

УДК 553.457 (519.3)

ЛЕВИНТОВ М. Е., СУПРУНОВ Э. А.

О КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ РОССЫПЕОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОЛОВЯННЫХ РОССЫПЕЙ ГОРНЫХ РАЙОНОВ МОНГОЛИИ

С помощью дисперсионного и корреляционного анализов определены количественные показатели статистического влияния факторов россыпеобразования на масштабы россыпных месторождений олова Монголии. Установлены форма, характер и направление корреляционных связей между главными факторами россыпеобразования и запасами россыпей. Указаны наиболее благоприятные для обнаружения крупных россыпей касситерита участки долин. Полученные зависимости могут быть успешно использованы при детальном поиске, а также при оценке и выборе объектов для поисково-разведочных работ.

На территории Монгольской Народной Республики известно около 40 россыпных месторождений олова, небольшая часть которых детально разведана или эксплуатируется. Большинство же россыпей слабо изучены и не имеют окончательной промышленной оценки. Обычно определены практической ценности россыпных месторождений производится на основании ориентировочно подсчитанных запасов по данным разведочных работ; геоморфологические факторы при этом, как правило, не учитываются. На стадии поисков они принимаются во внимание в общем виде, но степень влияния каждого из факторов на процесс россыпеобразования неясна и учету не поддается. Все это делает необходимым разработку объективных критериев оценки масштабов известных россыпей и прогнозирования потенциально оловоносных долин с учетом комплекса ведущих факторов россыпеобразования и степени воздействия каждого из них.

В данной статье для этого использован аппарат дисперсионного (факториального) и корреляционного анализов. Правомерность их применения основывается на представлении о случайном характере процесса россыпеобразования в общей схеме эволюции рельефа. Дисперсионный анализ позволяет выявить наиболее благоприятные факторы развития того или иного процесса, количественно оценивать силу их влияния (η^2) на результативный признак Y (процесс или явление, изучаемые как результат воздействия ряда факторов). Все воздействия на результативный признак делятся на две группы: факторы «организованные» в данном исследовании (X) и факторы «неорганизованные» (Z). Считается, что влияние последних на результативный признак всегда одинаково и постоянно, а все разнообразие и величина результативного признака связаны с воздействием организованных факторов. Первоначально организованные факторы определяются априорно из числа общеизвестных. Однако не исключается, что расчетами может быть выявлена малая значимость любого из них и, наоборот, фактор из числа неорганизованных может оказаться значащим. Последнее устанавливается с помощью коэффициента корреляции (r), когда его высокие значения свидетельствуют о вероятно большой значимости данного фактора. Тогда этот фактор в по-

следующих расчетах относится к числу организованных. Как для коэффициента корреляции, так и для показателя силы статистического влияния определяется их достоверность (по критерию Фишера для η^2 и по критерию Стьюдента для r). Алгоритмы дисперсионного и корреляционного анализов взяты из работ Н. А. Плохинского (1967, 1970).

За результативный признак авторами приняты запасы россыпных месторождений как главный параметр, определяющий их практическую значимость. По величине запасов металла россыпи оценивались в баллах: 1 — до 100 т; 3 — от 100 до 500; 7,5 — от 500 до 1000; 15 — от 1000 до 3000 и 40 — более 3000 т.

Из всего разнообразия факторов россыпеобразования в группу организованных нами были отобраны пять¹, влияние которых на результативный признак казалось наиболее очевидным: 1 — формационная принадлежность коренного источника россыпи (далее сокращенно — тип коренного источника); 2 — удаленность россыпи от коренного источника (удаленность); 3 — порядок водотока, в долине которого расположена россыпь (порядок); 4 — густота эрозионной сети в бассейне, питающем россыпь (густота); и 5 — мощность аллювия в долине, в которой расположена россыпь (мощность аллювия). Методика вычислений обязывала в первую очередь провести градацию факторов по степени их возможного воздействия на результативный признак. Все полученные зависимости справедливы лишь в пределах принятых градаций, а вне их зависимости могут быть существенно иными.

