

ВЕРХНЕГОЛОЦЕНОВАЯ ЧАСТЬ РАЗРЕЗА ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА УКОК В ЮГО-ВОСТОЧНОМ АЛТАЕ И ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВРЕМЕНИ ИХ НАКОПЛЕНИЯ

Г.Г. Русанов¹, О.Б. Кузьмина², М.В. Михаревич³, Н.В. Аншукова¹

¹ОСП «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

³Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск

В юго-восточной части Горного Алтая на плоскогорье Укок в западной части Бертекской впадины находятся многочисленные моренноподпрудные озера, образовавшиеся в конце позднего неоплейстоцена, на этапе деградации последнего оледенения. За длительное время своего существования в них накопилась значительная толща озерных отложений мощностью, как минимум, в несколько метров. Подобные отложения, как установлено в других средне- и высокогорных районах Восточного и Юго-Восточного Алтая, содержат огромный объём самой разнообразной палеогеографической информации, которая позволяет выявить следы многократных похолоданий и потеплений разных порядков, сопровождавшихся ландшафтными изменениями, и провести их детальное стратиграфическое расчленение [Бутвиловский, 1993; Рудая, 2021; Русанов, Тетерина, 2018; и др.].

Однако в связи с удаленностью и труднодоступностью данного района отложения моренноподпрудных озер длительное время оставались неизученными. Впервые эти образования были обнаружены еще в 1956 году Г.Н. Саввиновой на южном берегу в западной части озера Укок в береговом обрыве небольшого полуострова у впадения в озеро реки Кара-Булак [Алмазов и др., 1956]. Однако описание этого разреза так и не было опубликовано, и даже не вошло в геологический отчет, в котором об этих отложениях вообще нет ни единого слова [Волочкович и др., 1957]. Ниже мы приведем описание данного разреза.

Только в середине девяностых годов прошлого века А.Г. Редькин [1998] предпринял первую серьезную попытку их изучения, получив из отложений озера Укок, системы озер Кара-Чад и долины р. Ак-Алаха первые многочисленные спорово-пыльцевые спектры и первые радиоуглеродные датировки.

В 2018-2020 годах мы также занимались изучением и картированием озерных отложений в Бертекской котловине, накапливавшихся как в существующих моренноподпрудных озерах, так и давно спущенных. В ходе этих работ были получены некоторые новые материалы. В данном сообщении мы остановимся только на результатах изучения отложений озера Укок.

В настоящее время озеро Укок в этой части Горного Алтая по своим размерам занимает четвертое место. Оно проточное, находится в долине р. Кара-Булак (левый приток р. Ак-Алаха) на абсолютной высоте 2416 м, ориентировано в широтном направлении. По данным 2005 года, основные его параметры следующие: площадь водного зеркала составляет 2,6 км², длина озера – 2,52 км, ширина максимальная – 1,24 км, ширина средняя – 1,03 км, глубина максимальная – 9,6 м, глубина средняя – 2,46 м, длина береговой линии – 8,6 км, объем воды – 6,4 млн м³ [Селегей, 2007].

Однако, судя по низменной заболоченной поверхности, примыкающей к озеру и представляющей собой осушенную часть его днища, еще в недавнем прошлом оно имело несколько иные размеры и очертания. Длина его с запада на восток могла быть не менее 3,0 км, ширина с юга на север – 1,6 км. В северо-восточном углу находился крупный залив длиной 1,4 км и шириной 0,8 км, ориентированный в том же направлении, от которого остались лишь два небольших остаточных озера.

Впервые, как уже отмечалось, отложения озера Укок были описаны Г.Н. Саввиновой [Алмазов и др., 1956]. По ее данным, этот разрез имеет следующий вид (сверху вниз):

