

Заключение

Возможны следующие направления совершенствования методики оконтуривания и подсчета запасов торфа и сопутствующих полезных ископаемых:

- оконтуривание в плане участков залежей, содержащих многочисленные мелкие минеральные, органо-минеральные и сапропелевые прослойки, по максимальной среднепластовой зольности;
- оконтуривание в плане участков болотных фосфатов, карбонатов и металлоносных торфов по минимальным среднепластовым содержаниям P_2O_5 , CaO и металлов;
- определение запасов сырья в приповерхностном очесном слое;
- оконтуривание по площади и глубине сложных по строению залежей с отдельным подсчетом по способу геологических блоков запасов торфяного сырья, органо-минеральных отложений и сапропеля только в тех случаях, когда мощность их пластов превышает минимальную промышленную и когда возможна селективная выемка сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дополнения и изменения к инструкции по разведке торфяных месторождений СССР / Под общ. ред. В.Д.Маркова. - М.: Торфгеология, 1987. -36 с.
2. Инструкция к проведению поисковых и поисково-оценочных работ на торф / В.Д.Марков, Л.С.Михантьева, В.Г.Матухина и др. Отв. ред. В.П.Данилов. - Новосибирск: СНИИГГиМС, 1994. -53 с.
3. Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР / Под ред. Н.Т.Короля, В.Д.Маркова, А.В.Предтеченского и др. - М.:Торфгеология, 1983. - 193 с.
4. Торфяные ресурсы мира: Справочник /В.Д.Марков, А.С.Оленин, Л.А.Оспенникова и др. Под общ. ред. А.С.Оленина. - М.: Недра, 1988. - 383 с.
5. Торф в народном хозяйстве / Под общ. ред. В.Н.Соколова. -М.: Недра, 1988. - 268 с.
6. Миронов К.В. Поиски и разведка угольных месторождений. -М.: Недра, 1966. - 304 с.
7. Инструкция по разведке озерных месторождений сапропеля РСФСР / Под ред. Г.Н.Верхоярова, В.Д.Маркова, А.В.Предтеченского и др. - М.: Торфгеология, 1988. - 96 с.
8. Матухин Р.Г., Матухина В.Г., Алтухов В.М. и др. // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. -Томск: ГалаПресс, 2000. -Т.2. - С. 173-174.
9. Бернатонис В.К., Архипов В.С. // Поиски и разведка полезных ископаемых Сибири: Материалы научной конференции. - Томск: ТПУ, 2000. - С. 212-219.
10. Кизильштейн Л.Я. // Химия твердого топлива. - 1973. -№ 4. - С. 42-49.
11. Костин Ю.П., Витовтова В.М., Шарова И.Г. // Металлогения осадочных и осадочно-метаморфических пород. - М.: Наука, 1973. - С.195-200.
12. Юдович Я.Э. Геохимия ископаемых углей (Неорганические компоненты). - Л.: Наука, 1978. - 262 с.
13. Fraser D.C. // Econ. Geol. -1961. -V.56. - № 5. - P.951-962.
14. Оленская Н.М., Шаврина И.И. // ВНИИТП: Сборник научных трудов. -Л., 1986. - Вып. 56. -С. 43-55.
15. Бернатонис В.К., Маслов С.Г., Прейс Ю.И. и др. // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: Материалы научной конференции. - Томск: ТГУ, 1998. -Т.4. - С. 153-155.

УДК 553.084: 550.84

ПОГРЕШНОСТЬ ПОДСЧЕТА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ ПО ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Боярко Г.Ю.

Геохимические данные имеют погрешность определения, как и рассчитанные на их основе прогнозные ресурсы. На основе теории ошибок можно оценить достоверность выделенных геохимических

аномалий и погрешность расчета прогнозных ресурсов. Снизить уровень ошибки при оценке геохимических аномалий возможно двумя способами: повышая точность лабораторного анализа и увеличивая объем и детальность геохимического опробования в пределах выделенных аномальных площадей.