Коренными источниками рассматриваемых оловянных россыпей являются месторождения и рудопроявления четырех различных типов, которые и были приняты в качестве градаций данного фактора. Это оловяносные пегматиты, грейзены, кварцевые жилы и проявления, где совместно развиты грейзены и кварцевые жилы. По удаленности от коренных источников оловянные россыпи Монголии разделены в данной работе на три группы: ближнего сноса (от нескольких сотен м до 4 км); средней дальности транзита (от 4 до 8 км) и весьма удаленные от источников (дальше 8 км).

Порядки водотоков определялись по среднемасштабным картам по схеме Хортон — Философова (водоток без притоков — I порядок; два водотока I порядка, сливаясь, дают водоток II порядка; два водотока II порядка, сливаясь, дают водоток III порядка и т. д.) Водотоки I и II порядков входили в первую группу; III и IV — во вторую, водотоки порядка выше IV — в третью. Отнесение водотоков I—V порядков к той или иной группе обусловлено следующим. Установлено (Симонов, 1972; Борсук, Кичигин, 1973; Кичигин, 1975, и др.), что законы развития речных систем разных порядков существенно отличаются. Так, развитие верхних звеньев гидрографической сети (водотоков I—II порядков) наиболее зависимо от интенсивности выветривания и скорости склонового переноса в их бассейне. В водотоках же выше IV порядка среди долиноформирующих процессов преобладают аллювиальные составляющие.

Нами принята следующая градация густоты эрозионной сети в бассейнах, питающих россыпи, км/км²: 0,7—0,9; 0,9—1,1 и 1,1—1,3. Густота эрозионного расчленения определялась по картам средних масштабов как отношение суммы длин водотоков к площади бассейна. По мощности аллювия долины отнесены к четырем группам: до 3 м; от 3 до 5; от 5 до 10 и более 10 м. Первая группа характерна для водотоков с мощностью аллювия меньше нормальной, вторая и третья — для рек с нормальной мощностью, а четвертая — для долин с повышенной мощностью аллювия, связанной, как правило, с наличием отложений несколько эрозионных циклов. Рассчитанные значения названных выше параметров

¹ Первые три взяты априорно, два последних определены с помощью коэффициента корреляции.

Сводка результатов дисперсионного и корреляционного анализов

Параметры	Корен- ной источ- ник	Уда- лен- ность	Поря- док водо- тока	Густота эрозий- ной сети	Мощ- ность аллю- вия	Сочетание организо- ванных факторов	Сумма воз- действия организо- ванных факторов	Неорганизо- ванные фак- торы
Сила влияния η^2 (%)	6,8	20,6	30,2	12,0	9,7	13,4	92,0	8,0
Достоверность пара- метра η^2 по крите- рию Фишера	$\geq 0,95$	$\geq 0,99$	$\geq 0,999$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$	$< 0,95$	$\geq 0,99$	
Коэффициент корреля- ции	-0,024	-0,33	+0,33	+0,69	+0,59			
Достоверность коэф- фициента корреля- ции по критерию Стьюдента	$< 0,95$	$\geq 0,95$	$\geq 0,95$	$\geq 0,999$	$\geq 0,99$			

в выбранных грациях для оловянных россыпей Монголии приведены в таблице.