1. Почвенный слой (дернина) - суглинок беловато-серого цвета с большим количеством корней растений.....0,15 м
 2. Чередование тонких прослоев белесовато-серых суглинков пылеватых, торфа с небольшими линзами мелкозернистого песка, иногда с мелким щебнем, состоящим из гранитов и сланцев. Мощность прослоев суглинков от 0,5 до 2-3 см; мощность прослоев торфа от 0,5 до 3-4 см; мощность линз песка 1-2 см, длина линз 5-10 см.....0,72 м
 3. Песок разнозернистый кварцевый с большим количеством щебенки, состоящей из обломков гранитов и сланцев. Наблюдается некоторая не очень четкая слоистость, выражающаяся в чередовании более крупнозернистого и менее крупнозернистого материала.....0,13 м
 4. Суглинок темно-коричневый с отдельными супесчаными прослойками светло-коричневого цвета и небольшими линзочками мелкозернистого песка.....0,3 м
 5. Чередование суглинков коричневого цвета, содержащих местами в себе линзы мелкозернистого песка, с прослоями торфа из неразложившихся растительных остатков (встречаются иногда целиком листья растений). Мощность прослоев суглинков от 1 до 5 см. Мощность прослоев торфа от 1 до 3 см.....0,5 м
 6. Глина темно-коричневого цвета плотная, ореховатой структуры, с большим количеством растительных остатков – листьев и стеблей растений.....1,5 м
- С глубины 2,3 м глины слоя 6 находятся в многолетнемерзлом состоянии и содержат линзы и прослойки льда. Видимая мощность отложений данного разреза 3,3 м.

Спустя 40 лет, в середине девяностых годов прошлого века, на криогенном бугре пучения, расположенном на южном берегу озера Укок, А.Г. Редькин [1998] расчисткой вскрыл следующий разрез озерных отложений (сверху вниз):

1. Торф темно-коричневый с песком и мелкой галькой.....0,24 м
2. Торф светло-коричневый с прослоями песка.....0,14 м
3. Песок светло-серый.....0,03 м
4. Суглинок светло-коричневый с прослоями песка и торфа.....0,30 м
5. Песок с галькой светло-серый.....0,08 м
6. Торф коричневый, переслаивающийся с темно-серым суглинком.....0,39 м
7. Суглинок темно-серый с тонкими прослоями коричневого торфа.....0,54 м
8. Суглинок темно-серый, в нижней части мерзлый.....0,60 м
9. Суглинок светло-серый мерзлый, с прожилками льда.....0,68 м
10. Суглинок светло-серый оторфованный мерзлый.....0,12 м
11. Суглинок светло-серый мерзлый, уходит под урез воды.....0,55 м

С глубины 2,3 м отложения находятся в многолетнемерзлом состоянии, а их видимая мощность составляет 3,67 м.

Из отложений разреза А.Г. Редькиным [1998] впервые были получены три радиоуглеродные датировки: слой 4 (0,65-0,7 м) – 2320±130 лет (ЛУ-3815); слой 10 (3,02-3,12 м): из верхней части – 3340±80 лет (ЛУ-3760), из нижней части этого слоя – 3940±90 лет (ЛУ-3814), свидетельствующие об их позднеголоценовом возрасте.

Из этих же отложений Г.М. Черновой и В.Г. Дирксен выделены многочисленные спорово-пыльцевые спектры, в которых пыльца древесных представлена *Picea* sp., *Pinus sylvestris*, *Pinus sibirica*, *Abies* sp., пыльца кустарниковых – *Betula* sect. *Nanae*, *Salix* sp., травянистых – *Cyperaceae*, *Artemisia* sp., *Chenopodiaceae*, *Gramineae*, *Caryophyllaceae*, *Asteraceae*, *Polygonaceae*, *Nymphaeaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Liliaceae*, *Ranunculaceae* и др., споровые – *Bryales* sp., *Botrychium* sp., *Polypodiaceae*. При этом содержания в спектрах пыльцы древесных, кустарниковых и травянистых растений сильно варьируют. На основании анализа спектров было выделено четыре палинозоны, которые, в свою очередь, были расчленены на две-четыре подзоны, отражающие ландшафты, соответствующие кратковременным интервалам похолодания и потепления в позднем голоцене. Вся пыльца древесных пород, по заключению В.Г. Дирксен, является заносной [Редькин, 1998], но, тем не менее, она учитывалась

Рис. 1. Фрагмент обнажения озерных отложений на южном берегу озера Укок (толщи 1 и частично 2).



при выделении палинологических зон. В то же время, по мнению А.Г. Редькина [1998], монотонность спорово-пыльцевых спектров данного разреза говорит о формировании его большей части в единый временной период с достаточно слабым колебанием климатических изменений и без существенных перерывов в осадконакоплении, за исключением верхней части разреза. При этом большая часть разреза соответствует суббореальному периоду позднего голоцена по шкале Блитта-Сернандера и накапливалась в условиях ухудшения климата, связанных с похолоданием, а верхняя часть – началу похолодания субатлантического периода [Редькин, 1998].