Геохимические методы поисков полезных ископаемых, использующие дискретное измерение техническими средствами количественных показателей неоднородности геологической среды, неизбежно имеют ошибку измерений. Последняя формируется за счет дисперсии распределения элементов в изучаемой природной среде, погрешности их измерения, определений размеров аномалий, а также ошибки расчета прогнозных ресурсов. Имеющаяся же практика анализа геохимических материалов лишь по абсолютным величинам концентрации элементов (без учета их погрешности) и замеров аномальных площадей приводит к появлению многочисленных геохимических аномалий, достоверность которых зачастую невысока. Это наиболее наглядно отображается в стабильном неподтверждении геохимических аномалий и неотходе прогнозных ресурсов, рассчитанных по геохимическим данным. Такое положение приводит к общей дискредитации всех методов геохимических поисков, которые выполняются с разной точностью и, соответственно, достоверностью. Оценка же погрешности результатов геохимических поисковых работ на основе теории ошибок наблюдений позволяет классифицировать геохимические аномалии по степени достоверности.

В результате изучения опыта геохимических работ ГПП «Алдангеология» за более чем 30-летний период геолого-съемочных, поисковых и разведочных работ был выполнен анализ погрешности геохимического опробования выполнялся на основе теории ошибок [1] на четырех уровнях появления погрешности: опробования, лабораторного анализа проб, интерпретации геохимических данных и расчета прогнозных ресурсов.

Геохимическое опробование проводилось, как правило, в площадном варианте, и на этом уровне возможна погрешность лишь топографической привязки, обусловленной точностью замера параметров аномалий в соответствующем масштабе представления результатов работ. Определение площадей выполняется по формуле

$$S = L \cdot b, \quad (1)$$

Соответственно, ошибка определения площади составит

$$\Delta S = \sqrt{(\Delta L)^2 \cdot b^2 + (L \cdot \Delta b)^2} \quad (2)$$

где S – площадь аномалии, L – ее длина, b – ширина, а ΔS , ΔL и Δb – погрешности их определения.

На основе имеющихся учтенных аномалий Центрально-Алданского района была оценена статистическая оценка погрешностей определения их площадей при различных масштабах съемки, которые приведены в табл. 1.

Аналитические методы анализа проб при геохимических исследованиях подразделяются на группы точности:

- количественные (III–IV категории);
- приближенно количественный (V категория).

К количественным методам относятся результаты химического, атомно-адсорбционного, количественного спектрального и ядерно-физических (рентгено-радиометрического, спектрометрического и нейтронно-активационного) методов анализа. В виду дороговизны массовое использование количественных методов (за исключением ядерно-физических) не практикуется и составляет в объеме аналитики геохимических данных всего лишь первые проценты; Предельные погрешности анализов III и IV категории четко регламентируются методическими указаниями НСАМ № 16 [2], а фактичес-

Таблица 1
Погрешность определения площадей геохимических аномалий

Масштаб работ	Погрешность, отн. %	
	допустимая	фактическая
1:200000	15	14,2
1:100000	15	13,8
1:50000	15	10,2
1:25000	10	9,7
1:10000	10	10,9
1:5000	5	5,2
1:2000	5	6,4

кая погрешность определения отдельных элементов составляет обычно 5–15% (изредка 15–30%).

Из приближенно количественных методов анализа наиболее распространен (за счет простоты и дешевизны производства) полуколичественный спектральный анализ, которым обрабатываются до 90–95% объемов геохимического опробования. Допуски погрешности его результатов по инструкции НСАМ № 16 [2] могут превышать 30%, а фактически составляют для отдельных элементов от 25 до 145%. [3] для оценки полуколичественного анализа предложен метод Р.И. Дубова по логарифмам концентрации элементов [4]. Для определения сравнительной эффективности различных методов контроля аналитики были рассчитаны сводные погрешности анализа геохимических данных ГГП «Алдангеология» за 1977–1987 г.г. (табл. 2). Расчеты производились в целом для сводных выборок, а также для фоновых и аномальных (выше условного порога аномальности) проб. Для некоторых элементов не удалось набрать статистики аномальных проб, и соответственно погрешности их определения. Дополнительно определялось количество аномальных проб, для которых разность рядовой и контрольной проб превышает [5], которые должны исключаться из расчета среднеквадратичной погрешности воспроизводимости результатов лабораторного анализа. Количество аномальных значений весьма значительно (более 30%) при анализе фоновых проб таких элементов, как Au, Zn, V, Cu, P, La, относительно велико (5–30%) для Ag, W, Mo, B, Cr, Pb, Ni, Co, Ti, Mn, As, Sn, Sr и в пределах допуска для остальных элементов. Количество аномальных значений при анализе аномальных проб в допуск укладываются только Li и Ce, относительно велико для Tl, Nb, Zr, и Y, а для остальных элементов значительно больше допуска.

