Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 2, 1966 г.

К ТЕОРИИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

И. Г. Клушин

Изучение глубинной структуры тектонически сложных районов и поиски глубоко залегающих месторождений полезных ископаемых — задачи, для решения которых исследователь вынужден привлекать широкий круг геологических, геофизических, геохимических и других признаков. Как правило, чем более удалены от дневной поверхности изучаемые геологические объекты, чем большее число взаимодействующих, накладывающихся геологических процессов принимало участие в истории района, тем менее определенными и надежными являются признаки этих объектов, более расплывчатыми — границы их проявления.

С целью последовательного уяснения полной геологической картины нередко прибегают к построению промежуточных геологических документов. Из всей совокупности признаков, фактов выделяется лишь некоторая часть, в наибольшей степени определяющая объекты или процессы одного типа. Например, на стадии подготовки геологической карты может быть построена схема, изображающая распределение лишь магматических пород определенного возраста, при подготовке тектонической карты — схема расположения тектонических нарушений, глубина заложения которых превышает заданную и т. д.

При большом объеме фактов, значительном числе используемых признаков, каждый из которых не является абсолютным, а только с определенной вероятностью указывает на исследуемое явление, построение промежуточных геологических документов весьма удобно, поскольку облегчает понимание фактического материала и подготовку отчетного документа. Промежуточный геологический документ в такой же степени является символом анализа, как окончательный отчетный документ — символом синтеза разнообразных геологических сведений.

В дальнейшем изложении будем пользоваться понятиями признака A и объекта B. К числу признаков отнесены геофизические аномалии определенной природы, формы или интенсивности, геохимические ореолы или ассоциации, окраска, состав и структура горных пород, ископаемая флора и фауна, фациальные особенности, структурные несогласия, физические параметры, абсолютный возраст горных пород и т. п. В число объектов включены искомые геологические структуры, зоны проявления определенных геологических процессов, зоны концентрации полезных ископаемых и т. д.

Иногда первоначальные понятия признака и объекта могут меняться местами: наличие зоны повышенной трещиноватости горных пород является признаком подземных вод, вместе с тем такая зона может быть и объектом поисков. Некоторые признаки почти в равной мере относятся к различным объектам, например, ряд признаков медноколчеданных и железоколчеданных месторождений. Другие признаки являются узко специфическими для объектов данного типа.

Последовательность признаков A_1, A_2, A_3, . . ., A_m сопоставим с последовательностью объектов B_1, B_2, B_3, . . ., B_n. Мерой связи признака A_k и объекта B_i будем считать условные вероятности: $P(A_k/B_i)$ и $P(A_k/\overline{B_i})$, отражающие вероятность появления признака A_k соответственно при наличии и отсутствии объекта B_i.

Вероятность отсутствия признака при наличии объекта — $P(\overline{A_k}/B_i)$ и вероятность отсутствия признака при отсутствии объекта — $P(\overline{A_k}/\overline{B_i})$ — величины, дополняющие $P(A_k/B_i)$ и $P(A_k/\overline{B_i})$ до единицы, и самостоятельного значения не имеют.

Соотношение всех рассматриваемых признаков и объектов удобно представить в виде матрицы. В левой части каждой строки указано наименование объекта, в верхней части каждого столбца — наименование признака. Элементы матрицы — суть вероятности $P(A_k/B_i)$.

	A_1	A_2	. . .	A_k	. . .	A_m
B_1	0,6	0,01	. . .	$P(A_k/B_1)$	. . .	0,1
B_2	0,7	0,6	. . .	$P(A_k/B_2)$	. . .	0,3
.	.	.	. . .	.	. . .	.
.	.	.	. . .	.	. . .	.
.	.	.	. . .	.	. . .	.
B_n	0,3	0,1	. . .	$P(A_k/B_n)$	. . .	0,9

Аналогично $P(A_k/\overline{B_i})$

	A_1	A_2	. . .	A_k	. . .	A_m
B_1	0,6	0,1	. . .	$P(A_k/\overline{B_1})$	. . .	0,2
B_2	0,1	0,1	. .	$P(A_k/\overline{B_2})$	. . .	0,6
.	.	.	. .		. . .	.
.	.	.	. .	.	. . .	.
.	.	.	. . .	.	. . .	.
B_n	0,2	0,5	. . .	$P(A_k/\overline{B_n})$	. . .	0,1

Приведенные в матрицах численные значения вероятности взяты в качестве примера. Их следует понимать так, что вероятность появления признака A_1 при наличии объекта B_2 равна 0,7, а вероятность появления признака A_1 в случае отсутствия объекта B_2 равна 0,1. Естественно, признак A_1, достаточно удовлетворительный относительно объектов типа B_2, по существу перестает быть признаком для объектов B_1, наличие и отсутствие которых он отмечает с равной вероятностью.

