

А.К.Турсунбаева

Карагандинский государственный технический университет

**ОПТИМАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ РАЗБРЫЗГИВАТЕЛЕЙ
ПРИ КУЧНОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕТАЛЛОВ**

Металдардың үйінді сілтілеу кезінде пайда болатын граф теориясы негізінде суару жүйелердің оңтайлы орналастырылуы қарастырылған. Оның техникалық-экономикалық тұрғыдан тиімділігі дәлелденген.

Within the limits of the theory of counts questions of optimum placing irrigating systems are considered at compact leaching metals. The scheme of distribution will appear useful on the project of working out of deposit.

Введение

На практике подача раствора при кучном выщелачивании может обеспечиваться несколькими различными способами (а именно: методом заводнения или подпруживания; разбрызгивателями-вертушками; трубчатыми разбрызгивателями; обычной системой газонного распыления влаги и системами капельного орошения) [1].

Разбрызгиватели «Wiggler», представляющие собой хирургические трубки, вставленные в отверстия, высверленные по всей распределительной системе труб, на практике не обеспечивали равномерного распределения раствора и не получили широкого распространения.

Разбрызгиватели «Wobbler» — это эксцентрично посаженные вращающиеся оросители, которые нашли широкое применение в области кучного выщелачивания. Из-за того, что в их конструкции использован принцип вращения эксцентрично установленного рабочего органа, очень важно, чтобы система «Wobbler» надежно крепилась на стальных вертикальных водовыпусках на высоте не более 1 м от орошаемой поверхности.

«Wobbler» обеспечивает подачу раствора достаточно крупными каплями, что сводит к минимуму испарение. Система характеризуется различными конструкционными номерами, отличающимися объемами расхода жидкости при заданных значениях давления. Опыт эксплуатации установок в полевых условиях показал, что повышение однородности распределения раствора лучше всего достигается, если устанавливать каждый разбрызгиватель «Wobbler» со своим индивидуальным регулятором давления.

Точная дозировка подачи раствора применительно к конкретному проекту может быть обеспечена в результате правильного выбора конструкции и типоразмера разбрызгивателей; при этом, конечно, нельзя забывать о рациональном размещении разбрызгивателей и соблюдении расчетного давления в системе. Принятые к эксплуатации разбрызгиватели должны поддерживать одинаковые нормы расхода раствора внутри всего рабочего радиуса их действия. Рисунок иллюстрирует основные концепции, применяемые для достижения заданных схем распределения потоков раствора.

Применение теории графов к оптимальному размещению разбрызгивателей

Теория графов зародилась в ходе решения разных головоломок в XVIII в. и долго, как и вся дискретная математика, была «золушкой» серьезного математического мира [2]. В 30-е годы прошлого века она оформилась как самостоятельная дисциплина в работе венгерского математика Кенига. Созданные в ней конструктивные алгоритмы (построения эйлеровых циклов, путешествий по лабиринтам и пр.) не слишком многочисленны, но дискретная математика позволяет дать наглядное, наиболее удобное для человеческого восприятия представление о задаче, дать четкую постановку задачи, выяснить условия существования решения.

В последующие годы, особенно в связи с колоссальным увеличением вычислительных возможностей, дискретная математика стала рабочим инструментом теории конечных автоматов, теории информации, разработки систем связи, теории кооперативных игр, математической лингвистики, генной инженерии, военного планирования, аппарата сетевого планирования и управления сложными техническими проектами и т.д. [2–4].

