

Построение проводилось с применением метода близости 1-г Пирсон. Как следует из рис. 3, геохимические спектры микроэлементов в литогеохимических пробах образуют 6 небольших микроассоциаций {Ag-As-Pb-Zn; Mo-Bi-Cu; W-Sb-Sn-B; La-Ba-Sc; Ga-K-Na; Mn-Mg-Ni-Co-Cr}.

Анализируя результаты, отраженные на рис. 3, касающиеся золотого оруденения, можно говорить об его связи с редкометалльным оруденением, так как золото образует единый кластер в W, Sb, Sn и В. В то же время на участке присутствуют и признаки медно-молибден-порфировой системы, что подтверждает кластер Cu, Mo, Bi.

Медно-молибден-порфиновые месторождения являются основными поставщиками меди и молибдена и представляют собой главный промышленный тип месторождений медных руд. За рубежом подавляющая часть запасов меди связана именно с ними, тогда как в России наибольшее количество меди находится в сульфидных медно-никелевых месторождениях и объектах колчеданного типа [3]. Тем не менее перспективы наращивания запасов меди за счет открытия крупных объектов медно-порфирового типа на территории России достаточно велики.

На сегодняшний день наиболее перспективным районом для выявления объектов медно-порфирового типа является Дальневосточный федеральный округ, где расположены месторождения «Малмыж» и «Понийское».

Таким образом, проведенные нами геохимические исследования позволяют предполагать наличие в пределах опосредованного участка Комсомольского района как медно-молибден-порфировой системы, так и объекта золото-редкометалльного типа.

1. Бурева, Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA». Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Н.-Новгород, 2007. – 112 с.

2. Волков, А.В., Сидоров А.А. Прогнозно-поисковая модель месторождений золота, связанных с интрузивами гранитоидов Арктической зоны России // Арктика: экология и экономика. – 2018. – С. 84-99.

3. Сабельников, И.С. Геохимические особенности медно-порфиновых объектов Мургальской металлогенической зоны (Чукотский АО) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.

УДК:55:551.1/4

Моисеенко Наталья Валентиновна

Амурский государственный университет,

г. Благовещенск, Россия

E-mail: kaunamka82@mail.ru

Moiseenko Natalia Valentinovna

Amur State University,

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: kaunamka82@mail.ru

Авраменко Светлана Михайловна

Амурский государственный университет,

г. Благовещенск, Россия

E-mail: ana.avramenko.66@mail.ru

Avramenko Svetlana Mikhailovna

Amur State University,

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: ana.avramenko.66@mail.ru

СЕРЕБРО В ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПРИАМУРЬЯ

SILVER IN THE GOLD DEPOSITS OF THE AMUR REGION

Аннотация. Изучены основные минералы-концентраторы самородного серебра в рудах золоторудных месторождений Приамурья (Албын, Маломыр, Пионер, Покровское). Установлено, что серебро имеет положительную корреляцию с золотом, цинком, мышьяком, сурьмой, свинцом и кадмием. Наблюдается отрицательная корреляция серебра с цирконием, иттрием, гафнием, танталом и редкоземельными элементами.

Abstract. The main minerals of native silver hubs on gold deposits of the Amur region (Albyn, Malomyr, Pioner, Pokrovskoe) were studied. It has been established that silver has a positive correlation with gold, zinc, arsenic, antimony, lead and cadmium. There is a negative correlation of silver with zirconium, yttrium, hafnia, tantalum and rare earth elements.

Ключевые слова: серебро, золото, рудные метасоматиты, корреляция, золоторудное месторождение.

Key words: silver, gold, pyrite, ore metasomatites, correlation, gold deposit.

DOI: 10.22250/jasu.93.27

Для исследований были выбраны месторождения «Пионер», «Покровское», «Маломыр» и «Албын». Первые два находятся в Гонжинском золотоносном районе Амурской области, два последних – в Верхнеселемджинском золотоносном районе.