Практическое определение $P(A_k/B_i)$ и $P(A_k/\overline{B_i})$ опирается на массовое сопоставление признаков и объектов, как это было сделано, например, Ф. И. Хатьяновым при поисках рифов в Предуральском прогибе. Учитывая вероятностный характер связей, можно оценить информационную содержательность каждого признака, т. е. то число информации, которое заключает в себе наличие либо отсутствие признака. Обратимся к известной формуле Байеса *

$$P(B_i/A_k) = \frac{P_0(B_i) \cdot P(A_k/B_i)}{P_0(B_i)\,P(A_k/B_i) + P_0(\overline{B_i})\,P(A_k/\overline{B_i})}, \qquad (1)$$

где $P(B_i/A_k)$ — условная вероятность наличия объекта B_i при наличии признака A_k; $P_0(B_i)$ и $P_0(\overline{B_i})$ — априорные вероятности соответственно наличия и отсутствия объекта B_i; $P_0(B_i) + P_0(\overline{B_i}) = 1$.

* Чернов Г., Мозес Л. Элементарная теория статистических решений. Изд-во «Советское радио», 1962.

Преобразуем (1) к виду, содержащему в явной форме отношение $P(A_k/B_i)/P(A_k/\bar{B}_i)$, называемое отношением правдоподобия

$$P(B_i/A_k) = \frac{P_0(B_i)\,P(A_k/B_i)}{P_0(B_i)\,P(A_k/B_i) + P_0(\bar{B}_i)\,P(A_k/\bar{B}_i)} = \frac{1}{1 + \dfrac{P_0(\bar{B}_i)\,P(A_k/\bar{B}_i)}{P_0(B_i)\,P(A_k/B_i)}};$$

$$\frac{1}{P(B_i/A_k)} = 1 + \frac{P_0(\bar{B}_i)\,P(A_k/\bar{B}_i)}{P_0(B_i)\,P(A_k/B_i)};$$

$$\frac{1 - P(B_i/A_k)}{P(B_i/A_k)} = \frac{P_0(\bar{B}_i)}{P_0(B_i)} \cdot \frac{P(A_k/\bar{B}_i)}{P(B_k/B_i)}.$$

Учитывая, что

$$1 - P(B_i/A_k) = P(\bar{B}_i/A_k),$$

находим

$$\frac{P(\bar{B}_i/A_k)}{P(B_i/A_k)} = \frac{P_0(\bar{B}_i)}{P_0(B_i)} \cdot \frac{P(A_k/\bar{B}_i)}{P(A_k/B_i)};$$

$$\frac{P(B_i/A_k)}{P(\bar{B}_i/A_k)} = \frac{P_0(B_i)}{P_0(\bar{B}_i)} \cdot \frac{P(A_k/B_i)}{P(A_k/\bar{B}_i)}.$$

Отсюда

$$\frac{P(A_k/B_i)}{P(A_k/\bar{B}_i)} = \frac{P(B_i/A_k)\cdot P_0(\bar{B}_i)}{P(\bar{B}_i/A_k)\cdot P_0(\bar{B}_i)} = \frac{P(B_i/A_k)}{P_0(B_i)} : \frac{B(\bar{B}_i/A_k)}{P_0(\bar{B}_i)}. \qquad (2)$$

По определению количество информации относительно некоторого явления, события, содержащееся в принятом сообщении, выражается как *

$$\log \frac{P_1}{P_0}, \qquad (3)$$

где P_0 и P_1 — вероятности события, соответственно априорная и апостериорная.

В рассматриваемых условиях роль сообщения играет наличие или отсутствие признака. Событием является обнаружение либо необнаружение объекта. Логарифмируя правую и левую части равенства (2), получаем

$$\log_2 \frac{P(A_k/B_i)}{P(A_k/\bar{B}_i)} = I_k(B_i) - I_k(\bar{B}_i) = \Delta I_{ki}, \qquad (4)$$

где $I_k(B_i)$ и $I_k(\bar{B}_i)$ — количество информации соответственно о наличии и отсутствии объекта типа B_i, содержащееся в признаке A_k и выраженное в двоичных единицах (двед).

