

# Слово молодому ученому

## Young Scientists Speak

---

---

УДК 553.411

### ПОЛИСТАДИЙНОСТЬ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НОРСКОЙ ПЛОЩАДИ (АМУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

**Я.Ю.БУШУЕВ**, аспирант, *ofiolit718@gmail.com*

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия*

Норская площадь, находящаяся в Джагды-Селемджинской металлогенической зоне, входящей в состав Монголо-Охотского складчатого пояса, перспективна на обнаружение месторождений коренного золота, но еще слабо изучена. С учетом общего простираения Монголо-Охотского пояса и результатов работ предшественников современные работы были направлены на выявление рудных тел субширотного простираения. Результаты этих работ показали, что на изучаемой площади проявлены минимум две стадии золотого оруденения: Au-Ag-As-W – типична для месторождений Джагды-Селемджинской зоны, максимально проявлена в рудных телах субширотного простираения; Au-(Ag)-Pb-(Zn) – контролируется скрытыми разрывными структурами меридиональной ориентировки и выделяется для данной площади впервые. Максимально продуктивны рудные тела, в которых эти стадии проявлены совместно. Выявленные закономерности распределения золоторудной минерализации различных стадий позволяют оптимизировать методику проведения поисковых работ и более высоко оценить перспективы Норской площади.

**Ключевые слова:** золото, стадийность рудообразования, Норская площадь, Нимканский рудный узел, Джагды-Селемджинская металлогеническая зона, Амурская область.

Норская площадь находится в северо-западной части Джагды-Селемджинской металлогенической зоны, входящей в состав Монголо-Охотского складчатого пояса. Юго-восточнее участка на продолжении данных структур расположены крупные месторождения золота Маломыр и Токур (рис.1).

Норская площадь является частью Нимканского рудного узла, сложенного дислоцированными и метаморфизованными в фации зеленых сланцев терригенными и вулканогенно-осадочными породами ранне-среднедевонского и ранне-среднекаменноугольного возрастов. Каменноугольные отложения слагают крупную куполовидную структуру – Норскую антиклиналь, ограниченную с севера Нимканским, а с юга Эльгинским разломами. Установленные на данный момент рудопроявления локализуются в зоне влияния Нимканского разлома, как в лежачем, так и висячем боку.

Отправной точкой для изучения коренной золотоносности территории послужило наличие в пределах Норской площади россыпей золота, известных еще с XIX века. Добыча золота из них ведется и в наши дни. Однако коренная золотоносность изучена слабо: во второй половине XX века на территории района в рамках съемочных работ проводились поиски, выявившие ряд проявлений золота, локализованных в зонах разрывных нарушений субширотного простираения. На этой закономерности основана методика современных геологоразведочных работ. В результате их проведения было установлено, что рудные тела также контролируются разрывами северо-западного и субмеридионального простираения.