Пионерское и Покровское месторождения расположены на юго-восточном стыке двух раннемеловых массивов гранитоидов – Ольгинского и Сергеевского. Осадочные породы в пределах месторождений состоят из песчаников и углистых алевролитов и аргиллитов аякской свиты верхней юры. Для Покровского месторождения характерно наличие вулканической структуры – Покровского палеовулкана. На территории месторождений выявлено большое количество разрывных нарушений и зон дробления. Породы в пределах рудоносных комплексов подверглись процессам интенсивного метасоматоза: пропилитизации и аргиллизации. На месторождении «Пионер» метасоматиты относятся к золото-сульфидно-кварцевой формации, на Покровском – к золото-серебряной формации [1].

Месторождение «Маломыр» расположено в Селемджино-Кербинской металлогенической зоне Монголо-Охотского золотоносного пояса [2]. Рудное поле представлено кварц-слюдистыми и глинисто-графитистыми сланцами и метапесчаниками златоустовской свиты среднего палеозоя, которые образуют антиклиналь, осложненную серией складок. Позднепалеозойские гранитоиды и раннемеловые дайки прорывают палеозойские породы. В пределах рудного поля фиксируются разрывные нарушения разного порядка. Выделяются две крупные рудные зоны – Диагональная и Кварцитовая. Метасоматиты первой зоны относятся к золото-сульфидной формации, метасоматиты второй – к золото-кварцевой.

Месторождение «Албын» входит в состав Харгинского рудного узла Джагды-Селемджинской металлогенической зоны. Вмещающими породами служат метаморфизованные в зеленой фации породы афанасьевской свиты раннего палеозоя, слагающие Эльгоканскую купольную структуру, а также тела метабазитов златоустовского комплекса позднего карбона [3]. По сланцам и метабазитам развиты тела альбитовых и хлорит-полевошпатовых золотоносных метасоматитов. Метасоматиты «Албына» относятся к золото-кварцевой формации.

Пробы и образцы с рудных зон месторождений «Албын», «Маломыр», «Пионер» и «Покровское» были изучены аналитическими методами. Минералогический анализ (ИГиП ДВО РАН) дал

информацию о процентном содержании разных минералов. Рентгенофлуоресцентным методом было установлено содержание основных породообразующих элементов. Для определения содержания редкоземельных, редких и рудных элементов использовался метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS). Содержания золота и серебра получены с помощью атомно-абсорбционного анализа. Элементный состав минералов исследовался в полированных шлифах на электроннозондовом микроанализаторе JXA-8100 (JEOL, Япония). С помощью программы STATISTICA были выявлены корреляционные связи серебра с другими элементами.

Для получения значений кларков концентраций серебра его содержания были нормированы к содержанию в верхней континентальной коре [4].

Если рассмотреть коэффициенты концентраций серебра изученных месторождений, то можно увидеть, что в среднем наиболее низкие концентрации характерны для месторождений «Албын» и «Маломыр», а наиболее высокая концентрация наблюдается в образцах Покровского золоторудного месторождения (рис. 1). В целом это показывает, что Покровское месторождение является самым сереброносным в этой группе.