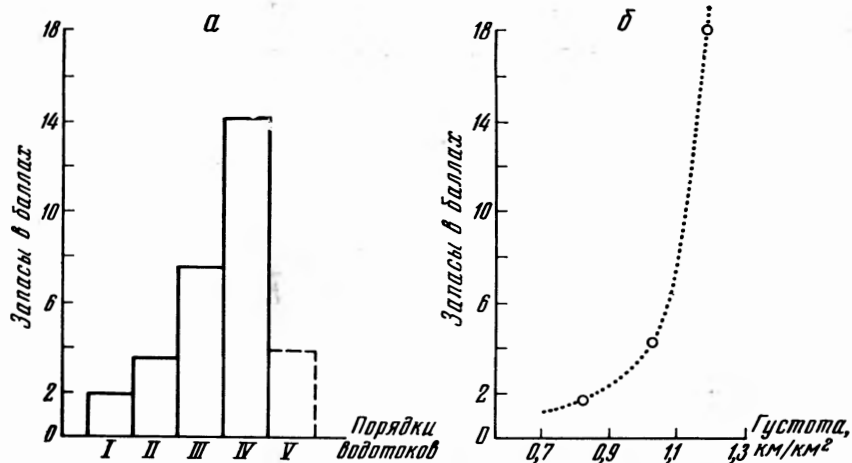
Результаты проведенного анализа в первую очередь свидетельствуют о том, что россыпеобразование является результатом действия многих факторов, количественная роль которых существенно различна (от 6,8 до 30,2%), а воздействие остальных (не вошедших в расчеты) факторов относительно невелико — 8%. Влияние формационной принадлежности коренного источника на масштабы россыпей оказалось низким (6,8%) — ниже силы суммарного влияния неорганизованных признаков (Z), что ставит этот фактор в ряд малозначущих. Поэтому масштабы россыпей практически не зависят от принадлежности коренных источников к тому или иному из указанных типов, «россыпеобразующие потенциалы» которых, следовательно, примерно равны. Естественно, что и корреляционная связь между типом коренного источника и запасами в россыпях при этих условиях практически отсутствует ($r = -0,024$). Вместе с тем опыт показывает, что в связи с пегматитами не образуются крупные оловянные россыпи, и вообще оловоносные пегматиты встречаются гораздо реже касситерит-кварцевых и грейзеновых месторождений. Следовательно, полученная закономерность (слабое воздействие типа коренного источника на запасы в россыпи) справедлива лишь для оловоносных кварцевых жил, грейзенов и участков их совместного нахождения. Поэтому при поисках и оценке масштабов оловянных россыпей не следует отдавать предпочтение районам в зависимости от принадлежности коренных источников к касситерит-кварцевым жилам или грейзенам.

Фактор «удаленность» имеет показатель η^2 , равный 20,6%, а достоверность этого значения не менее 0,99. Это значит, что различие россыпей по запасам на 20, 6% обусловлено расстоянием россыпи от коренного источника питания. Значение же коэффициента корреляции ($r = -0,33$) указывает на слабую обратную связь между этими параметрами. Иными словами, чем ближе россыпь к источнику, тем больше вероятность, что она крупнее. Согласно произведенным расчетам, наиболее благоприятные условия россыпеобразования при прочих равных условиях существуют в участках долин, удаленных на расстояние не более 4 км от коренных источников.

Самое сильное статистическое влияние ($\eta^2 = 30,2\%$) на запасы оловянных россыпей в Монголии оказывает фактор «порядок водотока». Это не случайно, так как порядок водотока играет исключительно важную роль в долиноформирующих, а следовательно, и россыпеобразующих процессах. Рассматриваемый фактор является функцией многих зависимых и независимых между собой геолого-структурных, морфологических, ландшафтных, климатических и других условий и наиболее полно

интегрирует воздействия факторов россыпеобразования, поэтому он оказывает наибольшее влияние на величину запасов металла в россыпи.

Положительное значение коэффициента r (+0,33) свидетельствует о прямой связи между порядком водотока и запасами россыпей. Однако связь эта слабая. Как было показано Ю. Г. Симоновым (1972) и другими исследователями, наблюдается существенное изменение морфометрических и иных характеристик бассейнов, а также специфики осадконакопления в них при переходе через IV порядок. Следовательно, с долинами выше IV порядка связано изменение особенностей процесса россыпеобразования, что и отражается в виде указанной выше закономерности.



Зависимость масштабов россыпей олова Монголии от порядка водотока (а) и густоты эрозивной сети (б)

Пунктир — по ограниченному числу данных; точечная кривая проведена по усредненным значениям; порядки водотоков по Хортону — Философову

Приуроченность крупных россыпей касситерита в МНР к долинам водотоков III—IV порядков (рисунок), т. е. к средним звеньям гидрографической сети, объясняется оптимальным соотношением процессов выветривания, склонового транзита и аллювиальной переработки материала в бассейнах рек указанных порядков. При возрастании же порядка выше IV происходит увеличение в общем балансе вещества в долине доли материала, поступающего в водоток из его притоков (Кичигин, 1975), и разубоживание россыпи, например в долине Онона у устья Кушенги.