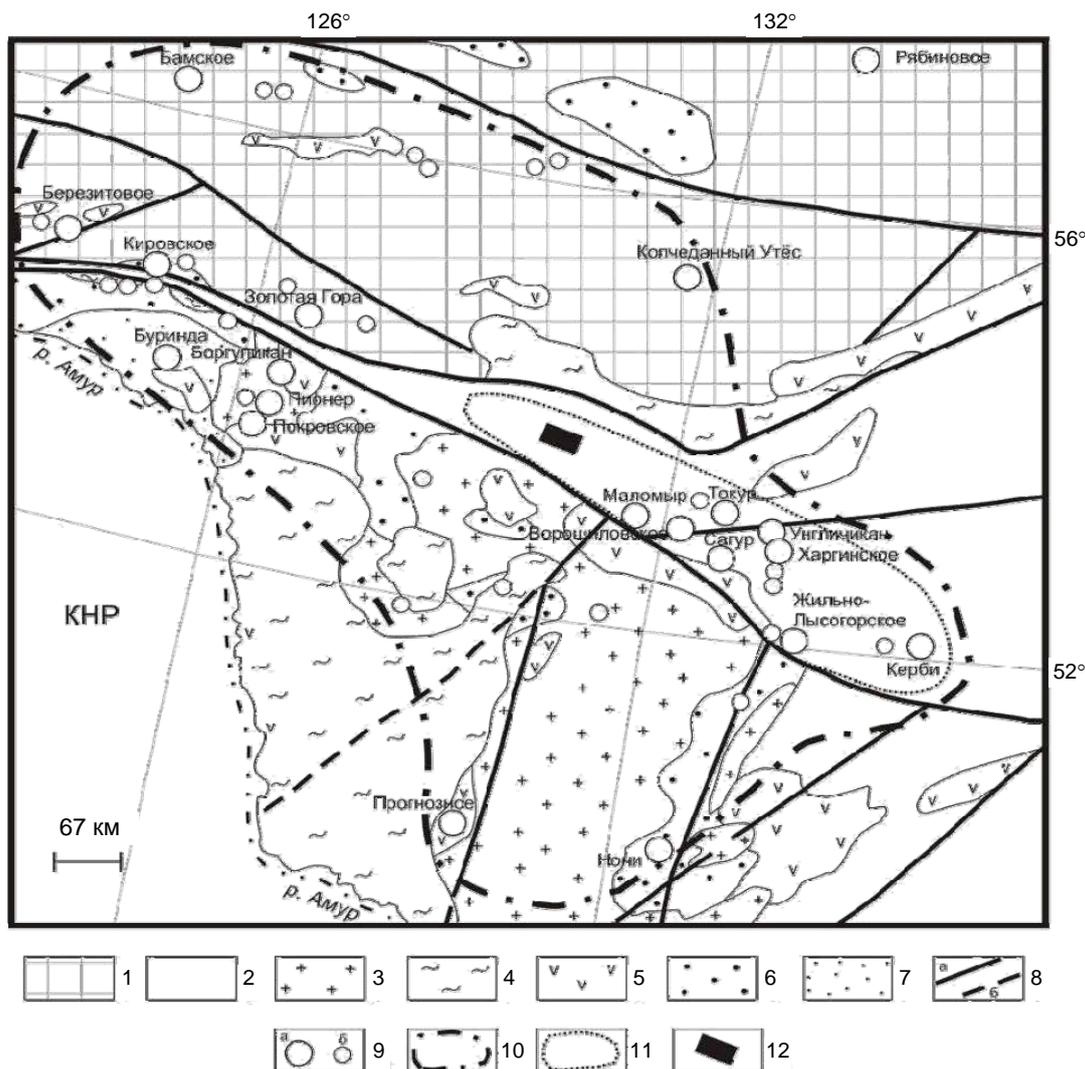


Рис. 1. Приамурская золоторудная провинция [5]

1 – Алдано-Становой геоблок; 2 – Монголо-Охотский складчатый пояс; 3 – выступы фундамента Амурского композитного массива; 4 – наложенные мезозой-кайнозойские впадины; 5 – вулканогенно-плутоногенные системы; 6 – периферические прогибы; 7 – внутрикратонные прогибы; 8 – региональные разрывные нарушения (а), в том числе под рыхлыми отложениями (б); 9 – золоторудные объекты: месторождения (а), рудопроявления (б); 10 – контур Приамурской золоторудной провинции; 11 – граница Джагды-Селемджинской металлогенической зоны; 12 – Норская площадь

По результатам анализов данных опробования каждая из структур характеризуется своей геохимической ассоциацией, что указывает на полистадийность рудообразования. Предположение об этом ранее было сделано на основе анализа типоморфных особенностей золота россыпей и коренных рудопроявлений [1].

Основа данной работы – минералого-геохимический анализ данных опробования открытых горных выработок, пройденных на Норской площади. Всего проанализировано 9385 борздовых проб (длина  $\approx 1$  м), в которых определены содержания 17 элементов спектральным полуколичественным и, частично, атомно-абсорбционным анализами. Пробы с высокими содержаниями Au и Ag дополнительно анализировались пробирным методом.

Полученная выборка неоднородна. На гистограмме содержания золота в пробах (рис.2) отчетливо видна ее полимодальность, на которую указывалось ранее [8]. Это может быть объяснено полистадийностью оруденения. Поэтому анализировать выборку целиком некорректно, следует разбить ее на геологически и аналитически однородные части.