Приращение информации ΔI_{ki} целиком определяется информационной содержательностью признака и не зависит от априорных представлений о наличии объекта.

---

* Определение количества информации (3) отличается от известной формулы Шеннона и совпадает с последней при рассмотрении усредненных свойств длительных последовательностей сигналов. Нас интересуют свойства признаков в явном виде, а не усредненные величины. Голдман С. Теория информации. ИЛ, 1957.

Принимая во внимание равенства (2) и (4), матрицы с элементами $P(A_k/B_i)$ и $P(A_k/\overline{B}_i)$ объединим в одну матрицу, элементы которой суть приращения информации ΔI_{ki}

	A_1	A_2	. . .	A_k	. . .	A_m
B_1	0,0	−3,3	. . .	ΔI_{k1}	. . .	−1,0
B_2	2,8	2,6	. . .	ΔI_{k2}	. . .	−1,0
.	.	.	. . .	.	. . .	.
B_n	0,6	1,0	. . .	ΔI_{kn}	. . .	3,1

Суммирование элементов этой матрицы по столбцам дает приращение информации о всех объектах, содержащееся в признаке A_k. Суммированием по строке находим приращение информации о наличии объекта B_i, полученное с учетом наличия всех признаков.

На стадии составления промежуточного геологического документа используется и сохраняется лишь часть полной информации, заключенной в схеме распределения всех геологических, геофизических, геохимических признаков. Задача выделения необходимой части информации, т. е. выбора и сохранения лишь l важнейших, существенных признаков из m признаков, имеющихся в наличии, может быть решена различными путями.

1. Выбор признаков по сохраняемой информации. Задача выбора признаков может формулироваться как задача разумного приближения полного приращения информации ΔI_i о наличии объектов типа B_i с помощью минимального числа составляющих. Как отмечено выше,

$$\Delta I_i = \sum_{k=1}^{m} \Delta I_{ki}. \tag{5}$$

Полагая, что ΔI_i — количество сохраняемой информации — составляет известную часть ΔI_i,

$$\Delta I_i = \varkappa \Delta I_i; \quad 0 < \varkappa < 1, \tag{6}$$

из всей совокупности элементов ΔI_{ki} строки i выберем часть элементов, удовлетворяющую условию

$$\left[\sum \Delta I_{ki}\right] \geqslant \varkappa \Delta I_i, \tag{7}$$

где $[\sum \Delta I_{ki}]$ — частная сумма, в которой индекс k принимает не все значения от 1 до m.

Выбранные элементы определяют столбцы матрицы, т. е. признаки. Суммируя элементы столбцов ΔI_{ki} найдем то количество информации, которое несет в себе выбранные признаки. Эти информация в каждом случае состоит из полезной — ΔI_{ki} и посторонней — $[\Delta I_k]_{\text{пост}}$ информации

$$\Delta I_k = \Delta I_{k\,i} + \sum_{\substack{i=1 \\ k \neq i}}^{m} \Delta I_{ki} = \Delta I_{ki} + [\Delta I_k]_{\text{пост}}.$$

Рациональный выбор признаков должен обеспечить не только условие (7), но и максимум отношения

$$\frac{\left[\sum \Delta I_{ki}\right]}{\left[\sum \Delta I_k\right]} = \frac{\left[\sum \Delta I_k\right] - \left[\sum \Delta I_k\right]_{\text{пост}}}{\left[\sum \Delta I_k\right]}, \tag{8}$$

где $[\sum \Delta I_k]$ — сумма всех элементов выбранных столбцов матрицы (ΔI_{ki}).

Условие максимума (8) эквивалентно условию минимума посторонней информации при сохранении заданного количества полезной информации.

В простых случаях решение достигается подбором и сопоставлением вариантов.

2. Выбор признаков по ценности информации. Важным качеством признака, наряду с количеством доставляемой информации, является ее ценность. Обозначим ценность одной двоичной единицы информации о наличии — отсутствии объекта типа B_i через q_i. Учитывая, что промежуточный геологический документ на некоторой стадии обработки данных более интересен для нас, чем лежащая в его основе карта фактического материала, временно установим ценность единицы информации о выбранных объектах более высокой, чем ценность единицы информации о всех остальных объектах. Так как исключение части полной информации в данном случае желательно, ценность единицы информации о некоторых маловажных объектах может быть принята отрицательной.