По имеющимся данным сравнения случайная погрешность методик среднеквадратичной и логарифмической оценки различаются. При расчете среднеквадратичной погрешности фоновых концентраций установлено, что она составляет 30–100%, что укладывается в допуск V категории анализа. Лишь для отдельных элементов (As, La) наблюдается погрешность свыше 100%. При расчетах логарифмов этих же фоновых концентраций погрешность для большинства элементов превышает допустимую (свыше 1,6). Для аномальных концентраций наблюдается более низкие значения среднелогарифмической погрешности по сравнению с фоновыми выборками, хотя для среднеквадратичной оценки погрешности находятся примерно на одном уровне. Различие результатов методик обусловлено различия размаха дисперсии значений исходных численных данных и их логарифмов.

В целом оценка погрешности результатов полуколичественного анализа по методике НСАМ № 16 более предпочтительна ввиду применимости ее результатов для дальнейшей оценки погрешности геохимических данных.

Достоверность интерпретации геохимических исследований зависит от степени изменчивости полей. В пределах самих аномалий коэффициент вариации отдельных элементов составляют для потоков рассеяния от 50 до 337%, а для вторичных ореолов рассеяния от 442 до 546%. При оценке продуктивности геохимических аномалий в пересчете на первичные ореолы рассеяния к погрешности неоднородности самих аномалий добавится ошибка применения коэффициентов соответствия. Продуктивность рассчитывается для вторичных ореолов по формуле

$$P = k \cdot P', \quad (3)$$

где P – продуктивность первичного ореола рассеяния, P' – продуктивность вторичного ореола, k – коэффициент приведения продуктивности вторичного ореола к первичному.

Для потоков рассеяния продуктивность рассчитывается по формуле

$$P = k \cdot k' \cdot P'', \quad (4)$$

где P'' – продуктивность потока рассеяния, k' – коэффициент приведения продуктивности потока рассеяния ко вторичному ореолу.

Соответственно, погрешность расчета продуктивности первичных ореолов составит

$$\text{по вторичным ореолам} \quad \Delta P = \sqrt{k^2 \cdot (\Delta P')^2 + (P')^2 \cdot (\Delta k)^2}, \quad (5)$$

$$\text{по потокам рассеяния} \quad \Delta P = \sqrt{(k \cdot k')^2 \cdot (\Delta P'')^2 + (k \cdot P'')^2 \cdot (\Delta k')^2 + (k' \cdot P'')^2 \cdot (\Delta k)^2} \quad (6)$$

Для определения погрешности удельной продуктивности единичной пробы необходимо также учесть ошибку лабораторного анализа по формуле

$$\Delta P_{y\delta} = \sqrt{\Delta P^2 + S_r^2}, \quad (7)$$

где S_r – среднеквадратическая ошибка определения оцениваемого элемента.

В результате произведенных расчетов получены данные по суммарной погрешности из расчета на одну условную пробу, которые приведены в табл. 3. Она составляет по отдельным элементам от 63 до 376 % для потоков рассеяния и от 77 до 554% для вторичных ореолов рассеяния. Погрешность расчета удельной продуктивности для аномалий золота составляют, соответственно 188 и 246%.

Погрешность площадной продуктивности и, соответственно, погрешность прогнозных

Таблица 2

Погрешность воспроизводимости результатов
полюколичественного спектрального анализа