В начале августа 2019 года в западной части озера Укок на его южном берегу в обрыве у небольшого полуострова близ впадения р. Кара-Булак, примерно там же, где и Н.Г. Саввиной, нами был обнаружен следующий разрез озерных отложений (рис. 1), состоящий из трех толщ (сверху вниз):

1. Алевриты песчанистые светло-серые со слабым желтоватым оттенком, горизонтально-слоистые. Слоистость ленточного типа мощностью от 2 до 5 см, в которых слабо выражена микрослоистость. Отмечаются тонкие довольно многочисленные алевритово-торфянистые прослой коричневого цвета мощностью 1-3 см и прослой разнозернистых кварцевых хорошо промытых песков мощностью от 3 до 5 см. На глубине 0,8 м выделяется песчано-гравийный прослой мощностью 7-15 см. Гравий плохо окатанный, представлен преимущественно зелеными сланцами, реже – кварцем и гранитами. Толща во многих местах разбита вертикальными морозобойными трещинами глубиной от 0,8 до 1,0 м и шириной до 10-15 см, заполненными алевритово-песчаным материалом.....1,5 м

2. Глина с незначительной примесью песка и алеврита, светло-коричневого цвета, тонкослоистая плотная. Слоистость неясновыраженная. Нижняя часть толщи мерзлая.....1,1 м

3. Глина алевритистая темно-серого цвета с запахом сероводорода, мерзлая, уходит под урез озера.....0,5 м

Видимая мощность отложений 3,1 м. С глубины 2,4 м они также находятся в многолетнемерзлом состоянии. В результате деградации мерзлоты и волновой абразии в летнее время обнажение постоянно оползает, оплывает и обваливается.

Из глин толщи 2 были отобраны пробы на гранулометрический и рентгеноструктурный анализы, выполненные в Центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» при Томском государственном университете. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ этих глин был выполнен в Центральной аналитической лаборатории ФГБУ «ВСЕГЕИ» (Санкт-Петербург).

По данным гранулометрического анализа, в глинах толщи 2 выделяются следующие фракции: алеврит – 65,40 %, глина грубодисперсная – 25,94 %, глина тонкодисперсная – 5,69 %, песок – 2,97 %. Рентгеноструктурным анализом установлено, что эти глины состоят из гидрослюды с примесью (7 %) смешанослойных образований хлорит-иллитового ряда. Отличаются повышенным содержанием кальцита – 4 %. По результатам рентгеноспектрального флуоресцентного анализа, они характеризуются следующими содержаниями основных породообразующих оксидов (мас. %): SiO_2 – 58,9, Al_2O_3 – 13,3, TiO_2 – 0,76, Fe_2O_3 – 3,66, FeO – 1,92, MnO – 0,11, MgO – 3,13, CaO – 5,47, Na_2O – 2,07, K_2O – 2,7, P_2O_5 – 0,17, ппп – 7,29.

Из рассматриваемых отложений было отобрано три образца на палинологический и, впервые, три образца на палеокарпологический анализы, выполненные О.Б. Кузьминой и М.В. Михаревич соответственно. Палиноморфы изучались во временных препаратах с помощью биологического светового микроскопа Микромед 3 (УЗ) при увеличении х400.

1. Толща 1, глубина - 0,6 м. Пыльца древесных и кустарниковых (23,8 %): *Betula* sect. *Albae* – 14 (пыльцевых зерен), *Pinus* s/g *Diploxylon* – 18, *Pinus* s/g *Haploxylon* – 6, *Pinus sylvestris* – 2, *Pinus* sp. – 26, *Picea* sp. – 3, *Abies* sp. – 5, *Betula* sect. *Nanae* – 8; пыльца травянистых и кустарничковых (76,2 %): *Amaranthaceae* – 48, *Artemisia* sp. – 120, *Asteraceae* – 7, *Apiaceae* – 6, *Caryophyllaceae* – 24, *Cyperaceae* – 3, *Euphorbiaceae* – 2, *Ephedra* – 26, *Papaveraceae* – 1, *Polygonaceae* – 3, *Myriophyllum* sp. – 1, *Thalictrum* sp. – 12, 3-colporate pollen – 4, 3-colpate pollen – 5; споровые: *Botrychium* sp. – 1; непыльцевые палиноморфы: *Botryococcus* sp. – 7, ?*Algae/Bryales* – 20, *Ovoidites* sp. – 24, *Zygnemataceae* – 2, *Schizosporis* – 2, *Diatomea* – 16, *Multicellata*-type (fungal spore) – 1, *Dicellata*-type (fungal spore) – 1, *Mandibula* – 1.