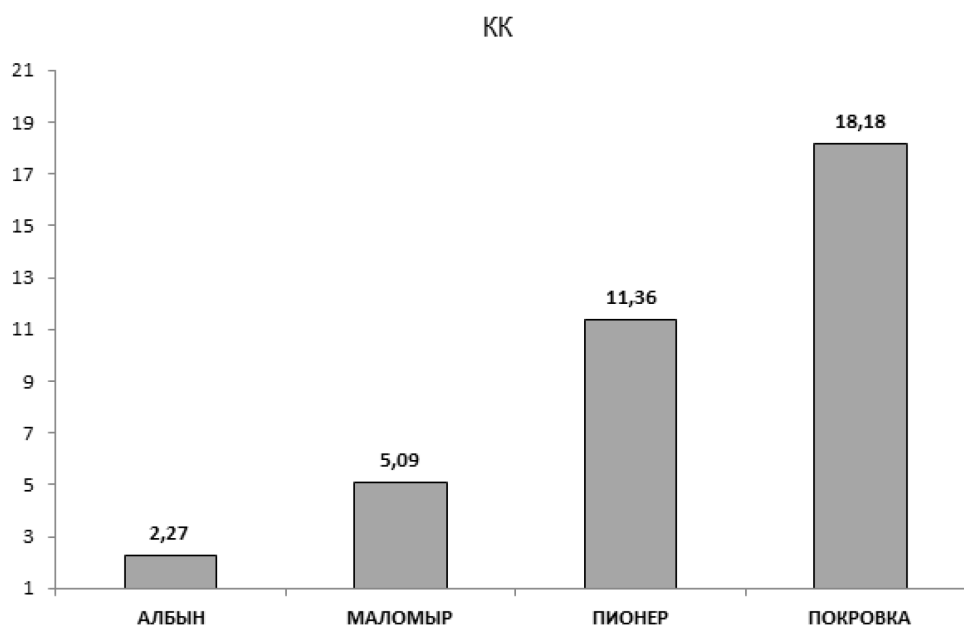


Рис. 1. Гистограмма кларков концентраций серебра для золоторудных месторождений.

Примечание: $КК = Ag(\text{месторождение}) / Ag(\text{континентальная кора})$, где $Ag(\text{месторождение})$ – среднее содержание серебра в рудах месторождения; $Ag(\text{континентальная кора})$ – среднее содержание серебра в верхней континентальной коре [4].

Метасоматиты месторождения «Албын» характеризуются кварц-полевошпатовым, карбонат-хлорит-слюдисто-кварц-альбитовым и слудисто-кварц-альбитовым составами [3]. По данным минералогического анализа, жильные минералы на 96-98% состоят из кварца и полевых шпатов; кроме них, встречаются мусковит, серицит и карбонаты. Содержание сульфидов в руде составляет в среднем – 1.5-2%, на пирит и арсенопирит приходится 98-99%. Реже встречается пирротин, к еще более редким минералам относятся сфалерит, халькопирит, галенит.

В золоторудном этапе на месторождении «Албын» не выделено золото-серебряных стадий и не отмечены собственные минералы серебра [5]. Возможными носителями серебра могут быть галенит или редко встречающиеся блеклые руды, но в основном серебро связано с самородным золотом, основная часть которого по составу близка к высокопробному либо является высокопробным (882.3-935.7⁰/₀₀). По данным электронной микроскопии, в тесном сростании с самородным золотом находятся пирит, арсенопирит, пирротин, гидроокислы железа, серицит, кобальтин и др. Корреляционные связи серебра с другими элементами – на рис. 2.

