

С.Г. ПРУДНИКОВ, Ч.М. ХЕРТЕК

*Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)*

## НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТОРОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТУВЫ

Перспективы дальнейшего развития золотодобывающей промышленности в Туве авторы связывают с выявлением ранее не известных в регионе новых типов россыпных месторождений. К ним относятся: сложные типы россыпей, связанные с фрагментами древней неогеновой гидросети, ледниковые и флювиогляциальные золотоносные отложения, эоловые и техногенные россыпи.

*Ключевые слова:* россыпи золота, ледниковые и флювиогляциальные золотоносные отложения, техногенные россыпи, ресурсы, Тува.

Рис. 2. Библ. 8 назв. С. 21–27.

S.G. PRUDNIKOV, Ch.M. KHERTEK

*Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)*

### NEW PERSPECTIVE TYPES OF GOLD-PLACER DEPOSITS IN TUVA

The authors connect the development prospects of the gold mining industry in Tuva with the identification of new types of placer deposits, previously unknown in the region. These include: neogene placers, glacial and fluvio-glacial gold-bearing deposits, aeolian and technogenic placers.

*Keywords:* placers of gold, glacial and fluvio-glacial gold-bearing deposits, technogenic placers, resources, Tuva.

Figures 2. References 8. P. 21–27.

Тува — один из старейших регионов старательской золотодобычи в Сибири. Промышленная россыпная золотоносность здесь известна с 1848 г. В результате интенсивной разработки четвертичных аллювиальных россыпей основные месторождения региона практически отработаны, при этом перспективы прироста запасов за счёт открытия новых россыпей незначительны.

В результате проведённого авторами комплексного металлогенического и структурно-геоморфологического исследования условий образования, закономерностей размещения и локализации россыпных месторождений, произведена переоценка известных золотоносных рудно-россыпных районов на выявление новых типов россыпных месторождений ранее не известных в регионе. К ним относятся:

1. Сложные типы россыпей, связанные с фрагментами древней неогеновой гидросети;
2. Россыпи в ледниковых и флювиогляциальных отложениях древнеледниковых районов;
3. Эоловые россыпи;
4. Техногенные россыпи, образованные в результате разработки россыпей золота.

**1. НЕОГЕНОВЫЕ ЗОЛОТОНОСНЫЕ РОССЫПИ.** Исследования, проведённые в 2004 г. С.Г. Прудниковым в пределах Саяно-Тувинского нагорья, позволили выделить здесь неогеновую золотоносную эпоху россыпеобразования, ранее не известную в регионе, выявить ряд россыпей, относящихся к этой эпохе, выполнить их прогнозную оценку (Прудников, 2004). До этих исследований все известные в регионе неогеновые россыпи относили к четвертичному возрасту.

Древние неогеновые долины имели вид широких и достаточно глубоких речных долин, выполненных толщей неогенового (нижний плиоцен) сильно выветрелого

аллювия с характерной жёлто-охристой окраской и большим содержанием хорошо окатанных галек. Сверху древнеаллювиальные отложения речных долин перекрыты переотложенными продуктами коры выветривания, представленными неогеновыми (верхний плиоцен) красноцветными плотными и вязкими глинами с горизонтами и линзами разнозернистого песка.

Авторы выделяют следующие основные морфогенетические типы россыпей, связанные с «древним» неогеновым рельефом:

1. Долинные россыпи погребённой неогеновой гидросети.
2. Долинные россыпи (погребённые, частично размытые), приуроченные к отрезкам-фрагментам древних неогеновых долин в пределах локальных внутригорных впадин.
3. Долинные россыпи поднятой гидросети.
4. Россыпи кор химического выветривания, приуроченные к придолинным поверхностям выравнивания (педиplainам).
5. Глубоко погребённые россыпи кор химического выветривания, древней неогеновой гидросети и педиplainов в пределах приразломных впадин-грабенов.

Представителем древней гидросети первого типа является древняя неогеновая гидросеть, развитая в пределах Кызылской впадины (Кызылский морфоструктурный блок) (рис. 1). По данным бурения в её пределах выделяется несколько неогеновых долин, дренирующих известные золотоносные районы Тувы: Теректыгский и Байсютский на севере, Элегест-Межегейский на юге. Кроме того, установлена золотоносность юрских отложений в центральной части Кызылской впадины. Таким образом, в неогеновых отложениях древних долин возможны россыпи золота.