Семена и плоды: *Characeae* gen. indet. – 4 оогонии, *Bryales* – 4 побега, *Cyperus* sp. – 1 плод, *Batrachium* – 3 плода, *Potentilla anserina* L. – 1 семя.

2. Толща 2, глубина – 2,0 м. Пыльца древесных и кустарниковых (8,5 %): *Pinus* s/g *Diploxylon* – 3, *Pinus* s/g *Haploxylon* – 3, *Pinus sylvestris* – 1, *Pinus* sp. – 2, *Betula* sp. – 3, *Betula* sect. *Nanae* – 8, *Alnus* sp. – 1; пыльца травянистых и кустарничковых (91,5 %): *Amaranthaceae* – 50, *Artemisia* sp. – 120, *Ephedra* – 5, *Asteraceae* – 6, *Apiaceae* – 5, *Caryophyllaceae* – 8, *Fabaceae* – 1, *Papaveraceae* – 3, *Polygonaceae* – 1, *Potentilla* sp. – 1, *Primulaceae* – 1, *Ranunculaceae* – 1, *Rosaceae* – 1, 3-colporate pollen – 15, 3-colpate pollen – 2; споровые: *Botrychium* sp. – 2; непыльцевые палиноморфы: *Multicellata*-type (fungal spore) – 4, *Podospora*-type (fungal spore) – 2, ?*Algae/Bryales* – 32, *Ovoidites* sp. – 3, *Diatomea* – 32, *Mandibula* – 3.

Глубина - 2,5 м. Семена и плоды: *Characeae* gen. indet. – 5 оогоний, *Bryales* – 5 побега, *Carex* sp. – 1 орешек, *Batrachium* sp. – 1 плод, *Comarum palustre* L. – 1 семя.

3. Толща 3, глубина 2,8 м. Пыльца древесных и кустарниковых (9,3 %): *Betula* sect. *Albae* – 10, *Betula* sect. *Nanae* – 5, *Pinus* s/g *Diploxylon* – 10, *Pinus sylvestris* – 6; пыльца травянистых и кустарничковых (90,7 %): *Amaranthaceae* – 56, *Artemisia* sp. – 130, *Asteraceae* – 7, *Apiaceae* – 5, *Alliaceae* – 1, *Caryophyllaceae* – 13, *Cyperaceae* – 7, *Fabaceae* – 2, *Ephedra* – 5, *Lamiaceae* – 31, *Polygonaceae* – 1, *Ranunculaceae* – 4, *Saxifragaceae* – 5, *Scrophulariaceae* – 1, *Thalictrum* sp. – 14. 3-colporate pollen – 22; непыльцевые палиноморфы: ?*Algae/Bryales* – 50, *Schizosporis* sp. – 2., *Pseudoshizea* – 1, *Ovoidites* sp. – 2, *Zygnemataceae* – 1, *Mandible* – 3, *Diatomea* – 90.

Семена и плоды: *Rosaceae* – 1 зерновка, *Betula* cf. *humilis* Schrank – 1 орешек.

Состав и структура спорово-пыльцевых спектров, выделенных из трех образцов, близки между собой и могут быть объединены в один комплекс, отражающий развитие разнотравного лугово-степного ландшафта – преимущественно полынно-маревая степь с участием эфедры, гвоздичных, осок, маков, астровых и других трав. Кроме того, в растительном покрове участвовала карликовая березка. Пыльцевые зерна древесных пород (береза, сосна, ель, пихта) в палиноспектрах являются заносными. Берега водоема были заняты прибрежно-водной растительностью (осоки). В составе непыльцевых палиноморф присутствует большое количество различных диатомовых и зеленых микроводорослей, обитающих в водоеме и впервые выявленных в рассматриваемых отложениях.

