного Саяна. Доказательством тому служат данные палеогеографии, литологии, палеонтологии и зоогеографии. Обобщение и анализ имеющегося по изученной проблеме материала показали, что существует ряд дискуссионных и недостаточно проработанных вопросов, и дальнейшее развитие исследований в этом направлении даст определенный материал для более полного раскрытия механизма формирования древней гидрографической сети.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баасанжав Г.* Новое местонахождение сибирского хариуса (*Thymallus arcticus*) в Монголии // Природные условия и ресурсы Западной Монголии и сопредельных регионов. Тезисы докл. Второй междунар. научн. конф., Ховд 19–23.09.1995. Ховд: Ховдский филиал Монгольского Государственного Национального университета, 1995. С. 84.
2. Геология СССР. Т. XXIX Тувинская АССР. Ч. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1966. 459 с.
3. *Геология Тувинской АССР.* Объяснительная записка к Геологической карте Тувинской АССР м-ба 1: 500000. Л.: ВСЕГЕИ, 1990. 121 с.
4. *Гудилин И.С.* Геоморфология // Геология СССР. Т. XXIX. Тувинская АССР. Ч. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1966. С. 404–427.
5. *Девяткин Е.В., Лискун И.Г., Чепальга А.Л.* Фауна пресноводных моллюсков из плиоцена Западной Монголии. Фауна мезозоя и кайнозоя Западной Монголии // Труды совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 3. М.: Наука, 1971. С. 33–47.
6. *Девяткин Е.В.* Кайнозой Внутренней Азии (стратиграфия, геохронология, корреляция) // Труды совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 27. М.: Наука, 1981. 196 с.
7. *Девяткин Е.В., Шувалов В.Ф.* Континентальный мезозой и кайнозой Монголии (стратиграфия, геохронология, палеогеография) // Эволюция геологических процессов и металлогения Монголии. М., 1990. С. 165–177.
8. *Жерихин В.В.* Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. 542 с.
9. *Забелин В.И., Кудрявцев В.И., Кудрявцева А.И., Попов В.А.* Динозавры и мезозойские птицы Тувы и Северо-Западной Монголии: палеогеография, палеоэкология и перспективы новых находок // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных регионов Центральной Азии. Научные труды ТУВИКОПР СО РАН. Вып. 7. Кызыл, 2004. С. 187–196.
10. *Зайка В.В.* Фауна и население амфибионтных насекомых (*Insecta Ectognatha; Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata*) водных потоков Алтае-Саянской горной области. Дисс. ... докт. биол. наук. Томск, 2012. 386 с.
11. *Зайцев Н.С.* О плиоценовых осадках и молодых движениях в хребте Танну-Ола // Докл. АН СССР. 1947. Т. LVII. № 9. С. 931–934.
12. *Крестников В.Н., Рейснер Г.И.* К стратиграфии третичных континентальных отложений Центральной Азии – Тувы // Докл. АН СССР. 1965. Т. 164. № 6. С. 1378–1381.
13. Лебедева З.А. Основные черты геологии Тувы // Труды Монгольской комиссии АН СССР. № 26. М.–Л., 1938. 280 с.
14. *Мартинсон Г.Г.* О новом роде юрских пластинчатожаберных моллюсков *Pseudocardinia* // Палеонтологический журн. 1959. № 3. С. 33–40.
15. *Мартинсон Г.Г.* Общие проблемы палеолимнологических исследований в Монголии // Мезозойские озерные бассейны Монголии. Палеогеография, литология, палеобиогеохимия, палеонтология. Л.: Наука. 1992. С. 5–17.
16. *Мартинсон Г.Г.* Особенности древних озер по данным изучения моллюсков // Лимнология и палеолимнология Монголии. Труды Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ. Т. 60. М., 2014. С. 271–276.