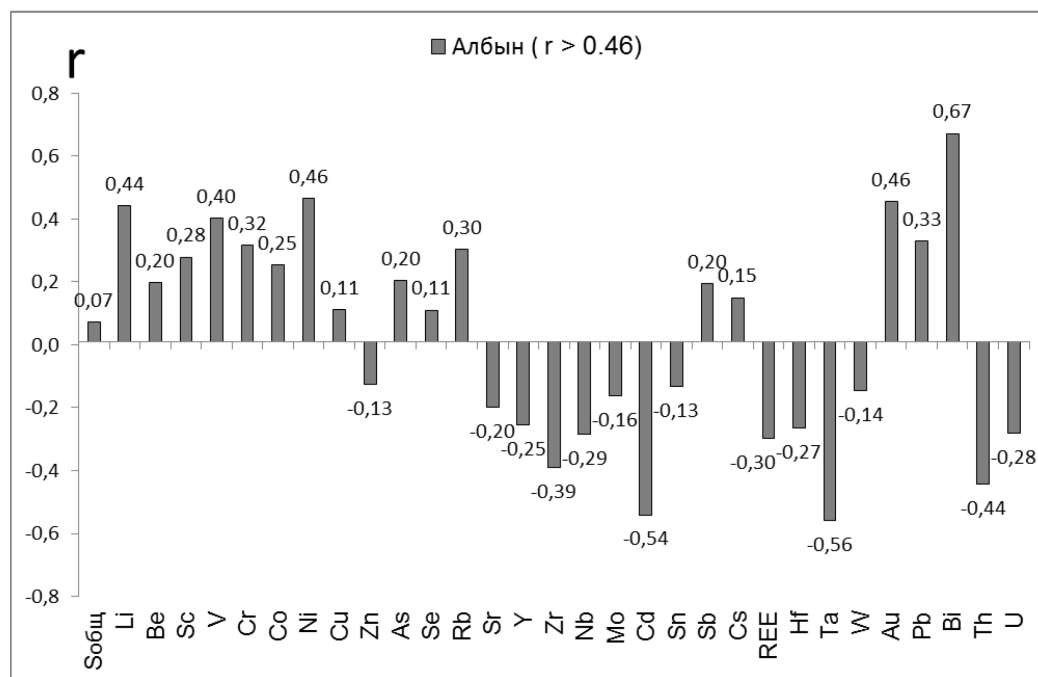


Рис. 2. Гистограмма корреляционных связей серебра с серой и редкими элементами золоторудного месторождения «Албын».

Примечание: r – значимый коэффициент корреляции.

Положительная и слабоположительная корреляция наблюдается с никелем, золотом, висмутом, ванадием и свинцом. Серебро образует твердые растворы с золотом, которое обычно имеет самые высокие коэффициенты корреляции с серебром. Как было отмечено ранее, обнаружены сростания самородного золота с кобальтином и пирротинном, иногда присутствует самородное железо и микронные включения висмутита в арсенопиритах, все это может давать положительные корреляции с никелем и висмутом. Отрицательная и слабоотрицательная корреляция с серебром характерна для кадмия, тантала, тория, циркония, ниобия, редких земель, гафния, вольфрама и урана. Минералы-концентраторы этих элементов – рутил, ильменит, монацит, циркон, сфен, апатит, шеелит и другие – относятся к редкометалльной дозолоторудной стадии, более ранней по отношению к золоторудной.

Среди метасоматитов месторождения «Маломыр» были выделены кварц-альбитовые метасоматиты, серицит-карбонат-кварцевые метасоматиты (березиты) и кварц-адуляровые метасоматиты [5]. Кварц, адулярь, альбит, серицит и карбонаты составляют от 95% до 98%, преобладающими жильными минералами являются кварц и полевые шпаты. Содержания сульфидов составляют 5-8%, на 98-99% они представлены пиритом и арсенопиритом. К более редким минералам можно отнести галенит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды, акантит, вольфрамит, шеелит, ильменит, рутил, золото и др. В золото-серебряной стадии рудного этапа изучены собственные минералы серебра – акантит и аргентит, из серебряносодержащих минералов – блеклые руды. По данным электронной микроскопии, содержание серебра в блеклых рудах составляет от 0.47% до 0.65%. Минералы, обнаруженные в тесном сростании с самородным золотом, представлены арсенопиритом, пиритом, галенитом, тетраэдритом, ксенотимом, адуляром, серицитом, альбитом, смесью гидроксидов железа и алюмосиликатного вещества, углеродистой породой. Проба золота по исследованным образцам первичных руд лежит в пределах 803.8-903.6⁰/₀₀. Результаты изучения корреляционной зависимости серебра с рудными и редкими элементами представлены на рис. 3.

Выделены группы с положительной и отрицательной корреляцией. К группе элементов с положительной корреляцией относятся цинк, мышьяк, селен, кадмий, сурьма, вольфрам, золото, свинец и висмут.