Многолетними наблюдениями в Забайкалье и ряде других районов СССР (Симонов, 1972; Кичигин, 1975, и др.) установлено, что водотоки IV—VI порядков, как правило, закладываются по нарушениям, разделяющим блоковые морфоструктуры площадью десятки — первые сотни км², а реки более низких порядков осваивают внутриблоковые нарушения. В пределах подобных блоковых морфоструктур и размещаются многие оловорудные узлы, ограниченные рудоконтролирующими нарушениями, по которым обычно закладываются реки VI—IV порядков. Данное положение может служить поисковым критерием и ориентировать поиски крупных россыпей олова в долинах IV порядка, закладывающихся в большинстве случаев по межблоковым (рудоконтролирующим) нарушениям. Богатые россыпи могут также быть в долинах III порядка, осваивающих, как правило, внутриблоковые (рудораспределяющие) нарушения. Долины же низких (I—II) порядков, приближенные к центральным частям рудных узлов, обычно малоперспективны на обнаружение крупных россыпей. Что касается высокопорядковых долин (выше V порядка), то они должны быть вообще исключены из сферы поисков оловянных россыпей независимо от их положения по отношению к рудным узлам.

Статистическое влияние фактора «густота эрозионной сети» на запасы оловянных россыпей Монголии оценивается в 12%, что делает его третьим по значимости среди рассматриваемых. Примечательно, что для этого фактора присуща самая высокая ($r = +0,689$) корреляционная связь с результативным признаком.

На рисунке отчетливо видно увеличение запасов с возрастанием густоты долинной сети, особенно быстрое после значений густоты 1,0 км/км². Однако с еще большим возрастанием густоты эрозионного расчленения, по-видимому, будет связано не увеличение запасов, а их уменьшение вследствие избыточно большого поступления в долину россыпеформирующего водотока материала со все более увеличивающимся преобладанием нерудного компонента над рудным.

Несомненно существуют взаимоотношения между факторами «удаленность», «густота» и «порядок». С. С. Воскресенский (1968) на примере территории Сибири установил изменение густоты долинной сети в направлении от водоразделов к долинам магистральных рек: сначала наблюдается увеличение густоты сети, а затем постепенное ее падение, особенно резко возрастающее вблизи долин крупных рек. Большая часть россыпных месторождений касситерита МНР локализована на некотором (небольшом) удалении от водоразделов высокопорядковых бассейнов. Очевидно, именно при этом существует оптимальное сочетание факторов «удаленность», «порядок» и «густота» для сепарации и дальнейшей аккумуляции полезного компонента, суммарное влияние которых на запасы россыпей составляет 63%.

Последний из числа организованных факторов — «мощность аллювия» — имеет показатель силы статистического влияния на запасы 9,7%. Достоверность полученного значения не менее 0,95. Коэффициент $r = +0,586$ указывает на положительную корреляционную связь средней силы между мощностью аллювия и запасами россыпей. Наиболее отчетливо данная связь проявляется в приуроченности 46% запасов россыпного олова к 5 долинам с повышенной (десятки м) мощностью аллювия. На долю 28 других долин приходится 54% запасов. Очевидно, что при прочих равных условиях переуглубленные долины заслуживают первоочередного изучения. По наблюдениям Н. А. Маринова и Р. А. Хасина, подобные долины на юге и востоке Монголии, как правило, открываются в обширные межгорные впадины. Днища долин широкие, корытообразные, водотоки незначительны и слабо врезаются. В грациях мощности меньше 10 м какой-либо определенной зависимости между мощностью аллювия и запасами россыпей не обнаруживается.