При определении величины q_i не могут не сказаться субъективные соображения исследователя. Однако это не означает полной свободы оценки, а следовательно, и неопределенности результатов. Ценность единицы информации о наиболее важных объектах следует устанавливать в несколько раз (обычно в 2—5) более высокой, чем ценность информации относительно других объектов. Некоторая неопределенность задания по существу не сказывается на результатах, так как выбор того или иного признака является дискретным действием.

Возможны два крайних подхода к решению задачи. Ценность единицы информации о том или ином явлении может быть установлена такой высокой, что будут учтены любые признаки, указывающие на явление, в том числе и такие, которые одновременно и притом с бóльшим основанием указывают на иные явления и процессы. В этом случае промежуточный документ будет построен по принципу: «Лучше ошибиться, чем пропустить!».

Другая крайность неизбежна, когда ложное указание на объект типа B_g как на объект, принадлежащий к типу B_i, вызывает очень неприятные последствия. Знание этих последствий заставит установить особо низкую ценность единицы информации, доставляемой признаками, сходными у объектов B_g и B_i. Промежуточный документ будет построен по принципу: «Лучше пропустить, чем ошибиться!»

Например, признаки, общие для медноколчеданных и железоколчеданных месторождений, получат низкую ценность, а признаки, отделяющие месторождения этих двух типов друг от друга,— высокую ценность.

Суммарную ценность информации C_k, заключенную в признаке A_k, найдем с помощью простого соотношения

$$C_k = \sum_{i=1}^{n} q_i \Delta I_{ki}. \tag{9}$$

Подсчитав величины C_k, из всей совокупности признаков выберем только те, для которых соблюдается условие

$$C_k \geqslant S, \tag{10}$$

где S — установленный уровень.

В частности, можно принять условие — выбирать только те признаки A_k, у которых $C_k > 0$.

После того как необходимые признаки выбраны, построение промежуточного геологического документа осуществляется достаточно просто. На карте сохраняются лишь контуры распространения этих основных признаков, все остальные данные исключаются.

Учитывая различную информационную содержательность признаков и то обстоятельство, что в значительном числе мест разнообразные признаки перекрывают друг друга, можно от условных обозначений, обычных для геологической карты, перейти к единой количественной мере. Такой мерой служит либо количество информации, либо, если задана априорная вероятность нахождения объекта, вероятность наличия объекта с учетом показаний всех признаков.

Проводя количественную оценку информации или вероятности, нельзя упускать из вида, что в пределах выделенных контуров, совпадающих с контурами распределения отобранных признаков, могут попадаться и те признаки, которые в основном указывают на объекты других типов и не приняты нами как второстепенные. Не имея самостоятельного значения, эти признаки позволят варьировать степень определенности, установленную по основным признакам, если, конечно, сопоставляемое с ними приращение информации об интересующем нас типе объектов не равно нулю.

Подсчет количества информации, заключенной в нескольких независимых признаках, сводится к суммированию ΔI_{ki}.

Вычисление вероятности наличия объекта в зоне наложения нескольких признаков выполняется по приведенной выше формуле Байеса (1). Априорной вероятностью для m-го признака служит апостериорная вероятность, вычисленная по $m-1$ предшествующим признакам. Легко установить, что равенство (1), при наличии одного признака имеющее вид

$$P(B_i/A_1)=\frac{1}{1+\frac{P(A_1/\bar{B}_i)}{P(A_1/B_i)}\left[\frac{1}{P_0(B_i)}-1\right]}, \tag{11}$$

при двух независимых признаках определяет искомую вероятность как

$$P(B_i/A_{1,2})=\frac{1}{1+\frac{P(A_1/\bar{B}_i)}{P(A_1/B_i)}\cdot\frac{P(A_2/\bar{B}_i)}{P(A_2/B_i)}\left[\frac{1}{P_0(B_i)}-1\right]} \tag{12}$$

и аналогично при m признаках

$$P(B_i/A_{1,2,\ldots,m})=\frac{1}{1+\prod\limits_{k=1}^{m}\frac{P(A_k/\bar{B}_i)}{P(A_k/B_i)}\left[\frac{1}{P_0(B_i)}-1\right]}. \tag{13}$$

Для иллюстрации изложенных положений рассмотрим схематический пример. На рис. 1 построены контуры распространения десяти поисковых признаков. Площади, ограниченные контурами, заполнены условными знаками в соответствии с наличием и обозначением признаков. Поскольку признаки относятся к объектам четырех типов, распределение и наложение признаков сложное. Рис. 1 имеет вид типичный для карты фактического материала.