Участки древних долин, частично совпадающие с современными долинами, распространены: а) широко — в пределах блоков слабого опускания (погребённые, частично размытые) и б) частично — в пределах блоков слабого поднятия (частично размытые). Золотоносность их установлена.

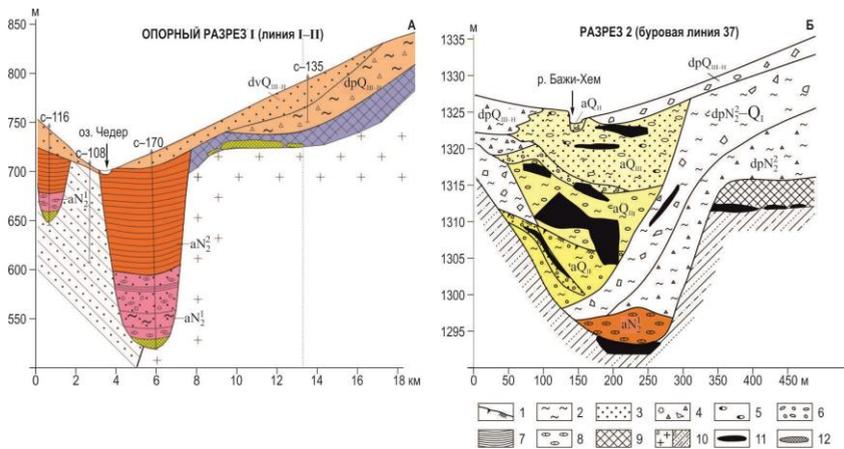


Рисунок 1. Разрезы, характеризующие строение древних неогеновых долин

**А** — Древняя неогеновая гидросеть Чедег, развитая в пределах Кызылской впадины

**Б** — Погребённая долинная россыпь Бажи-Хем, приуроченная к отрезку-фрагменту древней неогеновой долины в пределах Ожу-Стерлигской внутригорной впадины

1 — почва; 2 — глина; 3 — песок; 4 — глыбы, щебень; 5 — валуны; 6 — галечники, гравий; 7 — красноцветные глины; 8 — «жёлтоцветные» галечники; 9 — кора выветривания; 10 — коренные породы: а — граниты, б — песчаники, алевролиты; 11 — россыпи; 12 — предполагаемые россыпи. Аллювиальные отложения стадий тектоно-геоморфологической активизации: голоценовой ( $aQ_H$ ), верхнеплейстоценовой ( $aQ_{III}$ ), среднеплейстоценовой ( $aQ_{II}$ ), зоплейстоцен-нижнеплейстоценовой ( $aQ_I$ ), нижнеплиоценовой ( $aN_2^1$ ). Делювиально-пролювиальные, делювиально-золотые отложения верхнего плейстоцена-голоцена ( $dp, dvQ_{III-N}$ ). Делювиально-пролювиальные отложения среднего плейстоцена ( $dpQ_{II}$ ). Делювиально-пролювиальные, пролювиальные отложения верхнего плиоцена ( $dp, pN_2^2$ ).

Неогеновые золотоносные россыпи известны в долинах рек Ожу, Бажи-Хем, Шет-Хем, Алгияк, Чёрная, Билелиг, Бай-Сют и др. (Прудников, 2004) (рис. 2). Продуктивный разрез имеет следующие характерные особенности: золото в виде знаков и весовых содержаний рассеяно практически по всему разрезу рыхлых отложений. Промышленные его концентрации сосредоточены на нескольких интервалах. Нижний пласт приурочен к приплотиковому наиболее древнему (неогеновому) горизонту аллювия. Остальные — к горизонтам межформационных отложений, связанных с различными эрозионно-аккумулятивными циклами осадконакопления и являются надплотиковыми, «висячими» (см. рис. 1). Каждый новый период активизации тектонических движений характеризовался активным вскрытием рудного вещества на склонах и его накоплением в долине сверху ранее образовавшихся толщ.