17. Минина Е.А., Борисов Б.А. Расчленение и корреляция кайнозойских отложений Тувы с целью составления опорных легенд для госгеолкарты 50. Фондовый отчет ВСЕГЕИ за 1989–1991 гг. СПб., 1991. 287 с.
18. Мурзаев Э.М. Котловина Больших Озер в Западной Монголии и происхождение ее ландшафтов // Труды II Всесоюзного Географического съезда. Т. 1. М.: Географгиз, 1948. С. 367–378.
19. Мурзаева В.Э. Котловина Больших Озер // Геоморфология Монгольской Народной Республики. Труды Совместной Советско-Монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 28. М.: Наука, 1982. С. 146–148.
20. Попов В.А. К вопросу о возрасте хребта Танну-Ола // Убсу-Нурская котловина как индикатор биосферных процессов в Центральной Азии. Материалы VIII Международного Убсу-Нурского симпозиума. Кызыл, 2004. С. 65–66.
21. Попова С.М. Пресноводные моллюски неогеновой толщи Убсунурской котловины (Тувинская АССР) // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. М.: Наука, 1968. С. 232–251.
22. Рассказов А.А. Озерные бассейны Монголии и связанные с ними минералогические ассоциации. Автореф. ... докт. геол.-мин. наук. М., 1993. 40 с.
23. Розенберг Л.И. К стратиграфии палеоген-неогеновых отложений Тувы (Каргинская и Убсунурская впадины) // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. геол. Т. 55. Вып. 1. 1980. С. 58–69.
24. Севастьянов Д.В., Дорофеюк Н.И., Лийва И.И. Палеоэкология озер в голоцене // Лимнология и палеолимонология Монголии. Биологические ресурсы и природные условия Монголии. Труды Совместной Росс.-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ. Т. 60. 2014. С. 322–334.
25. Селиверстов Ю.П. Геоморфология бассейна Убсу-Нура // “Эксперимент Убсу-Нур”. Ч. 1. М.: Интеллект, 1995. С. 7–23.
26. Суворов А.И. Структурный план и разломы территории Монголии // Известия АН СССР. Сер. геол. 1982. № 6. С. 122–136.
27. Сычевская Е.К., Лебедев В.Д. Пресноводная неогеновая ихтиофауна Котловины Больших Озер. Фауна мезозоя и кайнозоя западной Монголии // Труды совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции. Вып. 3. М.: Наука, 1971. С. 49–56.
28. Тимофеев П.П. Стратиграфия и прогноз угленосности среднеюрских отложений Тувинского мезозойского прогиба // Труды рег. совещ. по развитию производит. сил Тувинской АССР. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. 323 с.
29. Филиппова И.Г., Девяткин Е.В., Буффа Л.А., Ловчек И.И., Лувсанданзан Б. Северо-Западная Монголия и Прихубсугулье. Геология Монгольской Народной Республики. Т. 1. Стратиграфия. Юрская система. М.: Недра, 1973. С. 391–444.
30. Хосбаяр П. Новые данные о верхнеюрских и нижнемеловых отложениях Западной Монголии // Докл. АН СССР. 1973. Т. 208. № 6. С. 1426–1428.
31. Шорыгина Л.Д. Стратиграфия кайнозойских отложений Западной Тувы // Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 26. М., 1960. С. 165–203.
32. Шувалов В.Ф. Палеогеография и история развития озерных систем Монголии в юрское и меловое время // Мезозойские озерные бассейны Монголии. Палеогеография, литология, палеобиогеохимия, палеонтология. Л.: Наука, 1982. С. 18–80.
33. Шувалов В.Ф. Палеогеография озер Монголии в мезозое // Лимнология и палеолимонология Монголии. Биологические ресурсы и природные условия Монголии. Труды Совместной Росс.-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ. Т. 60. 2014. 412 с.
34. Walther M., Horn W., Dashtseren A. Uvs Nuur: A Sentinel for Climate Change in Eastern Central Asia. Large Asian Lakes in Changing World. Springer Water, 2020. P. 235–257.

### Hydrographic Connection of the Paleo-Ulug-Hem with the Basins of Mongolian's Rivers and Amur River

V. I. Zabelin<sup>1,\*</sup> and V. V. Zaika<sup>1,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Kyzil, Russia

\*E-mail: zabelinvi@mail.ru

\*\*E-mail: odonta@mail.ru

The paper considers the analysis of the ancient hydrographic network of the adjacent territories of Tuva and Mongolia. The Ulug-Hem River has cut the Western Sayan ridge during the Eopleistocene as a result of the rise of the Tannu-Ola ridge according to the published data

and the field materials collected by the authors. Up to this date, starting from the relatively wet Jurassic, the Paleo-Ulug-Hem valley had been directed from the southwestern part of the Tuva to the south into the Great Lakes Basin of Mongolia from where the river flowed southeast and east through the Gobi depressions into the Amur basin. The evidence of the transformation of hydrographic network are presented by data from paleogeography, lithology, paleontology and zoogeography. Studies have shown that there are a series of controversial and insufficiently developed issues in the problem and further work in this direction can provide certain material for a more complete explanation of the formation mechanism of the ancient regional hydrographic network.