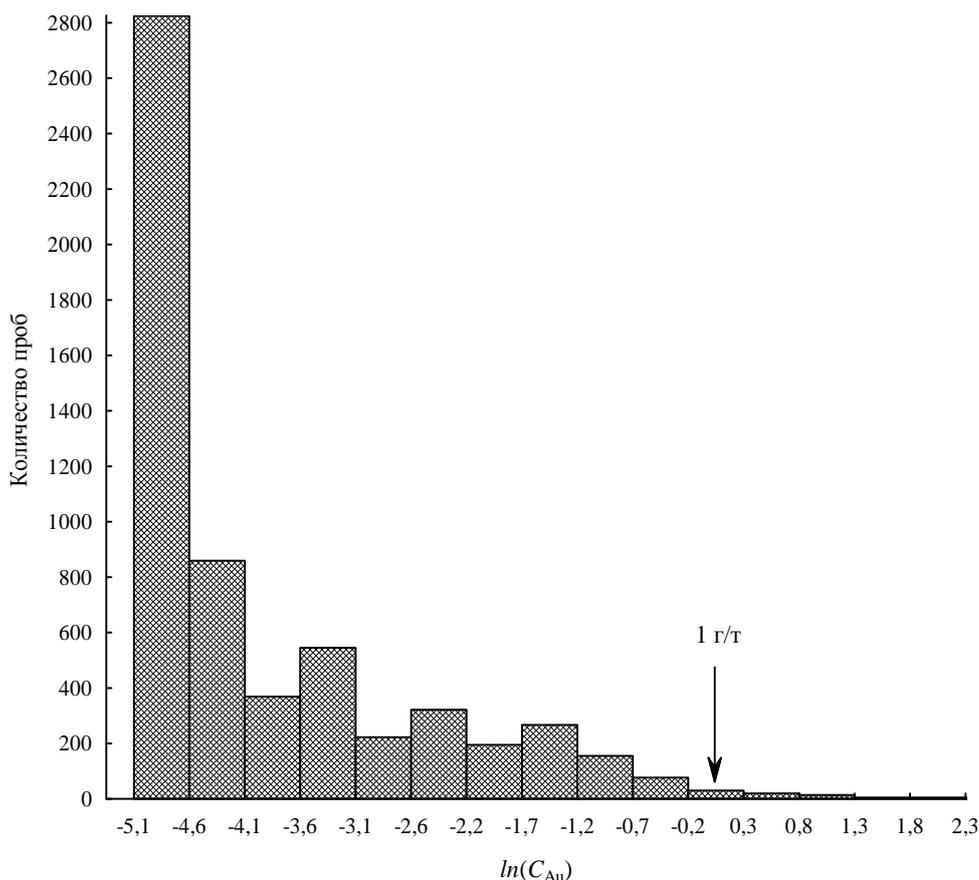


Рис.2. Полиmodalность распределения содержаний золота в бороздовых пробах (из выборки исключены пробы с содержанием < 0,006 г/т)

По пространственной ориентировке установленные на данный момент рудные тела можно разделить следующим образом:

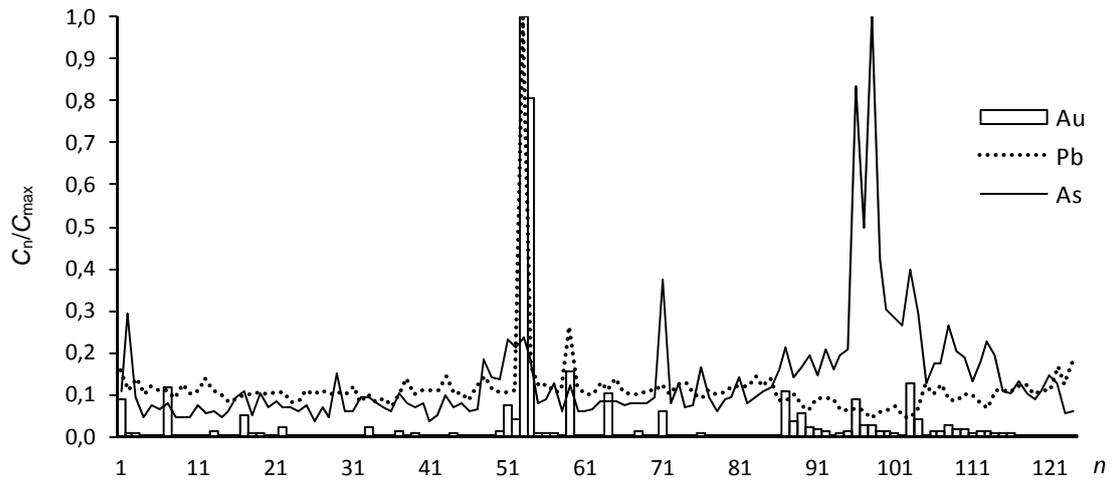
- субмеридиональные ( $\approx 30^\circ$ ) с крутыми углами падения в восточных румбах;
- субширотные ( $\approx 290^\circ$ ) с крутым падением на север (совпадающие с ориентировкой основных структур Норской площади);
- диагональные ( $\approx 330^\circ$ ) с крутым падением на северо-восток.