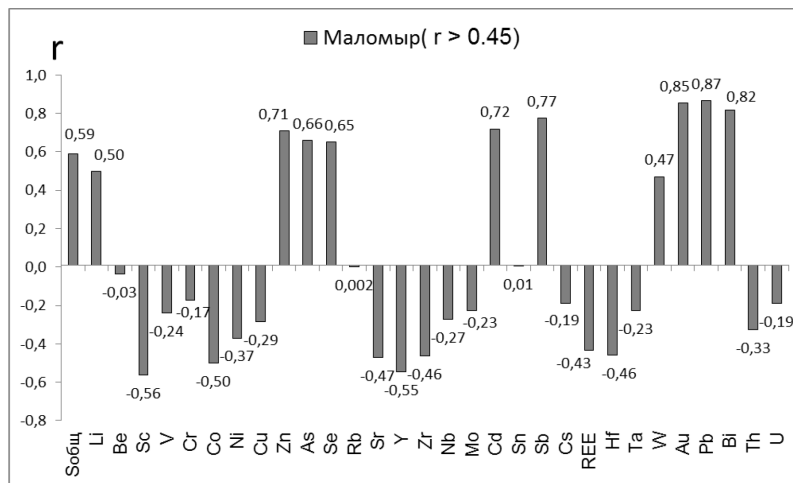


Рис. 3. Гистограмма корреляционных связей серебра с серой и редкими элементами золоторудного месторождения «Маломыр».

Примечание: r – значимый коэффициент корреляции.

Подобный результат может быть связан с тем, что в минеральных ассоциациях вместе с минералами золота и серебра присутствуют сфалерит, галенит, блеклые руды и др. Встречаются зерна золота с примесью цинка. Отрицательная корреляция характерна для кобальта, никеля, стронция, иттрия, циркония, редкоземельных элементов и гафния.

Слабо отрицательная корреляция серебра с медью возможна из-за того, что в блеклых рудах с увеличением серебра уменьшается содержание меди.

На месторождении «Пионер» рудоносные метасоматиты состоят из серицит-кварцевых, хлорит-серицит-кварцевых и карбонат-кварц-серицитовых разновидностей [1]. Основные породообразующие минералы метасоматитов (кварц, полевые шпаты, слюды, карбонаты) составляют 92-98%, оставшиеся сульфиды на 99% представлены пиритом и арсенопиритом, с преобладанием первого. Кроме пирита и арсенопирита, встречаются галенит, сфалерит, халькопирит, молибденит, антимонит, сульфосоли свинца и сурьмы, блеклые руды, самородное золото и др. В золото-сульфидно-кварцевой стадии золоторудного этапа установлены минералы-концентраторы серебра – самородное серебро, самородное золото, аргентит, гессит, петцит, андорит, миаргирит, пираргирит, прустит, полибазит. Минералы, которые имеют примесь серебра, – теннантит, тетраэдрит, фрейбергит, ковеллин, бурнонит, сфалерит. Проба самородного золота, отобранного из рудного тела «Бахмут», лежит в интервале 854.3-903.9‰. Результаты изучения корреляционной зависимости серебра с рудными и редкими элементами представлены на рис. 4.