Обращает на себя внимание относительно высокое значение показателя силы статистического влияния (13,4%) совокупного воздействия организованных факторов на результативный признак. Это и понятно, так как факторы «удаленность», «порядок» и «мощность аллювия» взаимосвязаны и являются функциями одних и тех же условий (климата, тектоники, литологии, морфологии и др.). Кроме того, имеется определенная связь между факторами «удаленность» и «тип коренного источника»: от характера коренной минерализации зависит способность полезного компонента к транзиту, его высвобождению и накоплению металла в россыпях. Все эти связи и обуславливают сравнительно высокие значения показателя силы статистического влияния совокупного воздействия организованных факторов на масштабы россыпей олова.

Суммарное влияние неорганизованных факторов оказалось равным 8%. Это значит, что может существовать по крайней мере еще один фактор, соизмеримый по силе влияния с одним из организованных, в частности с фактором «тип коренного источника». Им могут быть морфологические особенности рудных тел, пространственное взаимоотношение их с долинами, гидродинамические условия потоков, пространственные взаимоотношения разрывных нарушений с рудными телами и долинами, ха-

рактер неотектонических движений и др. Вместе с тем может оказаться, что ни один из неорганизованных факторов не превышает по силе воздействия минимальную величину влияния организованного фактора. В этом случае, как установлено в результате проведенного анализа, последовательность факторов по степени убывания силы их воздействия на масштабы россыпей представляется следующей: порядок водотока, удаленность, сочетание организованных факторов, густота эрозионной сети, мощность аллювия, тип коренного источника.

Итак, полученные данные позволяют впервые количественно оценить силу влияния факторов россыпеобразования на масштабы россыпных месторождений олова Монгольской Народной Республики. Наиболее вероятно обнаружение крупных россыпей олова на участках переуглубленных долин III—IV порядков, удаленных от коренных источников на расстояние не более 4 км, при густоте эрозионной сети 1,1—1,3 км/км².

Практическое применение данного анализа сводится к вычислению рассмотренных параметров и нанесению их значений на карту. Определенные таким образом площади с привлечением всего комплекса поисковых признаков должны стать объектами детальных поисковых работ. Предложенная методика, как нам представляется, будет эффективной также при выборе объектов под поисково-разведочные работы в долинах с уже известной оловоносностью.

ЛИТЕРАТУРА

- Борсук О. А., Кичигин А. Н. Влияние регрессивной эрозии и структуры речной сети на морфологические характеристики продольных профилей рек. Матер. Москов. филиала ГО СССР. «Геоморфология», 1973.
- Воскресенский С. С. Геоморфология СССР. М., Изд-во МГУ, 1968.
- Кичигин А. Н. Анализ эрозионно-денудационных морфосистем Дальнего Востока и Забайкалья. Автореф. канд. дис. М., Изд-во МГУ, 1975.
- Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии. М., Изд-во МГУ, 1967.
- Плохинский Н. А. Биометрия. М., Изд-во МГУ, 1970.
- Симонов Ю. Г. Проблемы регионального геоморфологического анализа. М., Изд-во МГУ, 1972.

Научно-исследовательская
лаборатория геологии
зарубежных стран
Москва

Поступила в редакцию
16.XI.1976

ON THE QUANTITATIVE ESTIMATION OF SOME FACTORS OF PLACERS FORMATION (CASE STUDY OF STANNIFEROUS PLACERS OF MONGOLIAN MOUNTAIN AREAS)

LEVINTOV M. E., SUPRUNOV E. A.

Summary

Using analysis of variance (factorial) and correlative technique the relative significance of different factors of placers formation for stanniferous placers dimensions at the MPR territory was determined as follows: order of the stream, the valley of which contains the placer — 30,2%; distance from the placer to the mineral source — 20,6%; stream density within the drainage basin where the placer is formed — 12,0%; loose sediments thickness — 9,7%; type of mineral source — 6,8%; all the rest factors — 8,0%; total significance of the considered factors combinations — 13,4%. Form, degree and direction of correlation between the factors under discussion and placers scale are estimated using coefficient of correlation.

According to calculated data the most prospective areas for large tin placers search are parts of overdeepened valleys of III—IV order situated within 4 km from mineral sources in the drainage basin with stream density about 1,1—1,3 km per km².