Соотношение признаков с объектами четырех типов описывают приведенные ниже матрицы.

Элементы первой матрицы — суть вероятности $P(A_k/B_i)$

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
B_1	0,8	0,6	0,6	0,2	0,9	0,6	0,75	0,2	0,08	0,25
B_2	0,2	0,3	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,6	0,4	0,4
B_3	0,6	0,2	0,5	0,2	0,6	0,3	0,2	0,8	0,25	0,9
B_4	0,7	0,6	0,2	0,75	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,6

Элементами второй матрицы являются вероятности $P(A_k/\overline{B}_i)$

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
B_1	0,1	0,1	0,6	0,05	0,3	0,4	0,15	0,1	0,1	0,3
B_2	0,1	0,1	0,15	0,1	0,2	0,15	0,5	0,2	0,8	0,1
B_3	0,15	0,1	0,1	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2	0,05	0,3
B_4	0,17	0,6	0,05	0,15	0,05	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1

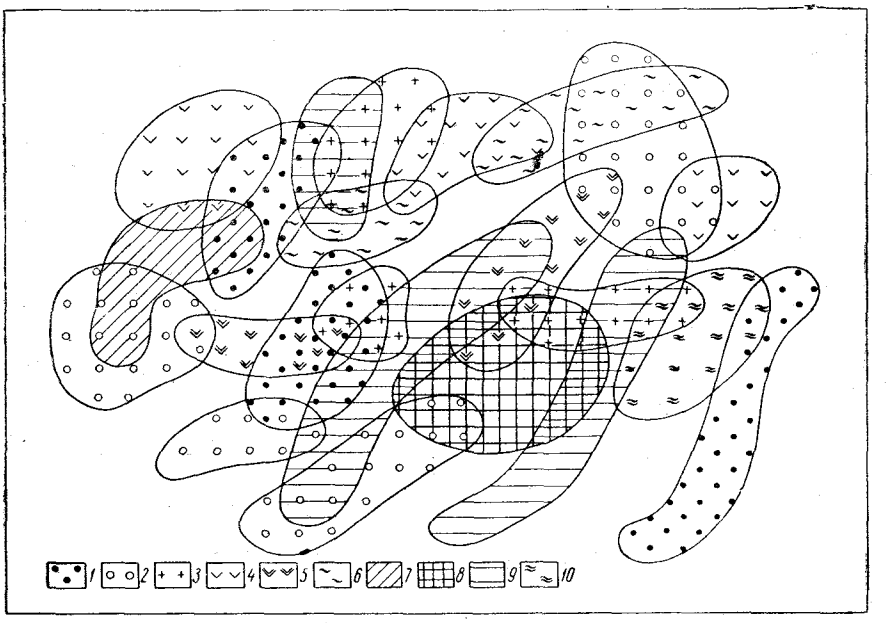


Рис. 1. Схема распределения по площади десяти признаков, соответствующих объектам четырех типов.

1—10 — поисковые признаки.

Элементы третьей матрицы — отношения правдоподобия $P(A_k/B_i)/P(A_k/\overline{B}_i)$

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
B_1	8	6	1	4	3	1,5	5	2	0,8	0,8
B_2	2	3	6	8	4	4	0,8	3	0,5	4
B_3	4	2	5	0,5	3	1	2	4	5	3
B_4	4	1	4	5	10	2	3	7	3	6

Элементы четвертой матрицы — приращения информации ΔI_{ki}

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
B_1	3,0	2,6	0,0	2,0	1,6	0,6	2,3	1,0	—0,3	—0,3
B_2	1,0	1,6	2,6	3,0	2,0	2,0	—0,3	1,6	—1,0	2,0
B_3	2,0	1,0	2,3	—1,0	1,6	0,0	1,0	2,0	2,3	1,6
B_4	2,0	0,0	2,0	2,3	3,3	1,0	1,6	2,8	1,6	2,6

По условиям примера наибольший интерес, в первую очередь, имеют объекты типа B_1. Какие признаки являются важнейшими для указания на расположение этих объектов? Желая подчеркнуть интерес к объектам

типа B_1, примем, что ценность q_1 единицы информации равна $+3$. Информация относительно B_2, B_3, B_4 нас не интересует, что отразим в ценности $q_2 = q_3 = q_4 = -1$.