Древний рельеф в горных областях сохранился в пределах глыбовых среднегорных менее расчленённых массивов, образованных поднимающимися тектоническими блоками и значительно удалёнными от основных базисов эрозии. О их потенциальной золотоносности говорит приуроченность россыпей Улуг-Шанган, Арголик (Элегест-Межегейский золотоносный район), Нарын (Нарынский район) к крупным фрагментам древних долин, поднятым на разную высоту.

Россыпи, относящиеся к неогеновой эпохе россыпеобразования, обладают большой сложностью и разнообразием, они слабо изучены, перспективы их не оценены и не исчерпаны.



Рисунок 2. Обработка неогеновой россыпи Чёрная в Амыло-Сыстыгхемском золотоносном районе (фото С.Г. Прудникова)

**2. ЛЕДНИКОВЫЕ И ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫЕ РОССЫПИ.** Ледниковые и флювиогляциальные потенциально золотоносные отложения до наших исследований в Туве не выделялись ни как потенциально россыпеобразующие, ни как собственно золотоносные россыпные формации. Между тем промышленные концентрации золота в моренах известны в ряде долин Ленского района (Казакевич, Вашко, 1965), значительная часть золота добывается из золотоносных ледниковых и флювиогляциальных отложений бассейна Ананеа-Анкокола в юго-восточном Перу (Herail et al., 1989). В Туве значительные массы обломочного материала ледникового комплекса занимают около

четверти её территории. Золотоносность ледниковых и флювиогляциальных отложений установлена в Казас-Чавашском районе в долинах рек Казас, Чаваш, Уза, Кызыл-Хая и их притоках. В Чингекатском районе золотоносные ледниковые отложения подстилают пойменную россыпь р. Чингекат и перекрывают золотоносные отложения второй надпойменной террасы. Современные косовые россыпи, формирующиеся при перемыве ледниковых отложений изучены авторами в долине р. Ожу (Туран-Ожу-Хутинский район). По данным ситового анализа в них преобладает золото класса 0,5–1,0 мм (83 %). Промышленные косовые россыпи р. Енисей в районе г. Кызыла, вероятно, также связаны с перемывом ледниковых моренных отложений Улуг-Хемского ледника (Прудников, 1998). Решающее значение сыграли отложения ледникового комплекса и в захоронении золотоносных отложений в долинах рек Ожу, Шет-Хем, предположительно в Казас-Чавашском районе и, возможно, на восточном фланге Харальского района (Прудников, 1997).

При перемыве достаточно больших объёмов даже слабозолотоносных ледниковых отложений формируются промышленные россыпи, концентрирующиеся в аллювии русловой фации. В иных тектоно-геоморфологических условиях развития территории в результате перемыва заражённых золотом ледниковых отложений возможно формирование щётчных, русловых и долинных генетических типов россыпей.

**3. ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ТИПЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЭОЛОВЫХ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА НА ТЕРРИТОРИИ ТУВЫ.** Проблема формирования эоловых россыпей золота поднята сравнительно недавно в работах В.Е. Филиппова и З.С. Никифоровой (1998), в которых отмечается, что золотины с признаками эоловой обработки выявлены в разновозрастных отложениях на всех платформах земного шара, а на месторождении Витватерсранд они образуют высокие концентрации металла.

Тува расположена в центре Азиатского материка. Климат региона резкоконтинентальный, преимущественно аридный. Это способствует широкому развитию эоловых процессов на территории Тувы, и особенно в её котловинах. Эоловые процессы были широко распространены и на протяжении всего плейстоцена, что связано в первую очередь с многократными оледенениями. Оледенения вызывали резкое изменение климата и очень сильные пыльные бури. Всё это отразилось на формировании ландшафта, осадконакоплении и, несомненно, на характере россыпеобразования. Практически все богатые россыпи региона приурочены к валунно-гравийно-галечниковым горизонтам, сформировавшимся в период межледниковья верхнего плейстоцена.