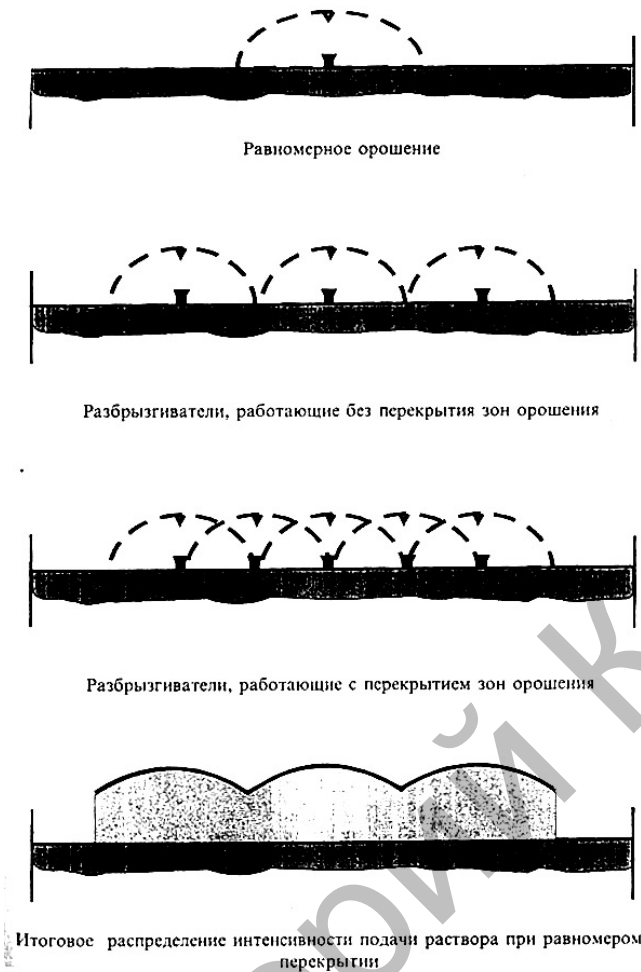


Рис. Применение разбрызгивателей [1]

Если мы ставим задачу размещения разбрызгивателей с точки зрения полного покрытия штабеля и чтобы это было не слишком дорого, то мы приходим к задаче дискретного и целочисленного математического программирования, которую можно решить в терминах теории графов.

Сделаем сначала общую постановку задачи. Пусть имеются N ($j = 1, 2, \dots, N$) участков, где необходимо поставить разбрызгиватели мощностью W_i , $i = 1, 2, \dots, m$. W_i — это дискретные числа, которые могут представлять и мощность разбрызгивателя, и суммарные затраты средств, вкладываемых на установку разбрызгивателя на тот или иной участок. Пусть задана технологическая матрица A , элементы a_{ij} которой означают эффективность применения W_i на j -участке. Теперь требуется так распределить заданные дискретные величины W_i , чтобы получить максимум эффекта при ограниченном суммарном объеме ресурса W_0 .

Математически задача формулируется следующим образом:

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} \cdot \varepsilon_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

при

$$\sum_{j=1}^N W_i \cdot \varepsilon_{ij} \leq W_0, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m \varepsilon_{ij} = 1 \text{ для } j = 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

Здесь a_{ij} — элемент технологической матрицы, выражающий какой-либо эффект; W_i — i -я мощность разбрызгивателя или i -й объем ресурса; ε_{ij} — целочисленная переменная, принимающая значение 1, если W_i направляется на j -участок, и значение 0 — в противном случае.

В качестве a_{ij} может быть мощность разбрызгивателя на j -участке при затрате W_i объема капиталовложений. Технологическая матрица имеет вид.

Технологическая матрица А

i	участки j ресурсы W_i	1	2	...	N
		1	a_{11}	a_{12}	...
2	W_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2N}
...
m	W_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mN}

В терминах теории графов задача (1)–(3) интерпретируется следующим образом. Известен квазиупорядоченный граф, состоящий из N ($j = 1, 2, \dots, N$) подмножеств вершин, представляющих собой участки. В каждом подмножестве содержится ровно m вершин ($i = 1, 2, \dots, m$), т.е. столько, сколько вариантов распределения разбрызгивателей (или ресурсов). В каждой вершине графа заданы два числа: a_{ij} и W_i . Их назовем весами вершин.

Требуется найти на графе путь, начинающийся в подмножестве $j = 1$ и оканчивающийся в подмножестве $j = N$, который удовлетворяет условиям:

- в рассматриваемый путь обязательно входит только по одной вершине из каждого N подмножеств;
- сумма чисел a_{ij} выбранных вершин максимальна;
- сумма чисел W_i этих же вершин пути не превышает значения W_0 .

Алгоритм решения данной задачи заключается в следующем.

Шаг 1. В каждом столбце технологической матрицы определяем максимальный элемент и обозначаем его $a_{i_{\max j}}$. Очевидно, сумма $\sum_{j=1}^N a_{i_{\max j}} = A_0$ является максимально возможной величиной эффекта.

Шаг 2. Проверяем выполнение условия (2).

Если сумма $\sum_{j=1}^N W_{i_{\max j}} \cdot \varepsilon_{i_{\max j}} = R_0 \leq W_0$, то задача решена. Набор из N элементов $a_{i_{\max j}}$ составляет оптимальный план задачи. Если же $R_0 \geq W_0$, то переходим к шагу 3.

Шаг 3. Действия шага 3 направлены на то, чтобы получить посредством последовательной замены элементов первоначального набора такой набор элементов в технологической матрице, относительно которого выполняется условие (2). При этом из новых таких возможных наборов выбирается тот, для которого среднее значение эффекта от использования единицы ресурса является максимальным.