Палеокарпологические комплексы характеризуются низким разнообразием представленных таксонов. Комплекс с глубины 0,6 м восстанавливает небогатые водные (*Characeae*, *Batrachium* sp.) и луговые сообщества (*Cyperus* sp., *Potentilla anserina* L.). Данные таксоны встречаются и в современной флоре плато Укок [Дьяченко, 2000]. В палеокарпологическом комплексе с глубины 2,5 м установленные таксоны также относятся к растениям водных и луговых сообществ. Харовые водоросли (*Characeae*), зеленые мхи (*Bryales*), осоки (*Carex* sp.), шелковник (*Batrachium* sp.) и сабельник болотный (*Comarum palustre* L.) являются кос-

мополитами и отмечаются в современной флоре плато Укок. В комплексе с глубины 2,8 м остатков растений экзотов не обнаружено.

Обращает внимание наличие харовых водорослей в средней части толщи 1 и толще 2. Данные водоросли предпочитают воды с повышенным содержанием кальция и растут в водоёмах с жёсткой водой, являясь её индикатором, что характерно для достаточно тёплых прогреваемых водоёмов с повышенной щёлочностью и жёсткостью воды богатой известью [Ильин, 1976]. Отложения толщи 2, как отмечалось выше, отличаются повышенными содержаниями кальция – 4 % и СаО – 5,47 %. В то же время карбонатные породы в бассейне р. Кара-Булак отсутствуют.

В качестве примера может служить, по-видимому, Теньгинское озеро в бассейне верхнего течения реки Урсул, где и в настоящее время обитают три вида харовых водорослей, а температура поверхностного слоя воды в июле достигает +20...22 °С [Ильин, 1976; Красная книга., 2000]. Есть харовые водоросли и в озёрах Чуйской котловины у села Кошагач с повышенной минерализацией воды (от 220-274 до 1250-1742 мг/л) и щелочной реакцией среды (рН = 7,9-8,98) [Ильин, 1976], в которых поверхностный слой воды прогревается летом до +13...14 °С [Бородавко, Ахматов, 2003]. В настоящее время в озерах высокогорного Алтая харовые водоросли обильны на глубинах 0,5-7,0 м [Попов и др., 2003].

До этих же температур (+20...22 °С) в июле – августе прогревается вода и в озере Укок. Это объясняется не только зарегулированностью стока, малым количеством годовых осадков (150-300 мм/год), но и отсутствием современных ледников в его бассейне [Селегей, 2007], а также общим глобальным потеплением климата, проявляющимся и в данном районе Горного Алтая [Чистяков, 2008]. Следовательно, на основании вышеизложенного, можно предположить, что рассматриваемая часть разреза (в интервале 0,6-2,8 м) накапливалась в условиях межстадиального потепления климата, который был близок современному климату в этом районе.

По-видимому, можно предположить, что, по крайней мере, во время накопления толщи 2, озеро Укок достаточно хорошо прогревалось, имело, как минимум, затрудненный сток и могло отличаться неустойчивым гидрологическим режимом, а его вода отличалась повышенной минерализацией и щелочностью.

В целом изученная часть разреза озерных отложений озера Укок выше трех метров по составу растительности и радиоуглеродным датировкам, полученным А.Г. Редькиным [1998], и нашим материалам может быть сопоставлена со слоями 6 и 7 озерных отложений разреза Тонбосу в Сорлукольской впадине Горного Алтая. Их накопление происходило во время межстадиального потепления климата, разделяющего стадии похолодания аккемскую и историческую [Русанов, Тетерина, 2018]. Это потепление отвечает середине суббореального периода позднего голоцена по шкале Блитта-Сернандера, который в горах Алтая начался 3300 лет назад и окончился 2300 лет назад [Назаров, 2006; Agatova et al., 2012]. Подобные межстадиальные эпохи в среднегорье и высокогорье Юго-Восточного Алтая отличались значительно более тёплым (на 4-6°) и сухим климатом, чем современный, и сопровождалась повышением ландшафтных поясов на 400-500 м [Бутвиловский, 1993].