Были проанализированы данные опробования тех канав, в которых встречены наиболее характерные представители каждого типа рудных тел:

- канава К-170 вскрывает зону брекчирования и сопряженную с ней кварцевую жилу субмеридионального простирания с максимальным для Норской площади содержанием золота 43,6 г/т, и ряд минерализованных зон дробления субширотной и диагональной ориентировки с содержаниями Au на уровне десятых грамма на тонну (124 бороздовые пробы, атомно-абсорбционный анализ);

- канава К-131 вскрывает субширотную зону смятия и дробления большой мощности ( $n \cdot 10$  м) с относительно низким по содержанию ( $C_{Au} = n \cdot (0,1-1)$  г/т), но равномерным вкрапленным оруденением; в центральной части этой зоны установлено рудное пересечение, представляющее собой зону повышенной трещиноватости и кварцевого прожилкования северо-восточного простирания (116 бороздовых проб, спектральный полуколичественный анализ);

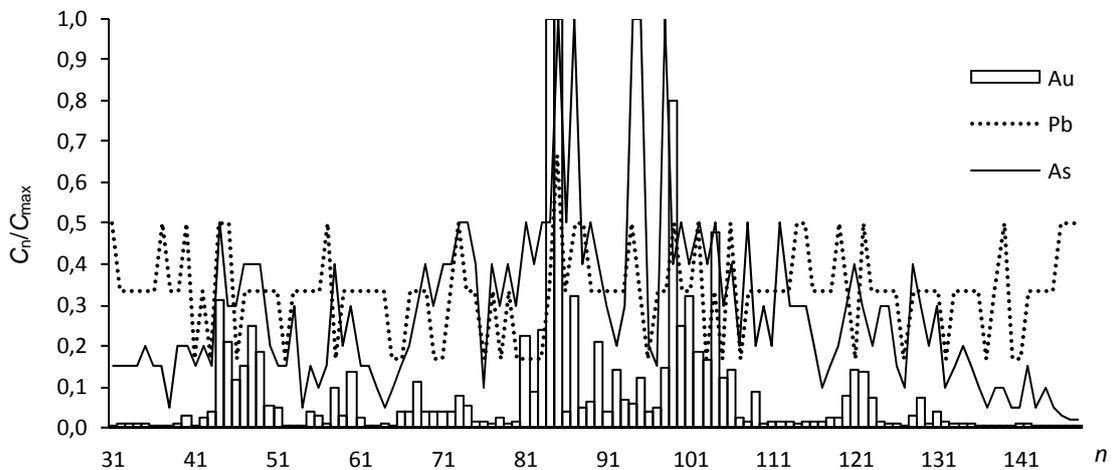
- канавы К-138, К-161 вскрывают диагональное разрывное нарушение северо-западного простирания, контролирующее серию сближенных минерализованных зон дробления с содержаниями золота  $n \cdot 1$  г/т (41 и 72 пробы соответственно, спектральный полуколичественный анализ).



**Коэффициенты корреляции содержаний элементов с содержанием Au**  
(курсивом выделены статистически значимые коэффициенты,  $p > 95\%$ )

Элемент	0-40 $n$	40-80 $n$	80-124 $n$
Mo	-	<i>0,3</i>	0,1
Pb	0,3	<i>0,8</i>	<i>-0,5</i>
Zn	0,0	<i>0,7</i>	<i>-0,5</i>
Ag	-	<i>0,8</i>	-
As	0,2	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>
Ni	0,1	-0,1	<i>0,3</i>

Рис.3. Геохимический профиль вдоль К-170  
(содержания элементов нормированы на максимальные значения для данной выработки)



**Коэффициенты корреляции содержаний элементов с содержанием Au**  
(курсивом выделены статистически значимые коэффициенты,  $p > 95\%$ )

Элемент	30-79 $n$	79-110 $n$	110-148 $n$
W	<i>0,7</i>	-0,2	<i>0,5</i>
Mo	<i>0,4</i>	-0,3	0,1
Pb	0,2	<i>0,4</i>	0,0
Zn	0,3	-0,2	0,1
Ag	<i>0,6</i>	0,0	<i>0,4</i>
As	<i>0,6</i>	0,3	<i>0,5</i>
Sb	0,2	0,0	<i>0,4</i>

Рис.4. Геохимический профиль вдоль К-131  
(содержания элементов нормированы на максимальные значения для данной выработки)

Построенный вдоль канавы К-170 геохимический профиль (рис.3) показывает разнотипность оруденения. Для всей канавы целиком, независимо от уровня содержания Au и ориентировки рудоносных структур, наблюдается положительная значимая корреляция Au с As. В центральной части канавы максимуму содержаний Au соответствует максимум содержаний Pb (160 г/т). Рассчитанные матрицы корреляций содержаний элементов по соответствующему интервалу проб (рис.3) дополняют картину: установлена отчетливая связь Au с Cu, Pb, Zn, Ag.