Аридная зона делится на дефляционную и аккумулятивную. В зависимости от мощности ветров формируется зональность пустынь — образование каменистой, песчаной (барханной или дюнной) и лёссовой зон. Зону дефляции на территории Тувы составляют каменистые пустыни, которые наблюдаются в основном в пределах горных массивов Западного и Восточного Саян, Шапшальского, Западного и Восточного Танну-Ола, хр. Академика Обручева, нагорья Сангилен. Здесь известны элементы «древнего неогенового рельефа» с фрагментами палеодолин, поднятые активными неотектоническими движениями на большую высоту со снесённым, возможно, перевейным рыхлым материалом (Прудников, 2004). Аккумулятивная зона расположена в основном в Кызыльской, Улуг-Хемской, Хемчикской, Убсу-Нурской впадинах. Лёссовые зоны занимают значительные площади в центральной части Кызыльской впадины и в УбсуНурской котловине (пески Бориг-Дэл).

Эоловые россыпи золота на территории Тувы могут сформироваться как за счёт непосредственного разрушения коренного источника, так и за счёт ранее образованных россыпей различного генезиса. В связи с этим на территории Тувы прогнозируется обнаружение собственно эоловых россыпей и россыпей гетерогенного происхождения — эолово-пролювиальные, эолово-аллювиальные и другие. В группах эоловых россыпей следует выделять автохтонные и аллохтонные эоловые россыпи золота.

*Автохтонные дефляционные россыпи* образуются при денудации матрицы коренного рудного источника, или при дефляции ранее сформированной на нём золотоносной коры выветривания, либо при дефляции палеороссыпи. Автохтонная эоловая россыпь четвертичного возраста Кудурга, расположена в долине руч. Кудурга, левого притока р. Эми. Эта россыпь образована за счёт дефляции коренного источника и развитой на нём коры выветривания. При дезинтеграции многочисленных кварцевых жил в коре выветривания образовался вторичный ореол рассеяния золота, который был разрушен дефляционными процессами. При этом происходило постепенное выдувание мелкого материала и освобождение золота, которое перемещалось на определённое расстояние. Таким образом, происходило формирование маломощного горизонта с высокой концентрацией металла.

На территории Тувы предполагается формирование *аллохтонных эоловых россыпей*, которые характеризуются хорошей дифференциацией по размерности полезного компонента и подразделяются на базальные (транзитные) и донные. Базальные россыпи могут быть обнаружены в котловинах и желобах выдувания в пределах Кызылской впадины, в пределах Тоджинской впадины Северо-Восточной части Тувы, в Убсу-Нурской котловине. Накопление металла происходит в период дефляции, при этом песок с мелким золотом (менее 0,16 мм) выносится из котловин, а золотины размерностью 0,15–0,3 мм концентрируются на днищах котловин и желобов выдувания.

Таким образом, на территории Тувы могут быть обнаружены автохтонные и аллохтонные эоловые россыпи. Автохтонные россыпи золота формируются как за счёт коренных источников, так и за счёт дефляции ранее образованных россыпей. Эоловые россыпи золота характеризуются специфическим строением продуктивного пласта, представленным галечно-гравийным материалом с присутствием в них ветрогранников и золотин с признаками эоловой обработки. Продуктивный горизонт плащеобразно перекрывает дефляционную поверхность и имеет удивительно малую мощность. Поисковыми критериями обнаружения эоловых россыпей золота является наличие золота с признаками эоловой обработки, ветрогранников, специфическое строение продуктивного пласта, а также присутствие дефляционных структур рельефа и характерный для эоловых отложений литологический состав.