Элемент	Среднеквадратическая ошибка воспроизводимости, отн. %	Порог аномальности, %	Среднеквадратическая ошибка, отн. %		Количество аномальных проб в выборках, %		Среднелогарифмическое отклонение	
			фоновых проб	аномальных проб	фоновых проб	аномальных проб	фоновых проб	аномальных проб
Au	45,6	0,001 (г/т)	54,5	34,7	34,8	24,8	1,40	1,87
Ag	65,1	0,005	51,2	76,1	27,2	45,4	1,50	1,70
Cu	55,7	0,1	53,3	58,5	33,6	46,0	2,40	1,66
Zn	40,2	0,01	48,8	30,0	38,4	42,7	2,69	2,69
Pb	36,2	0,01	41,5	29,6	15,4	45,2	2,00	1,40
As	142,9	0,01	142,5	26,4	11,5	4,8	1,70	1,44
Bi	84,7	0,005	84,7	–	2,3	–	2,25	–
Sb	55,3	0,005	55,3	–	4,5	–	2,27	–
Mo	81,1	0,005	28,0	111,6	16,7	38,8	2,28	2,42
Sn	30,3	0,005	30,3	–	8,7	–	2,40	–
Zr	97,4	0,005	97,4	–	0,0	–	2,68	–
Nb	49,6	0,005	49,6	–	0,0	–	1,98	–
Tl	36,7	0,005	36,7	–	0,0	–	1,31	–
Y	92,2	0,005	92,2	–	0,9	–	2,38	–
Yb	77,7	0,001	77,7	–	1,4	–	2,42	–
La	101,0	0,005	101,0	–	30,4	–	2,42	–
Ce	86,4	0,005	86,4	–	0,0	–	1,87	–
W	57,9	0,05	57,9	–	26,7	–	1,32	–
Li	59,8	0,005	59,8	–	0,0	–	1,56	–
Ga	22,2	0,005	22,2	52,2	1,4	3,8	1,76	1,66
Ge	65,9	0,002	65,9	–	4,6	–	2,70	–
B	25,6	0,005	32,5	19,4	16,4	13,3	1,90	1,56
Ba	51,0	0,01	51,0	–	4,5	–	1,82	–
Sr	49,4	0,005	49,4	–	6,6	–	1,98	–
P	37,6	0,1	30,9	43,5	31,1	22,2	1,94	1,94
V	38,0	0,05	37,6	22,6	33,7	48,0	2,68	1,54
Mn	34,3	0,5	34,3	–	13,2	–	2,04	–
Ti	40,0	0,5	36,3	44,2	13,9	17,6	2,25	1,82
Cr	25,1	0,5	25,1	–	15,7	–	1,53	–
Ni	42,2	0,5	42,2	–	14,7	–	1,79	–
Co	32,5	0,5	32,5	–	14,0	–	2,02	–

ресурсов будет складываться из ошибок всей совокупности проб в контуре аномалии, каждая из которых обладает погрешностью удельной продуктивности одной условной пробы и погрешностью замера площади. Ее величина обратно пропорциональна количеству проб в контуре аномалии и определяется по формуле

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{\Delta P}{\sqrt{N}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{\sqrt{N}}\right)^2}, \quad (8)$$

где ΔQ – погрешность прогнозных ресурсов, ΔP – погрешность удельной продуктивности одной пробы, ΔS – погрешность определения площади аномалии, N – количество проб в контуре аномалии.

Таблица 3

Погрешность расчета удельной продуктивности первичных аномалий по вторичным ореолам и потокам рассеяния

Элемент	Коэффициент вариации первичных данных, %		Коэффициент вариации коэффициентов соответствия, %		Погрешность расчета вторичных геохимических данных (условных первичных ореолов), %		Ошибка лабораторного анализа, %	Погрешность расчета удельной продуктивности первичных ореолов, %	
	по вторичным ореолам	по потокам рассеяния	K	K ¹	по вторичным ореолам	по потокам рассеяния		по вторичным ореолам	по потокам рассеяния
Au	240	140	30	5	242	183	46	246	188
Ag	130	155	100	62	164	195	65	176	266
Cu	268	234	44	65	272	247	56	278	253
Zn	367	292	85	75	318	313	40	320	314
Pb	146	102	15	67	147	123	36	151	128
As	150	156	2	66	150	169	143	207	221
Bi	210	94	4	70	210	107	84	226	144
Sb	185	142	6	3	185	142	55	193	152
Mo	121	99	13	69	121	101	81	145	145
Sn	85	105	23	46	88	176	30	93	178
Zr	112	110	42	98	120	153	97	154	181
Nb	80	102	44	100	91	149	50	104	157
Tl	80	94	5	11	88	95	37	88	102
Y	346	290	56	128	350	321	92	302	334
Yb	422	346	50	114	425	368	78	432	375
La	452	322	49	112	494	344	100	464	358
Ce	546	337	40	97	547	351	86	554	361
W	122	92	15	34	123	99	58	136	115
Li	84	72	33	40	90	89	60	108	157
Ga	68	74	28	91	74	20	22	77	122
Ge	82	50	10	23	83	56	66	106	86
B	76	52	10	22	77	57	26	81	63
Ba	115	122	34	78	120	149	51	130	157
Sr	124	91	36	82	129	128	49	138	137
P	70	51	24	54	87	78	38	95	87
V	90	102	8	18	90	104	38	98	111
Mn	120	140	8	51	120	149	34	125	53
Ti	270	103	38	86	273	139	40	276	145
Cr	42	57	44	100	61	123	25	66	126
Ni	223	182	22	50	224	183	42	228	188
Co	135	140	13	29	136	144	32	140	148