Ранее отмечалось [1], что для участка канавы К-131 с высокими содержаниями золота характерны относительно крупные его выделения в кварце. Для участков с относительно низкими содержаниями золота характерны его мелкие выделения в пирите. Проведенные исследования корреляционных зависимостей элементов (рис.4) показали, что в центральной части канавы Au имеет положительную значимую корреляцию с Pb. Но по сравнению с К-170 содержание свинца относительно мало (40 г/т) и не достигает максимального значения для данной горной выработки, также отсутствует значимая корреляция Au с Ag, Cu, Zn. На участках канавы, где содержания Au в пробах умеренно высокое ( $n \cdot (0,1-1)$  г/т), положительную значимую корреляционную связь с ним имеют As, W, Ag, Sb. Необходимо заметить, что коэффициенты корреляции для W, Ag, Sb в К-170 не рассчитывались, так как для атомно-абсорбционного анализа их содержания находились ниже порога чувствительности метода. Для всех горных выработок Норской площади, в которых пробы анализировались спектральным анализом, наблюдается устойчивая положительная корреляционная связь между Au, As, W и Ag.

Таким образом, подтверждается вывод о наличии двух геохимических типов оруденения: Au-Ag-As-W и Au-Pb.

Наблюдаемая постоянность в положительной корреляции Au, As, W и Ag (независимо от ориентировки структур и уровня концентрации золота) и наличие таковой между Au и Pb только в наложенных, секущих структурах объясняется последовательностью их проявления: первая стадия – Au-Ag-As-W, вторая – Au-Pb.

В канавах К-161, К-138 выявлены интервалы с максимальными содержаниями золота для рудных тел, приуроченных к диагональной структуре (К-138 – до 13,6 г/т, К-161 – до 15,2 г/т). Эта структура прослежена по простиранию серией канав на 320 м через 20-80 м. Приуроченное к ней рудное тело довольно четко опознается в полотне канав. Структура выглядит однородной, но рассчитанные отдельно для каждой канавы матрицы корреляций элементов этого не подтверждают (табл.1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции содержаний элементов с содержанием Au для канав К-138, К-161

Канавы	W	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb
К-138	0,22	<b>0,45</b>	<b>0,36</b>	<b>0,58</b>	<b>0,73</b>	<b>0,74</b>	-0,08
К-161	<b>0,3</b>	0,0	-0,1	-0,1	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>

Анализируя полученные соотношения элементов, можно утверждать, что наряду с ассоциацией Au-Pb (К-138) выделяется положительная корреляционная связь Au с Sb и As (К-161); можно предположить наличие еще одной стадии оруденения, связанной с дополнительным привнесением этих элементов.

Наличие как минимум двух геохимических ассоциаций золота подтверждается сравнением рудопроявлений Норской площади по средним значениям содержаний элементов. Для сравнения были взяты пробы из девяти рудопроявлений с содержанием Au  $\geq 1$  г/т, примерно с этого значения содержания можно назвать аномальными (см. рис.2). Результат представлен в табл.2.

Средние значения содержаний элементов в рудопрооявлениях Норской площади

Элемент	Номер рудопрооявлений и канав (рис.5)								
	1 (К-170)	9 (К-138,161)	6	2	7 (К-131)	5	4	8	3
Au, г/т	<b>13,4</b>	<b>4,1</b>	<b>9,9</b>	<b>3,1</b>	<b>3,2</b>	2,8	1,7	1,3	1,1
Sn, %·10 <sup>-5</sup>	33	19	30	48	15	21	15	20	20
W, %·10 <sup>-4</sup>	16	27	10	9	24	28	20	20	10
Pb, %·10 <sup>-4</sup>	<b>95</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>27</b>	18	19	15	20	30
Zn, %·10 <sup>-4</sup>	110	138	150	81	107	55	50	60	60
Ag, %·10 <sup>-6</sup>	<b>129</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>94</b>	40	36	20	60	10
As, %·10 <sup>-3</sup>	7	<b>167</b>	25	15	<b>119</b>	43	3	30	20
Sb, %·10 <sup>-3</sup>	0,3	<b>3,1</b>	0,5	0,3	0,9	1,3	0,5	0,5	0,5
Bi, %·10 <sup>-5</sup>	<b>15</b>	2	2	<b>23</b>	3	2	2	2	4

Как видно, рудопрооявления с максимальным содержанием золота (табл.2, рудопрооявления 1; 9; 6) характеризуются максимальными содержаниями свинца. Для рудопрооявления 9 характерны аномально высокие содержания и свинца и сурьмы, причем реализуются они в отдельных сечениях. Содержание вольфрама для всех рудопрооявлений примерно равное. Содержание мышьяка для рудопрооявлений 7 и 9 повышено более, чем на порядок по сравнению с остальными рудопрооявлениями. В рудопрооявлениях 1 и 2 наблюдаются высокие содержания не только золота и свинца, но и серебра и цинка.