*Keywords:* paleogeography, zoogeography, Paleo-Ulug-Hem, West Sayan, Tannu-Ola, Eopleistocene, Jurassic and Cretaceous periods, Neogene, Mongolia, Amur Basin

## REFERENCES

1. *Baasanzhav G.* Novoe mestonahozhdenie sibirskogo hariusa (*Thymallus arcticus*) v Mongolii // Prirodnye usloviya i resursy Zapadnoj Mongolii i sopredel'nyh regionov. Tezisy dokl. Vtoroj mezhdunar. nauchn. konf., Xovd 19–23.09.1995. Xovd: Xovdskij filial Mongol'skogo Gosudarstvennogo Nacional'nogo universiteta, 1995. S. 84.
2. Geologiya SSSR. T. XXIX Tuvinskaya ASSR. Ch. 1. Geologicheskoe opisanie. M.: Nedra, 1966. 459 s.
3. Geologiya Tuvinskoj ASSR. Ob'yasnitel'naya zapiska k Geologicheskoy karte Tuvinskoj ASSR m-ba 1 : 500000. L.: VSEGEI, 1990. 121 s.
4. *Gudilin I.S.* Geomorfologiya // Geologiya SSSR. T. XXIX. Tuvinskaya ASSR. Ch. 1. Geologicheskoe opisanie. M.: Nedra, 1966. S. 404–427.
5. *Devyatkin E.V., Liskun I.G., Chepalyga A.L.* Fauna presnovodnyh mollyuskov iz pliocena Zapadnoj Mongolii. Fauna mezozoya i kajnozoya zapadnoj Mongolii // Trudy sovместnoj sovetско-mongol'skoj nauchno-issledovatel'skoj geologicheskoy ekspedicii. Vyp. 3. M.: Nauka, 1971. S. 33–47.
6. *Devyatkin E.V.* Kajnozoy Vnutrennej Azii (stratigrafiya, geohronologiya, korrelyaciya) // Trudy sovместnoj sovetско-mongol'skoj nauchno-issledovatel'skoj geologicheskoy ekspedicii. Vyp. 27. M.: Nauka, 1981. 196 s.
7. *Devyatkin E.V., Shuvalov V.F.* Kontinental'nyj mezozoj i kajnozoy Mongolii (stratigrafiya, geohronologiya, paleogeografiya) // Evolyuciya geologicheskikh processov i metallogeniya Mongolii. M., 1990. S. 165–177.
8. *Zherixin V.V.* Izbrannye trudy po paleoekologii i filocenogenetike. M.: T-vo nauchnyh izdaniy KMK, 2003. 542 s.
9. *Zabelin V.I., Kudryavcev V.I., Kudryavceva A.I., Popov V.A.* Dinozavryi mezozojskie pticy Tuvy i Severo-Zapadnoj Mongolii: paleogeografiya, paleoekologiya i perspektivy novyh nahodok // Sostoyanie i osvoenie prirodnih resursov Tuvy i sopredel'nyh regionov Central'noj Azii. Nauchnye trudy TUVIKOPR SO RAN. Vyp 7. Kyzyl, 2004. S. 187–196.
10. *Zaika V.V.* Fauna i naselenie amfibiontnyh nasekomyh (Insecta Ectognatha; Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Odonata) vodnyh potokov Altae-Sayanskoj gornoj oblasti. Diss. ... dokt. biol. nauk. Tomsk, 2012. 386 s.
11. *Zajcev N.S.* O pliocenovnyh osadkah i molodyh dvizheniyah v hrebte Tannu-Ola // Dokl. AN SSSR. 1947. T. LVII. № 9. S. 931–934.
12. *Krestnikov V.N., Rejsner G.I.* K stratigrafii tretichnyh kontinental'nyh otlozhenij Central'noj Azii – Tuvy // Dokl. AN SSSR. 1965. T. 164. № 6. S. 1378–1381.
13. *Lebedeva Z.A.* Osnovnye cherty geologii Tuvy // Trudy Mongol'skoj komissii AN SSSR. № 26. M.–L., 1938. 280 s.
14. *Martinson G.G.* O novom rode yurskikh plastinchatozhabernyh mollyuskov Pseudocardinia // Paleontologicheskij zhurn. 1959. № 3. S. 33–40.
15. *Martinson G.G.* Obshhie problemy paleolimnologicheskikh issledovanij v Mongolii // Mezozojskie ozyornye bassejny Mongolii. Paleogeografiya, litologiya, paleobiogeohimiya, paleontologiya. L.: Nauka. 1992. S. 5–17.
16. *Martinson G.G.* Osobennosti drevnih ozyor po dannym izucheniya mollyuskov // Limnologiya i paleolimnologiya Mongolii. Trudy Sovместnoj Rossijsko-Mongol'skoj kompleksnoj biologicheskoy ekspedicii RAN i ANM. T. 60. M., 2014. S. 271–276.
17. *Minina E.A., Borisov B.A.* Raschlenenie i korrelyaciya kajnozozjskikh otlozhenij Tuvy s cel'yu sostavleniya opornyh legend dlya gosgeolkarty 50. Fondovij otchyot VSEGEI za 1989–1991 gg. SPb., 1991. 287 s.
18. *Murzaev E.M.* Kotlovina Bol'shih Ozyor v Zapadnoj Mongolii i proishozhdenie eyo landshaftov // Trudy II Vsesoyuznogo Geograficheskogo s'ezda. T. 1. M.: Geografiz, 1948. S. 367–378.