**4. ТЕХНОГЕННЫЕ РОССЫПИ.** Техногенные рыхлые образования, оставшиеся в долинах рек после отработки россыпных месторождений золота, содержащие остаточное золото называются техногенными россыпями. За 150-летний период эксплуатации россыпей Тувы в местах их добычи были складированы значительные по объёму отвалы перемытых песков, в которых локализован неизученный и неоценённый до настоящего времени ресурсный потенциал золота. В ходе полевых экспедиционных исследований 2017–2018 гг. авторами впервые были проведены работы по выявлению, систематизации, опытному опробованию и переоценке техногенных образований некоторых отработанных россыпей Тувы для оценки возможности повторной отработки гале-эфельного комплекса россыпных месторождений, отработываемых старателями в разные годы (Прудников, Хертек, 2018, 2019). Объектом исследования были выбраны техногенные образования эталонных россыпных месторождений золота Тувы, находящиеся в различных горнотехнических условиях и экономических зонах, для оценки их возможной повторной отработки: россыпи Малый Алгияк (Амыло-Сыстыгхемский золотоносный район), Ойна, О-Хем (Ойна-Харальский золотоносный район), Кара-Хем, Проездной (Тапса-Каахемский золотоносный район). Оценка ресурсов проводилась на основании анализа и обобщения архивных материалов по данным поисковых работ и путём собственного опытного опробования техногенного отвального комплекса среднеобъёмными рядовыми пробами объёмом 0,2–0,3 м<sup>3</sup>. В результате предварительной прогнозной оценки было установлено, что изученные техногенные отложения отработанных россыпей обладают достаточно высоким потенциалом для их повторной отработки:

- ресурсы золота в отвалах отработанной долинной россыпи Мал. Алгияк оцениваются авторами в 428 кг при среднем содержании золота 184 мг/м<sup>3</sup>.
- в долине р. Кара-Хем установлена промышленная техногенная россыпь золота на участке мускульной отработки и две непромышленные россыпи на участках дражной и гидравлической отработок. Прогнозные ресурсы золота в промышленной техногенной россыпи оцениваются в 140,8 кг при среднем содержании золота 376 мг/м<sup>3</sup>. Прогнозные ресурсы золота на участках дражной и гидравлической отработок оцениваются авторами в 65,9 кг. при среднем содержании 59 и 139 мг/м<sup>3</sup>.
- в долине р. Проездной установлена непромышленная техногенная россыпь золота на участках мускульной и гидравлической отработки. Прогнозные ресурсы золота техногенных отложений оцениваются авторами в 11,5 кг при среднем содержании 87 мг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, техногенные отложения отработанных россыпей Тувы обладают достаточно высоким потенциалом для их повторной отработки. В изученных техногенных россыпях преобладает золото среднего класса, что гарантирует высокую извлекаемость при их отработке. Горно-геологические условия техногенных месторождений благоприятны для их освоения. Недопустимых экологических последствий повторная разработка месторождений не вызовет, учитывая малую глинистость песков и многолетний опыт их эксплуатации предшественниками. Техногенные россыпи при больших объёмах песков характеризуются низкими содержаниями и небольшими запасами, которые не интересуют крупные золотодобывающие предприятия, но могут обрабатываться небольшими артелями. Одной из причин вовлечения техногенных рыхлых отложений в переработку являются низкие затраты на извлечение металлов, размещение техногенных месторождений преимущественно на земной поверхности; раздробленное состояние горной массы; развитие новых технологий добычи минерального сырья; наличие подъездных путей; рост цен на товарную продукцию; создание новых рабочих мест и обеспечение самозанятости населения. Мелкие непромышленные техногенные россыпи могут быть рекомендованы для рекреационной (туристической, любительской) россыпной золотодобычи в Туве.

Перспективы открытия новых месторождений россыпного золота в Туве связаны со сложными «нетрадиционными» типами россыпей: неогеновыми, ледниковыми и флювиогляциальными золотоносными отложениями, эоловыми и техногенными россыпями.

## ЛИТЕРАТУРА

- Казакевич Ю.П., Вашко Н.А. Роль ледниковых процессов в сохранении и уничтожении золотоносных россыпей на примере некоторых районов Сибири // Геология россыпей. – М.: Наука, 1965. – С. 157–165.
- Прудников С.Г. Условия образования и закономерности размещения россыпей Харальского золотоносного района // Отечественная геология. – 1997. – № 6. – С. 18–23.
- Прудников С.Г. Перспективные морфогенетические типы золотоносных россыпей Тувы // Комплексное изучение аридной зоны Центральной Азии: Материалы Междунар. рабочего совещ. (12–14.09.1994, Кызыл) / Отв. ред. докт. геол.-мин. наук В.И. Лебедев, канд. физ.-мат. наук В.М. Логинов. – Кызыл: ТувИКОПР СОРАН, 1998. – С. 50–54.
- Прудников С.Г. Закономерности размещения россыпей золота в морфоструктурах Тувы и Западного Саяна: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Кызыл, 2004. – 20 с.
- Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка ресурсов техногенных образований отработанной россыпи золота Малый Алгияк (Тува) // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 2. – С. 129–133.
- Прудников С.Г., Хертек Ч.М. Оценка ресурсов техногенных образований отработанных россыпей золота Кара-Хем, Проездной (Тува) // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 2. – С. 67–72.
- Филиппов В.Е., Никифорова З.С. Формирование россыпей золота под воздействием эоловых процессов / Отв. ред. Б.В. Олейников. – Новосибирск: Наука, 1998. – 160 с.