Геохимическая ассоциация золота с серебром, мышьяком и вольфрамом устанавливается для всех месторождений Джагды-Селемджинской зоны, как для жил Токура [9], так и для минерализованных зон Маломыра [5, 10]. Это устойчивая геохимическая ассоциация всей зоны. Основные ее структуры (оси складок, крупные разрывные нарушения) субширотные. Такую же ориентировку имеет основная часть рудопрооявлений Норской площади (простираение 290°).

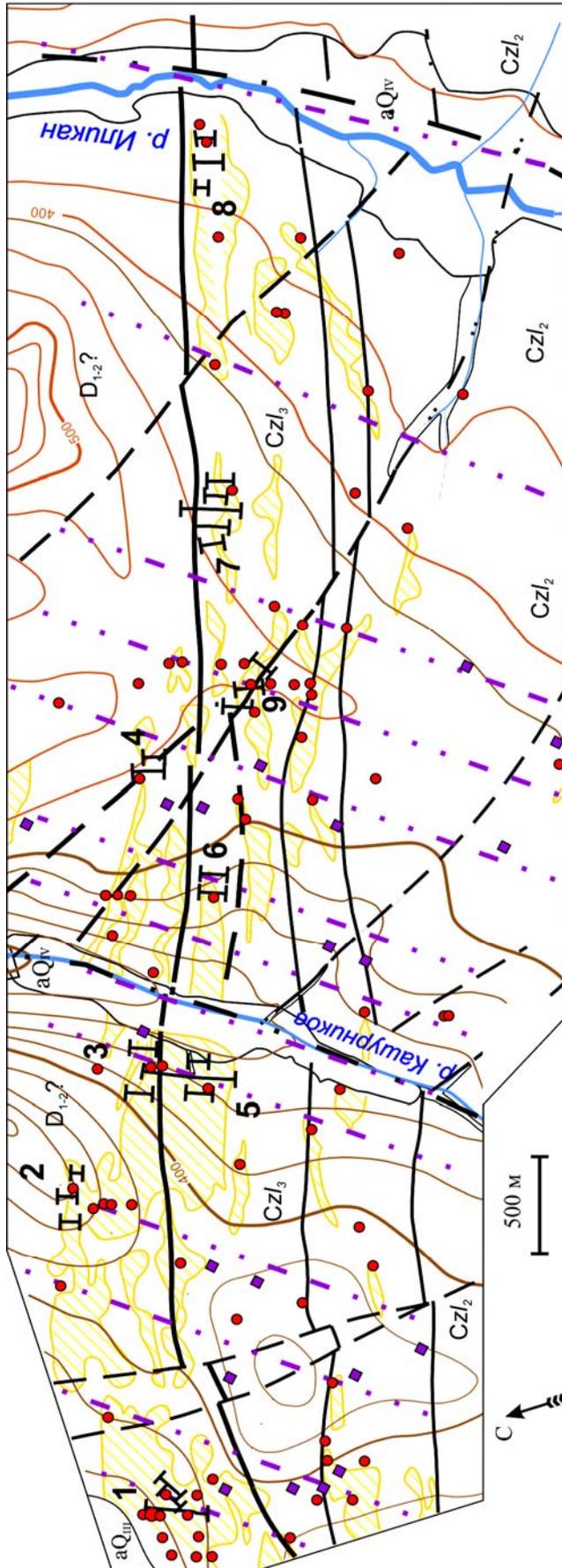
Рудное тело субмеридионального простираения подсечено только одной канавой К-170. В нем наиболее отчетливо проявлена ассоциация Au-Pb. Возникает вопрос о случайности данного рудного пересечения. На наличие неявных, скрытых разрывных нарушений меридионального простираения в Монголо-Охотском поясе указывается во многих литературных источниках [2, 4, 6]. Их образование объясняют влиянием тихоокеанских структур. С этими разрывными нарушениями связывают проявления ртутной, молибденовой и свинцовой минерализации [2].