Если заменить какой-либо элемент $a_{i_{\max j}}$ из первоначального набора другим элементом a_{ij} j -го столбца, то суммарная величина эффекта A_0 уменьшается на $a_{i_{\max j}} - a_{ij}$ и станет равной $A_0 - (a_{i_{\max j}} - a_{ij})$. Тогда объем ресурса, вкладываемого в участок j , также изменится на величину $W_{i_{\max}} - W_i$. Суммарный объем ресурса, направляемый на все N участков, станет $R_0 - (W_{i_{\max}} - W_i)$.

Тогда необходимо заменить в первоначальном наборе элементов $a_{i_{\max j}}$ такой элемент, чтобы величина принимала максимальное значение.

$$C_{ij}^1 = \frac{A_0 - (a_{i_{\max j}} - a_{ij})}{R_0 - (W_{i_{\max}} - W_i)}, \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, N; i_{\max} \neq i$.

Число C_{ij}^1 представляет собой упомянутое выше среднее значение эффекта от использования единицы ресурса (мощности) в объеме $R_0 - (W_{i_{\max}} - W_i)$.

Значение C_{ij} вычисляем для каждого элемента $a_{ij} \neq a_{i_{\max j}}$ в каждом столбце j и затем находим среди них максимальное.

Элемент a_{ij} , соответствующий этому максимуму, входит в новый набор элементов вместо $a_{i_{\max j}}$.

Переходим к выполнению шага 2 — проверке условия (2) для нового плана из элементов технологической матрицы, т.е. мы анализируем неравенство $R_0 - (W_{i_{\max}} - W_i) = R_1 \leq W_0$.

Если это неравенство имеет место, то задача решена. В противном случае снова переходим на повторение шага 3. При этом в формуле (4) вместо A_0 берется A_1 , а вместо R_0 принимается R_1 .

Как описано в шаге 1, $\sum_{j=1}^N a_{i_{\max j}} = A_0$, значения A_1 и R_1 соответствуют числителю и знаменателю

(4) для максимального C_{ij}^1 . В качестве элементов $a_{i_{\max j}}$ принимаются элементы нового набора плана.

При последующих повторениях в шаге 3 получаем:

$$C_{\max} = \max(C_{ij}^k), A_k, R_k. \quad (5)$$

Если среди C_{ij}^k имеется несколько одинаковых максимумов, то выбираем среди них такой, для которого числитель формулы (4) больше.

Так как величина C_{ij}^k есть среднее значение эффекта от использования единицы ресурса, то выбором максимума среди них мы добиваемся получить наибольший средний эффект от использования единицы объема ресурса. Это влечет к максимальному суммарному эффекту при соблюдении условия (2). Следовательно, выбор величины C_{\max} обеспечивает нам сходимость алгоритма и оптимальность плана.

Рассмотрим численный пример, используя схему на рисунке 1. Возьмем 4 объединенных участка. Пусть в нашем распоряжении есть 5 разбрызгивателей различной мощности (третья схема на рис.): 600, 1200, 1800, 2400, 3000 Вт. Это наши ресурсы — W_i . Для простоты расчетов ресурсы W_i будем представлять в единицах 600 Вт. Тогда $W_1 = 1, W_2 = 2, W_3 = 3, W_4 = 4, W_5 = 5$.

Элементы матрицы таблицы означают величину экономической эффективности при наличии капиталовложений в каждый участок (тыс. тенге). Эта величина оценивалась из стоимости разбрызгивателей, их числа и из существующих расценок пусконаладочных работ. Стоимость маломощного разбрызгивателя мощностью 600 Вт составляет примерно 8 тыс. тенге и возрастает на 40 % при двойном увеличении мощности.

Требуется так распределить разбрызгиватели по четырем участкам, чтобы достичь максимального экономического эффекта при наличии 5 разбрызгивателей.

Шаг 1. Выбираем в каждом столбце матрицы максимальный элемент, получаем план, состоящий из следующих элементов таблицы:

$$a_{51} = 10; W_5 = 5; a_{52} = 10; a_{43} = 10; W_4 = 4; a_{54} = 9; W_5 = 5.$$

$$A_0 = \sum_{j=1}^5 a_{i_{\max j}} = 10 + 10 + 10 + 9 = 39;$$

$$R_0 = \sum_{j=1}^5 W_{i_{\max}} = 5 + 5 + 4 + 5 = 19.$$

Шаг 2. $R_0 = 19 > W_0 = 10$.