Herail G., Fornari M., Rouhier M. Geomorphological Control of Gold Distribution and Gold Pactice Evolution in Glacial and Fluvioglacial Placers of the Ancocala-Ananea Basin — Southeastern Andes of Peru // *Geomorphology*. – 1989. – №2. – P. 369–383. – Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam — Printed in the Netherlands.

#### REFERENCES

- Filippov V.Ye., Nikiforova Z.S. *Formirovaniye rossypey zolota pod vozdeystviyem eolovykh protsessov* [Formation of gold placers under the influence of eolian processes] / ed. by B.V. Oleinikov. Novosibirsk, Nauka Publ., 1998, 160 p. (In Russ.)
- Herail G., Fornari M., Rouhier M. Geomorphological Control of Gold Distribution and Gold Pactice Evolution in Glacial and Fluvioglacial Placers of the Ancocala-Ananea Basin — Southeastern Andes of Peru. *Geomorphology*, 1989, no. 2, pp. P. 369–383. Elsevier Science Publ. B.V. Amsterdam — Printed in the Netherlands.
- Kazakevich Yu.P., Vashko N.A. Rol' lednikovykh protsessov v sokhraneni i unichtozhenii zolotonosnykh rossypey na primere nekotorykh rayonov Sibiri [The role of glacial processes in the preservation and destruction of gold-bearing placers on the example of some regions of Siberia]. *Geologiya rossypey = Geology of Placers*. Moscow, Nauka Publ., 1965, pp.157–165. (In Russ)
- Prudnikov S.G. Pepspektivnyye mofpogeneticheskiye tipy zolotonosnykh possypey Tuvy [Perspective morphogenetic types of gold placers in Tuva]. *Kompleksnoye izucheniye apidnoy zony Tsentral'noy Azii* [Comprehensive study of the arid zone of Central Asia]: Materials of the International Workshop (12–14.09.1994, Kyzyl) / ed. by V.I. Lebedev, V.M. Loginov. Kyzyl, TuvI-ENR SB RAS, 1998, pp. 50–54.
- Prudnikov S.G. Usloviya obrazovaniya i zakonomernosti razmeshcheniya rossypey Kharal'skogo zolotonosnogo rayona [Conditions for the formation and patterns of placement of placers in the Kharal gold-bearing region]. *Otechestvennaya geologiya = Russia's Geology*, 1997, no. 6, pp. 18–23. (In Russ)
- Prudnikov S.G. *Zakonomernosti razmeshcheniya rossypey zolota v morfostrukturakh Tuvy i Zapadnogo Sayana* [Location patterns of gold placers in the morphostructures of Tuva and the Western Sayan]: Abstract of Dis. ... Candidate of Geological and mineralogical Sciences, Kyzyl, 2004, 20 p. (In Russ.)
- Prudnikov S.G., Khertek Ch.M. Otsenka resursov tekhnogennykh obrazovaniy otrabotannoy rossypi zolota Malyy Algiyak (Tuva) [Estimation of the resources of technogenic formations of the explored gold placer Malyy Algiyak (Tuva)]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 2018, no. 2, pp. 129–133. (In Russ.)
- Prudnikov S.G., Khertek Ch.M. Otsenka resursov tekhnogennykh obrazovaniy otrabotannykh rossypey zolota Kara-Khem, Proyezdnoy (Tuva) [Estimation of resources of technogenic formations of explored gold placers of the Kara-Khem, the Proezdnoy (Tuva)]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 2019, no. 2, pp. 67–72. (In Russ.)