Данные структуры можно локализовать на Норской площади (рис.5), опираясь на следующие факты.

1. Долины россыпей субмеридиональны, в шлиховых пробах наряду с золотом присутствуют галенит и киноварь.

2. Максимальным содержаниям Au сопутствуют максимальные содержания Pb. Пробы литохимической съемки ореолов рассеяния с аномально высокими значениями содержаний свинца и золота выстраиваются в линейные зоны того же простираения (30°), что и простираение основного рудного тела канавы К-170 и долин россыпей. Эти линейные зоны проходят через рудопрооявления с высокими содержаниями золота и свинца.

При существующей методике работ разведочные сечения практически параллельны подобным структурам, а значит, выявить их можно лишь случайно.



Верхнеэластовая подсистема. Слоистые сланцы; сланцы с прослоями метапесчаников, мраморизованных известняков, линзами кварцитов, зеленых сланцев и черных пиритсодержащих филлиговидных сланцев

Среднеэластовая подсистема. Филлиты, метапесчаники, прослои кварцитов, линзы черных пиритсодержащих филлиговидных сланцев, редко мраморизованных известняков, зеленых сланцев

Толща актинолит-хлорит-альбитовых, альбит-хлорит-эпидотовых, кварц-эпидот-альбитовых сланцев, филлигов, серицит-хлорит-кварцевых сланцев и микрокварцитов с редкими пластинами рассланцованных полимиктовых песчаников и редкими линзами мраморизованных известняков

Разрывные нарушения: 1 - достоверные; 2 - предполагаемые; 3 - под четвертичными образованиями; 4 - меридиональные структуры, установлены по рисунку гидросети, очертаниям рельефа, аномальным значениям содержания золота и свинца в геохимических пробах

Результаты опробования вторичных ореолов рассеяния золота, Au >0,01 г/т (1); единичные пробы с аномальным содержанием золота, Au >0,1 г/т (2); свинца, Pb >0,6·10<sup>-4</sup> (3)

Рудопроявления, вскрытые канавами, их номера; содержания золота в рудных пересечениях >1 г/т, мощность пересечения >1 м

Рис.5. Схема расположения скрытых меридиональных структур на Норской площади [1, материалы производственных отчетов]

Таким образом, для рудопроявлений Норской площади характерны как минимум две стадии оруденения:

- Au-Ag-As-W – типичная для месторождений Джагды-Селемджинской зоны;
- Au-(Ag)-Pb-(Zn) – выделенная для Норской площади впервые.

Максимально золотоносны рудные тела, в которых проявлены обе стадии оруденения. При ведении геологоразведочных работ следует обратить внимание на субмеридиональные структуры, узлы их пересечения с субширотными структурами.

Присутствие киновари в россыпях Норской площади подтверждает ртутную специфику меридиональных структур. Это позволяет предложить в качестве поискового метода газортутную съемку.

Установленная полистадийность оруденения трактуется как благоприятный фактор для формирования крупных месторождений золота [3], что позволяет более высоко оценить перспективы Норской площади.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуев Я.Ю. Выявление коренных источников золота россыпью бассейна реки Норы Селемджинского района Амурской области // Записки Горного института. 2012. Т. 195. С.9-14.
2. Власов Н.Г. Роль субмеридиональных геологических структур в формировании рудных узлов Приамурья / Н.Г.Власов, Л.П.Курник // Разведка и охрана недр. 2013. № 11. С.7-11.
3. Золоторудные гиганты России и мира / М.М.Константинов, Е.М.Некрасов, А.А.Сидоров и др. М.: Научный мир, 2000. 272 с.
4. Металлогения скрытых линейментов и концентрических структур / И.Н.Томсон, Н.Т.Кочнева, В.С.Кравцов и др. М.: Недра, 1984. 272 с.
5. Приамурская золоторудная провинция / Отв. ред. В.А.Степанов; АмГУ. Благовещенск, 2008. 231 с.
6. Радкевич Е.А. Металлогенические провинции Тихоокеанского рудного пояса. М.: Наука, 1977. 157 с.
7. Степанов В.А. Перспективы золотоносности Приамурской провинции // Руды и металлы. 2013. № 1. С.25-32.
8. Сендек С.В. Генезис распределений концентраций и массовых долей золота в рудах различных типов промышленных месторождений / С.В.Сендек, Я.Ю.Бушуев, К.Е.Чернышев // Записки Горного института. 2013. Т. 200. С.269-281.
9. Эйриш Л.В. Токурское золоторудное поле: геология, геохимия, генезис (Амурская область, Россия) / Л.В.Эйриш, Н.С.Остапенко, В.Г.Моисеенко. Хабаровск: ДВО РАН, 1998. 143 с.
10. Эйриш Л.В. Металлогения золота Приамурья (Амурская область, Россия). Владивосток: Дальнаука, 2002. 193 с.