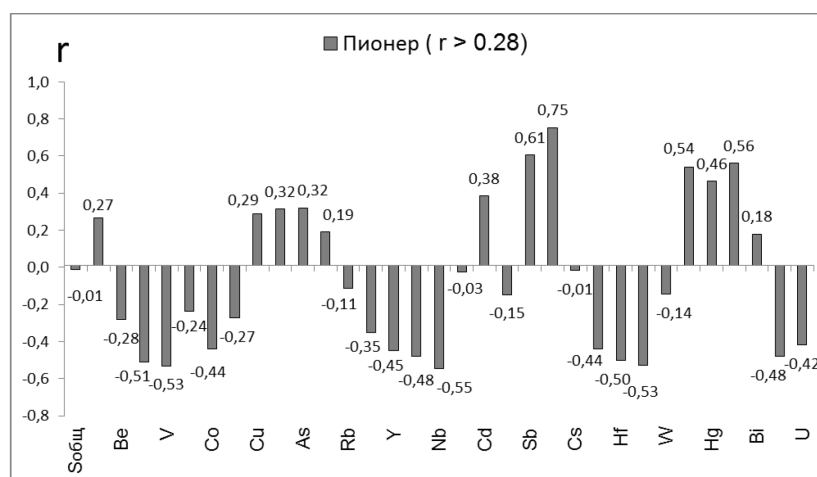


Рис. 4. Гистограмма корреляционных связей серебра с серой и редкими элементами золоторудного месторождения «Пионер».

Примечание: r – значимый коэффициент корреляции.

На месторождении «Пионер» серебро положительно коррелирует практически со всеми основными рудными элементами: медью, цинком, мышьяком, сурьмой, теллуром, кадмием, золотом, ртутью и свинцом. Прослеживается отрицательная корреляция серебра со скандием, ванадием, кобальтом, никелем, стронцием, иттрием, цирконием, ниобием, редкоземельными элементами, гафнием, танталом, торием и ураном. Высокую положительную корреляцию с сурьмой можно объяснить присутствием сульфосолей сурьмы в минеральных ассоциациях вместе с золотом и минералами серебра, а с теллуром – наличием гессита практически во всех минеральных ассоциациях золоторудного этапа. Такие элементы как стронций, иттрий, цирконий, ниобий, редкоземельные элементы, гафний, тантал, торий и уран связаны, как правило, с аксессуарными минералами, которые присутствуют в небольшом количестве и генетически мало связаны с золотом и серебром.

Рудные тела Покровского месторождения представляют собой совокупность кварцевых и кварц-карбонатных жил и прожилков штокверного типа и брекчий кварцевого состава, приуроченных к зонам трещиноватости и дробления [6]. Они выделяются только по данным опробования. Жильными минералами в рудах являются кварц, адуляр, карбонаты и слюды, их содержание составляет около 97-99%. Пирит и арсенопирит – главные сульфиды месторождения. Реже встречаются халькопирит, сфалерит, галенит, марказит, молибденит, блеклая руда и др. Из минералов-концентраторов серебра и имеющих серебро в виде примеси методом электронной микроскопии были обнаружены: золото (642.7-848.4⁰/₀₀), самородное серебро, аргентит, миаргирит, пираргирит, гессит, фрейбергит, серебро-содержащий тетраэдрит.

На рис. 5 отражена корреляционная зависимость между серебром и другими элементами (рудными, редкими, радиоактивными). Наибольшая корреляционная связь прослеживается с золотом, кадмием, сурьмой, медью, цинком и мышьяком и объясняется минеральными ассоциациями, в которых присутствуют самородное золото, минералы серебра, основные сульфиды, блеклые руды и т.д.