19. Murzaeva V.E. Kotlovina Bol'shikh Ozyor // Geomorfologiya Mongol'skoj Narodnoj Respubliki. Trudy Sovmestnoj Sovetsko-Mongol'skoj nauchno-issledovatel'skoj geologicheskoy ekspedicii. Vyp. 28. M.: Nauka, 1982. S. 146–148.
20. Popov V.A. K voprosu o vozraste hrebta Tannu-Ola // Ubsu-Nurskaya kotlovina kak indikator biosfernyh processov v Central'noj Azii. Materialy VIII Mezhdunarodnogo Ubsu-Nurskogo simpoziuma. Kyzyl, 2004. S. 65–66.
21. Popova S.M. Presnovodnye mollyuski neogenovoj tolshhi Ubsunurskoj kotloviny (Tuvinskaya ASSR) // Mezozojskie i kajnozojskie ozyora Sibiri. M.: Nauka, 1968. S. 232–251.
22. Rasskazov A.A. Ozyornye bassejny Mongolii i svyazannye s nimi mineragenicheskie associacii. Avtoref. ... dokt. geol.-min. nauk. M., 1993. 40 s.
23. Rozenberg L.I. K stratigrafii paleogen-neogenovyh otlozhenij Tuvy (Karginskaya i Ubsunurskaya vpadiny) // Byul. Mosk. ob-va ispyt. prirody. Otd. geol. T. 55. vyp. 1. 1980. S. 58–69.
24. Sevast'yanov D.V., Dorofeyuk N.I., Lijva I.I. Paleoekologiya ozyor v golocene // Limnologiya i paleolimnologiya Mongolii. Biologicheskie resursy i prirodnye usloviya Mongolii. Trudy Sovmestnoj Ross.-Mongol'skoj kompleksnoj biologicheskoy ekspedicii RAN i ANM. T. 60. 2014. S. 322–334.
25. Seliverstov Yu.P. Geomorfologiya bassejna Ubsu-Nura // "Eksperiment Ubsu-Nur". Ch. 1. M.: Intellekt, 1995. S. 7–23.
26. Suvorov A.I. Strukturnyj plan i razlomy territorii Mongolii // Izv. AN SSSR. Ser. geol. 1982. № 6. S. 122–136.
27. Sychevskaya E.K., Lebedev V.D. Presnovodnaya neogenovaya ihtiofauna Kotloviny Bol'shikh Ozyor. Fauna mezozoya i kajnozoya zapadnoj Mongolii // Trudy sovmestnoj sovetsko-mongol'skoj nauchno-issledovatel'skoj geologicheskoy ekspedicii. Vyp. 3. M.: Nauka, 1971. S. 49–56.
28. Timofeev P.P. Stratigrafiya i prognoz ugljenosti sredneyurskih otlozhenij Tuvinskogo mezozojskogo progiba // Trudy reg. soveshh. po razvitiyu proizvodit. sil Tuvinskoj ASSR. Novosibirsk: Izd-vo SO AN SSSR, 1960. 323 s.
29. Filippova I.G., Devyatkin E.V., Buff L.A., Lovchek I.I., Luvsandanzan B. Severo-Zapadnaya Mongoliya i Prihubsugule. Geologiya Mongol'skoj Narodnoj Respubliki. T. 1. Stratigrafiya. Yurskaya sistema. M.: Nedra, 1973. S. 391–444.
30. Xosbayar P. Novye dannye o verxneyurskih i nizhnemelovyh otlozheniyah Zapadnoj Mongolii // Dokl. AN SSSR. 1973. T. 208. № 6. S. 1426–1428.
31. Shorygina L.D. Stratigrafiya kajnozojskih otlozhenij Zapadnoj Tuvy // Tr. Geol. in-ta AN SSSR. Vyp. 26. M., 1960. S. 165–203.
32. Shuvalov V.F. Paleogeografiya i istoriya razvitiya ozyornyh sistem Mongolii v yurskoe i melovoe vremya // Mezozojskie ozyornye bassejny Mongolii. Paleogeografiya, litologiya, paleobiogeohimiya, paleontologiya. L.: Nauka, 1982. S. 18–80.
33. Shuvalov V.F. Paleogeografiya ozyor Mongolii v mezozoe // Limnologiya i paleolimnologiya Mongolii. Biologicheskie resursy i prirodnye usloviya Mongolii. Trudy Sovmestnoj Ross.-Mongol'skoj kompleksnoj biologicheskoy ekspedicii RAN i ANM. T. 60. 2014. 412 s.
34. Walthers M., Horn W., Dashtseren A. Uvs Nuur: A Sentinel for Climate Change in Eastern Central Asia. Large Asian Lakes in Changing World. Springer Water, 2020. P. 235–257.