#### REFERENCES

1. Bushuev Ya.Yu. Vyyavlenie korennykh istochnikov zolota rossypei basseina reki Nory Selemdzhinskogo raiona Amurskoi oblasti (*Revealing of primary sources for placer gold in the Nora river basin Selemdzhinsky district of Amur region*). The Proceedings of the Mining Institute. 2012. Vol.195, p.9-14.
2. Vlasov N.G., Kurmik L.P. Rol' submeridional'nykh geologicheskikh struktur v formirovanii rudnykh uzlov Priamur'ya (*Role of submeridional geological structures in the formation of ore clusters in the Amur region*). Razvedka i okhrana neдр. 2013. N 11, p.7-11.
3. Konstantinov M.M., Nekrasov E.M., Sidorov A.A. et al. Zolotorudnye giganty Rossii i mira (*Russian and Global Gold giants*). Moscow: Nauchnyi mir, 2000, p.272.
4. Tomson I.N., Kochneva N.T., Kravtsov V.S. et al. Metallogeniya skrytykh lineamentov i kontsentricheskikh struktur (*Metallogeny of hidden lineaments and concentric structures*). Moscow: Nedra, 1984, p.272.
5. Priamurskaya zolotorudnaya provintsia (*The Priamurskaya gold-bearing province*). Chief editor V.A.Stepanov; Amur State University. Blagoveshchensk, 2008, p.231.
6. Radkevich E.A. Metallogenicheskie provintsii Tikhookeanskogo rudnogo poyasa (*Metallogenic provinces of the Pacific ore belt*). Moscow: Nauka, 1977, p.157.
7. Stepanov V.A. Perspektivy zolotonosnosti Priamurskoi provintsii (*Gold prospects of the Priamurskaya province*). Rudy i metally. 2013. N 1, p.25-32.
8. Sendek S.V., Bushuev Ya.Yu., Chernyshev K.E. Genезis raspredelenii kontsentratsii i massovykh dolei zolota v rudakh razlichnykh tipov promyshlennykh mestorozhdenii (*Genesis of the distribution of concentration and the mass shares of gold in its ores in different commercial types of gold deposits*). The Proceedings of the Mining Institute. 2013. Vol.200, p.269-281.
9. Eirish L.V., Ostapenko N.S., Moiseenko V.G. Tokurskoe zolotorudnoe pole: geologiya, geokhimiya, genезis (Amurskaya oblast', Rossiya) (*Tokurskoe gold field: geology, geochemistry, genesis (Amur Region, Russia)*). Khabarovsk: Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998, p.143.
10. Eirish L.V. Metallogeniya zolota Priamur'ya (Amurskaya oblast', Rossiya) (*Gold metallogeny of the Amur region (Russia)*). Vladivostok: Dal'nauka, 2002, p.193.

---

---

## MULTISTAGE CHARACTER OF GOLD MINERALIZATION AT THE NORA AREA (AMUR REGION)

**Ya.Yu.BUSHUEV**, *post-graduate student, ofiolit718@gmail.com*

*National Mineral Resources University (Mining University), St Petersburg, Russia*

The Nora area located in the Dzhagdy-Selemdshinsky metallogenic zone (the eastern part of the Mongol-Okhotsk fold belt) is poorly explored but there is an evident prospect for discovering a hard-rock gold deposit. Based on the common Mongol-Okhotsk fold belt strike and the previous exploration results, the recent prospecting works were focused upon revealing ore-bodies of the east-west strike. Analysis of their data has drawn the conclusion that there might be at least two stages of gold-bearing mineralization at the explored area. The first one - Au-Ag-As-W stage is typical for deposits in the Dzhagdy-Selemdshinsky zone. It occurs mostly in ore-bodies of the east-west strike. The second – later stage, with the Au-(Ag)-Pb-(Zn) association, has been for the first time detected at this area. It is controlled by latent fractured structures of the north-south strike. Maximum gold concentration is characteristic for ore-bodies with combined development of both stages. Revealed regularities in location of various types gold-bearing mineralization should be taken into consideration for the grid of prospecting works and confirm the high potential of the Nora area.

**Key words:** gold, stages of gold-bearing mineralization, the Nora area, the Nimkan ore cluster, Dzhagdy-Selemdshinsky metallogenic zone, Amur region.