При этих условиях найдем ценность информации, доставляемой каждым из десяти признаков.

Элементы следующей матрицы — произведения $q_i\,\Delta I_{ki}$

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}
B_1	9,0	7,7	0,0	6,0	4,7	1,7	7,0	3,0	—1,0	—1,0
B_2	—1,0	—1,6	—2,6	—3,0	—2,0	—2,0	0,3	—1,6	1,0	—2,0
B_3	—2,0	—1,0	—2,3	1,0	—1,6	0,0	—1,0	—2,0	—2,3	—1,6
B_4	—2,0	0,0	—2,0	—2,3	—3,3	—1,0	—1,6	—2,8	—1,6	—2,6
$C_k = \sum$	4,0	5,1	—6,9	1,7	—2,2	—1,3	4,7	—3,4	—3,9	—7,2

Суммирование элементов столбцов показывает, что наибольшую ценность представляет информация признаков A_2, A_7, A_1 и A_4; $C_2 = 5{,}1$; $C_7 = 4{,}7$; $C_1 = 4{,}0$; $C_4 = 1{,}7$.

Как видно из табл. 1, различным предположениям о величинах q_i соответствуют малоизменяющиеся последовательности признаков. Во всех вариантах признаки выбраны по условию $C_k \geqslant 1$ и расположены по мере убывания C_k.

Таблица 1

Ценность единицы информации				$\sum_{i=1}^{4} q_i$	Последовательность признаков
q_1	q_2	q_3	q_4		
+3	—1	—1	—1	0	A_2, A_7, A_1, A_4
+2	—1	—1	—1	—1	A_2, A_7, A_1
+3	—2	—1	—1	—1	A_7, A_2, A_1
+3	—1	—2	—1	—1	A_2, A_7, A_4, A_1
+3	—1	—1	—2	—1	A_2, A_7, A_1
+3	—4	0	0	—1	A_7, A_1, A_9, A_2
+3	—2	—2	0	—1	A_7, A_1, A_2, A_4
+3	—1	—5	—1	—4	A_4, A_2

Первый и второй варианты задания q_i соответствуют условию: сведения относительно местоположения B_2, B_3 и B_4 в равной степени не интересны, причем опасность ложного выделения B_2 вместо B_1 не отличается от опасности выделения B_3 либо B_4 вместо B_1. Во всех остальных вариантах величины q_i способствуют исключению возможных ошибок относительно объектов одного из типов. Как следует из табл. 1, признак A_2 встречается в восьми вариантах из восьми рассмотренных, признаки A_7 и A_1 — в семи вариантах.

Проверим устойчивость выделения определяющих признаков по относительной доле информации, которую они заключают в себе. Как видно из матриц с элементами $P\,(A_k/B_i)$, $P\,(A_k/\bar{B}_i)$, ΔI_{ki}, наличие признаков A_{10} и A_9 с большей вероятностью указывает на отсутствие объекта B_1, чем на возможность расположения B_1 в пределах участка съемки. Поэтому подсчет полной информации проведем при условии, что все признаки положительные. (Отсутствие A_9 и A_{10} есть положительный признак B_1). Суммируя элементы ΔI_{ki} по строке B_1, находим

$$\Delta I_1 = \sum_{k=1}^{10} \Delta I_{k\,1} = 13{,}7 \text{ двед.}$$

Чтобы выделить определяющие признаки, положим, что на промежуточном документе должно сохраниться не менее половины полной информации о B_1

$$\Delta I_1^{\vee} = 0{,}5; \quad \Delta I_1 = 6{,}85 \text{ двед.} \tag{14}$$

Принимая во внимание величины $\Delta I_{k\,i}$, приходим к выводу, что возможны различные комбинации признаков, обеспечивающие соблюдение условия (14). Вместе с тем эти комбинации признаков отличаются друг от друга отношением сохраняемой информации о B_1 ко всей сохраняемой информации. Табл. 2 подтверждает, что сочетание A_1, A_2, A_7 является наилучшим.