Условие (1.29) не выполняется, т.е. требуемое число разбрызгивателей больше, чем в наличии. Перейдем к шагу 3.

Шаг 3. Первый столбец ($j = 1$):

$$C_{11}^1 = \frac{39 - (10 - 2)}{19 - (5 - 1)} = 2,05;$$

$$C_{21}^1 = \frac{39 - (10 - 3)}{19 - (5 - 2)} = 2,00;$$

$$C_{31}^1 = \frac{39 - (10 - 6)}{19 - (5 - 3)} = 2,06;$$

$$C_{41}^1 = \frac{39 - (10 - 5)}{19 - (5 - 4)} = 1,89.$$

Аналогичные вычисления проводятся и для других столбцов. Максимальным среди C_{ij}^1 будет $C_{\max} = C_{34}^1 = 2,18$. Следовательно, вместо элемента $a_{54} = 9$ в план входит элемент $a_{34} = 7$.

После первой итерации имеем план:

$$a_{51} = 10, a_{52} = 10, a_{43} = 10, a_{34} = 7, C_{\max} = 2,18.$$

Так как $R_1 = 17 > W_0 = 10$, то снова переходим к шагу 3, но вместо $A_0 = 39$ принимаем $A_1 = 37$, вместо $R_0 = 19$ — значение $R_1 = 17$.

После второй итерации, повторив все действия шага 3, получаем план:

$$a_{51} = 10, a_{52} = 10, a_{33} = 9, a_{34} = 7; \\ a_2 = 36, R_2 = 16, C_{\max} = 2,25.$$

После третьей итерации:

$$a_{31} = 6, a_{52} = 10, a_{33} = 9, a_{34} = 7; \\ a_3 = 32, R_3 = 14, C_{\max} = 2,28.$$

После четвертой итерации:

$$a_{31} = 6, W_3 = 3, a_{12} = 2, W_1 = 1, a_{33} = 9, W_3 = 3, a_{34} = 7, W_3 = 3, \\ a_4 = 24, R_4 = 10, C_{\max} = 2,40.$$

Итак, получен оптимальный план, поскольку $R_4 = W_0 = 10$.

Полученный нами результат означает, что нам необходимо 10 маломощных разбрызгивателей (600 Вт), чтобы покрыть всю зону орошения.

Заключение

В настоящее время в Казахстане не освоено около 65 % разведанных золотосодержащих месторождений. Наиболее экономичным методом добычи золота является кучное выщелачивание. Представленная в настоящей работе схема распределения разбрызгивателей окажется полезной на стадии технико-экономического обоснования проекта разработки того или иного месторождения.

Список литературы

1. Кучное выщелачивание золота. Зарубежный опыт и перспективы развития. Справочник / Под ред. В.В.Караганова и Б.С.Ужкенова. — М., Алматы, 2002. — 260 с.
2. Цой С., Цхай С.М. Прикладная теория графов. — Алма-Ата: Наука, 1971 — 500 с.
3. Харари Ф. Теория графов. — М.: Мир, 1973. — 512 с.
4. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. — М.: Наука, 1974. — 368 с.

УДК: 541.64 + 678.744

Г.К.Кудайберген¹, Ж.К.Садакбаева², Ж.Е.Ибраева², С.Е.Кудайбергенов², К.К.Есенбаева¹

¹Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова;

²Институт полимерных материалов и технологий, Алматы

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ЗОЛОТА

Ионы-плазмалық бурку әдісімен алтынның жұқа қабаты түсірілген полиэтилентерефталат қабықшаларының құрылымдық ерекшеліктеріне микроскопиялық зерттеу жүргізілген. Қалыңдығы 3–30 нм қабаттардағы металдардың механикалық сипаттамалары (пластикалық деформация шамасы, беріктілігі) олардың қабат қалыңдығының азаюына қарай өсетіні көрсетілген.

Mechanical properties of nanocomposites on the basis of polyethyleneterephthalate and gold. Microscopic studies of structural peculiarities of poly(ethyleneterephthalate) films, on which thin gold layers were deposited by ion-plasma method, have been carried out. It has been shown that mechanical characteristics of metals (the value of plastic deformation, durability) in layers with thickness 3–30 nm increase with decrease of layer thickness.

Полимерные пленки с тонкими металлическими покрытиями нашли широкое практическое применение в микроэлектронике, вычислительной технике, фармацевтической и упаковочной промышленности [1], в связи с чем изучение свойств таких систем имеет не только фундаментальное, но и прикладное значение. Однако, несмотря на исключительную важность сведений о свойствах веществ-