Результаты минералогического и геохимического изучения озерных глин лишь одной толщи 2 следует пока рассматривать как предварительные. Тем не менее они могут представлять, по нашему мнению, значительный интерес для целей реконструкции палеогеографических условий и обстановок седиментации. Поэтому необходимо дальнейшее детальное и на более полных разрезах изучение минералогии (особенно аутигенных минералов) и геохимии этих отложений, что послужит для более обоснованных и аргументированных стратиграфических построений, палеоклиматических и палеолимнологических реконструкций.

К сожалению, полная мощность отложений, накопившихся в озере Укок, до сих пор не установлена. Для непосредственного изучения доступна лишь самая верхняя часть их видимой мощностью немногим более 3,0 м. Необходимо дальнейшее очень детальное послойное описание и изучение этого разреза всеми доступными современными методами.

Палинологические исследования выполнены в рамках темы гос. задания FWZZ-2022-0004 (ИНГГ СО РАН).

Литература

Алмазов И.Н., Савосина А.К., Борцова А.В., Иванченко С.Д., Савосин Г.Б. Геологическая карта Союза ССР масштаба 1:200000, серия Алтайская. Промежуточный отчет партий № 4 и № 6. Южная часть листа М-45-XXII и северная часть листа М-45-XXVIII в бассейне рек Ак-Алаха и Бухтарма. Том II, часть 2 (фактический материал). - Москва, ВАГТ, 1956.

Бородавко П.С., Ахматов С.В. К географии озёр Юго-Восточного Алтая // Вестник Томского государственного университета. Серия «Науки о Земле», 2003, № 3 (IV), с. 32–34.

Бутвиловский В.В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 252 с.

Волочкович К.Л., Алмазов И.Н., Борцова А.В., Дмитриева В.К., Иванченко С.Д., Мазурова Л.Н., Савосин Г.Б., Савосина А.К., Шмидт Г.А. Материалы к Геологической карте Союза ССР масштаба 1:200000 (серия Алтайская) // Промежуточный отчет партии № 4 и № 6. Южная часть листа М-45-XXII и северная часть листа М-45-XXVIII в бассейне рек Ак-Алаха и Бухтарма. – Москва, ВАГТ, 1957.

Дьяченко С.А. Флора плоскогорья Укок и ее охрана. – Диссертация ... канд. биол. наук. - Барнаул: Алт. гос. ун-т, 2000. – 172 с.

Ильин В.В. К вопросу о классификации озёр Алтая // Вопросы географии Горного Алтая. – Барнаул: БГПИ, 1976. – С. 76–90.

Красная книга Республики Алтай. Особо охраняемые территории и объекты / Ред. А.М. Маринин. – Горно-Алтайск, 2000. – 253 с.

Назаров А.Н. Динамика нивально-гляциального комплекса бассейна Актру во второй половине голоцена (Центральный Алтай, Северо-Чуйский хребет) // Автореферат дисс. ... канд. геогр. наук. – Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2006. – 23 с.

Попов П.А., Ермолаева Н.И., Киприянова Л.М., Митрофанова Е.Ю. Состояние гидробиоценозов высокогорий Алтая // Сибирский экологический журнал, 2003, № 2, с. 181-192.

Редькин А.Г. Природные условия плоскогорья Укок в позднем плейстоцене - голоцене. – Диссертация ... канд. геогр. наук. – Барнаул: Алт. гос. ун-т, 1998. – 174 с.

Рудая Н.А. Изменения климата, растительности и фиторазнообразия Алтайской горной страны в конце МИС2 и голоцене. – Диссертация ... докт. геогр. наук в виде научного доклада. – М.: ИГ РАН, 2021. – 98 с.

Русанов Г.Г., Тетерина И.И. Озера и ландшафтно-климатические особенности среднегорий и высокогорий Алтая во второй половине голоцена. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2018. – 132 с.

Селегей В.В. Гидрографические исследования на плоскогорье Укок в 2005 г. // География и природопользование Сибири. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2007, вып. 9. – С. 196-200.

Чистяков К.В. Ландшафты Горного Алтая и их современная динамика // Известия Горно-Алтайского отдела Русского Географического Общества, 2008, № 1, с. 124-133.

Agatova, A.R., Nazarov A.N., Nepor R.K., Rodnight H. Holocene glacier fluctuations and climate changes in the southeastern part of the Russian Altai (South Siberia) based on a radiocarbon chronology // Quaternary Science Reviews, 2012, v. 43. – P. 74–93.