Таблица 2

Сохраняемые признаки	Сохраняемая информация, двед.	$\frac{[\Sigma \Delta I_{k1}]}{[\Sigma \Delta I_k]}$
A_1, A_2, A_4	7,6	0,390
A_2, A_4, A_7	6,9	0,428
A_1, A_2, A_7	7,9	0,443
A_4, A_5, A_6, A_7	6,9	0,300
A_1, A_7, $\overline{A}_9$, $\overline{A}_{10}$	6,9	0,257

Примечание. $\overline{A}_9$, $\overline{A}_{10}$ — означает отсутствие A_9 и A_{10}.

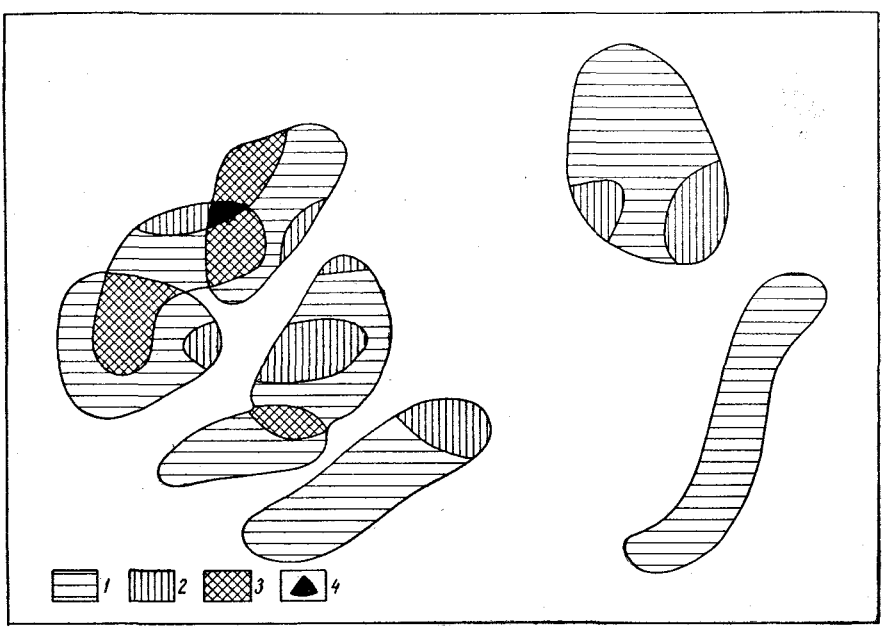


Рис. 2. Схема распределения по площади вероятности обнаружения объектов типа B_1 при $P_0(B_1) = 0{,}03$.

1 — $0{,}1 < P \leqslant 0{,}2$; *2* — $0{,}2 < P \leqslant 0{,}4$; *3* — $0{,}4 < P \leqslant 0{,}6$; *4* — $P > 0{,}6$.

Таким образом, признаки A_2, A_7, A_1 со всех точек зрения являются определяющими. Объединяя контуры распространения этих признаков, учитывая отношения правдоподобия и пользуясь формулой (13), можно установить вероятность нахождения объектов типа B_1, неравномерно распределенную по площади съемки.

Численное определение апостериорной вероятности требует знания априорной. Однако точное значение последней для поисковых целей

не очень существенно, так как максимумы апостериорной вероятности не изменяют своего расположения на площади, если варьировать в некоторых пределах априорную вероятность. При этом будут изменяться лишь общий уровень и величина апостериорной вероятности.

На рис. 2 построена схема распределения вероятности обнаружения B_1.

Заключение

Использование разнообразных геологических, геофизических и геохимических признаков настоятельно требует введения общей меры для оценки их эффективности. Такой мерой является информационная содержательность признаков. Основное условие успешного применения теории построения промежуточных геологических документов — массовое определение по известным геологическим фактам количественных соотношений $P(A_k/B_i)$ и $P(A_k/\bar{B}_i)$, лежащих в основе расчетных формул. Весьма важно также учесть меру взаимной связи признаков не с точки зрения их ассоциативности, а с точки зрения их природы. В первом приближении признаки принимаются независимыми, что не полностью соответствует действительности.

Предлагаемая теория упорядочивает процесс обработки геологических, поисковых и разведочных данных, не снимая главной трудности по оценке значимости признаков.