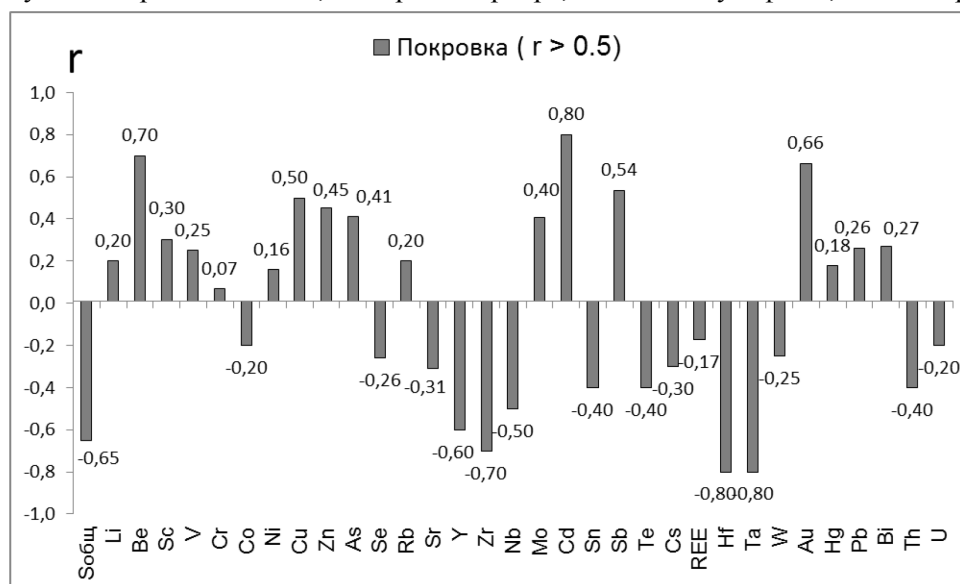


Рис.5. Гистограмма корреляционных связей серебра с серой и редкими элементами Покровского золоторудного месторождения.

Примечание: r – значимый коэффициент корреляции.

Отрицательная корреляция у серебра установлена с иттрием, цирконием, ниобием, гафнием и танталом. Этот ряд элементов на данном месторождении генетически не связан с золоторудным процессом.

В целом можно сделать вывод, что наиболее низкие содержания серебра в рудных метасоматитах характерны для месторождения «Албын», наиболее высокие – для Покровского золоторудного месторождения. Наблюдается ярко выраженная положительная корреляционная связь серебра с золо-

том, сурьмой, висмутом, цинком, мышьяком, кадмием, свинцом и медью. Отрицательная корреляция с серебром установлена для стронция, иттрия, циркония, ниобия, редкоземельных элементов, гафния и тантала.

1. Золоторудные месторождения России / под ред. М.М. Константинова. – М.: Акварель, 2010. – 349 с.
2. Моисеенко, В.Г. Золоторудные месторождения Востока России / В.Г. Моисеенко, Л.В. Эйриш. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 352 с.
3. Казанцев, Е.А. Гидротермалиты Албынского месторождения / Е.А. Казанцев, А.А. Малышев, Н.И. Орлова // Разведка и охрана недр. – 2013. – № 11. – С.7-11.
4. Григорьев, Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 382 с.
5. Месторождения рудного золота Приамурской провинции / А.В. Мельников [и др.]. – Благовещенск: АмГУ, 2017. – 150 с.
6. Минерально-сырьевая база Амурской области на рубеже веков / И.А. Васильев [и др.]. – Благовещенск: КИПР, 2000. – 168 с.

УДК 631.459.2(571.61)

Мурашова Елена Георгиевна

Амурский государственный университет,

г. Благовещенск, Россия

E-mail: elenajapun@mail.ru

Murashova Elena Georgievna

Amur State University,

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: elenajapun@mail.ru

РОЛЬ ФЛЮВИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА

FEATURES OF THE INFLUENCE OF FLUVIAL PROCESSES ON THE FORMATION OF VARIOUS FORMS OF RELIEF

Аннотация. Флювиальные процессы на территории Амурской области, представленные всеми генетическими типами, получили широкое развитие и активно участвуют в создании современного облика, приводя к формированию различных форм рельефа. Выделяются основные факторы и геолого-географические особенности распространения.

Abstract. Fluvial processes in the Amur region, represented by all genetic types, have been widely developed and actively participate in the creation of the modern appearance, leading to the formation of various forms of relief. The main factors and geological and geographical features of the distribution are highlighted.

Ключевые слова: флювиальный процесс, речная эрозия, сель, абразия, типы болот, озера, искусственные водоемы.

Key words: fluvial process, river erosion, mudflow, abrasion, types of swamps, lakes, artificial reservoirs.

DOI: 10.22250/jasu.93.28