Учитывая погрешность удельной продуктивности и определений площади, а также количества проб в контуре аномалий можно прогнозировать величину ошибки подсчета ресурсов. Например, для литогеохимического опробования вторичных ореолов золота масштаба 1:50000 со спектрохимическим методом анализа подсчет ресурсов по геохимическим аномалиям золота при количестве проб в контуре аномалии менее 7 штук будут иметь погрешность более 100%, а при 25 и более пробах – менее 50%. Зависимость общей погрешности геохимических данных от величины погрешности замера площади менее выражена.

Анализируя факторы, слагающие погрешность геохимических данных, для цели снижения последней возможны следующие действия:

I повышение плотности геохимического опробования в пределах выделенных аномалий;

I применение более прецизионных методов анализа геохимических проб;

I уточнение дисперсии распределения аномального элемента в пределах контуров выделенных аномалию.

Уточнение коэффициентов соответствия, учитывая степень их неопределенности, вряд ли приведет к уменьшению погрешности геохимических данных.

Наибольший вклад в увеличение достоверности геохимических данных может внести повышение плотности геохимического опробования. Поэтому заверка геохимических аномалий детализационными работами с плотной сетью опробования и использованием прецизионных методов анализа будет наиболее рациональным способом снижения погрешности геохимических данных.

ВЫВОДЫ:

1. Оценка погрешности геохимических данных позволяет оценить достоверность выделенных аномалий на основе имеющихся параметров геохимического опробования: фактической дисперсии элемента в пределах выделенной аномалии, погрешности замера площади, погрешности лабораторного анализа и плотности опробования (количества проб в пределах аномалии).

2. Снизить уровень ошибки при оценке геохимических аномалий возможно двумя способами: повышая точность лабораторного анализа и увеличивая объем опробования в пределах выделенных аномальных площадей. Соответственно, при этом будет снижена и ошибка определения прогнозных ресурсов.

3. Подсчет прогнозных ресурсов по геохимическим данным должен производиться с одновременным определением их погрешности. В кадастре геохимических аномалий и балансе прогнозных ресурсов должна быть установлена иерархия не только по абсолютной величине учтенных ресурсов минерального сырья, но и по относительной величине ошибки их определения. В тех случаях, когда модуль ошибки превышает сам результат, учет ресурсов должен производиться только с привлечением данных других поисковых методов и более достоверной геологической информации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Большаков В.Д. Теория ошибок наблюдений, М.: Недра. 1983. 223 с.

2. Инструкция по внутреннему, внешнему и арбитражному геологическому контролю качества анализов разведочных проб твердых негорючих полезных ископаемых, выполняемых в лабораториях Министерства геологии СССР. Методические указания НСАМ № 16, М.: ВИЭМС, 1982, 25 с.

3. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений // М.: Мин-гео СССР. Недра. 1983. 191 с.

4. Дубов Р.И. Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений. Новосибирск: Наука. 1974.

5. ГОСТ 11002-73. Правила оценки аномальности результатов наблюдений. М.: Стандартиздат. 1973. 14 с.

ERROR OF COUNTING THE PROGNOSIS OF RESERVES ON THE GEOCHEMICAL DATA

G.Yu. Boyarko

The geochemical data have error of definition, as well as counted on their basis prognosis reserves. On the basis of the theory of errors it is possible to estimate veracity isolated of geochemical anomalies and inaccuracy of account prognosis of resources. To lower an error level at a rate of geochemical anomalies it is possible by two ways: raising fidelity of laboratory analysis and augmenting bulk and detail of geochemical sampling in limits isolated of the anomalous floor spaces.