

извлечение марганца в концентрат до 65 %, что практически в два раза превышает полученные ранее результаты.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Архипов Г.И., Кулиш Е.А., Кулиш Л.И. и др. Железные и марганцевые руды Дальнего Востока. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985.
2. Потконен Н.И. Марганец России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы // «Минеральное сырье» Сер. геолого-экономическая. — 2001. — № 10.

УДК 622.243.57:666.973

© Шакин С.С., 2009

Шакин С.С. (СЗГП «Севзапгеология»)

СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО НЕОРИЕНТИРОВАННОМУ КЕРНУ СКВАЖИН

*Дается обзор англоязычных работ. Рассмотрены способы решения четырех задач: определение истинного залегания плоскости и линейности, видимых в керне совместно с плоскостью с предполагаемым залеганием. Определение истинных элементов залегания плоскостей и линий, вскрытых двумя разноориентированными скважинами. Наблюдения над линейностью в разрезе параллельных скважин для выявления структуры перекрытой толщи. Идентификация механических моделей по керну скважин. Дан пример интерфейса обрабатывающей программы. **Ключевые слова:** структуры, керн, разноориентированные скважины, обрабатывающая программа.*

*The review of English-speaking works is given. The ways of the decision four problems are considered. 1. Definition of true orientation of a plane and lineation, observable in a core together with a plane with supposed orientation. 2. Determination true element orientations of the planes and lineations, observed in two is distinguished oriented drillhole. 3. The Observations above lineation in planes of the series parallel drillholes for revealing the structure overlapped strata. 4. Identification of mechanical models on a core of drillholes. The example of the interface of the processing program is given. **Key words:** structures, drillcore, oriented drillhole, processing program.*

Методы структурных исследований керна в СССР практически отсутствовали, кроме нашей работы [1], нам не доводилось встречать печатных исследований или учебной литературы на эту тему. Тому были достаточно веские причины. Во-первых, любое предприятие могло воспользоваться практикой кернометрии (получения ориентированного керна [4]), во-вторых, социалистическая экономика не давала повода экономить метраж бурения, отсюда собственно геологическую информацию, содержащуюся в керне скважин, можно было фиксировать весьма поверхностно. В-третьих, при громадных объемах бурения и примитивных способах хранения керна часто нельзя было быть уверенными в положении «низа» керна, что исключало применение структурных методов. В несоциалистическом мире этих ограничений не существовало, поэтому, начиная с тридцатых годов двадцатого века, появлялись работы по этой тематике. Достаточно подробную их сводку можно найти в [7].

В настоящее время в РФ, причины, ограничивающие применение структурных исследований по керну, не существуют. Оборудование для кернометрии практически отсутствует, стоимость метра бурения высока, квалификация и дисциплина буровых бригад несравнима с советским периодом. Кроме сказанного, важным представляется повсеместное наличие мощной вычислительной техники, серьезно облегчающей исследования. Основными элементами, которые фиксируются в керне, являются линии и плоскости текстур горных пород. Более специфические элементы (например, замки складок), ввиду их многообразия, мы здесь рассматривать не будем, и отсылаем читателя к соответствующим детальным работам (для замков мелких складок это [5]). Специфические элементы индивидуальны на геологических объектах, и разработать методику работы с ними можно, исходя из приводимых общих принципов.

Как видно из рис. 1, основным элементом плоскости принято считать полярный угол (δ), основным элементом взаимного расположения плоскостей — угол поворота плоскостей (α), а элементом расположения линий на плоскости угол поворота (β). При этом в англоязычной литературе приняты (по последней методической работе [6]) следующие пределы изменения углов: $0^\circ < \delta < 90^\circ$; $-90^\circ < \beta < +90^\circ$, (+) — по часовой стрелке, (-) — против часовой стрелки; $-180^\circ < \alpha < +180^\circ$, (+) — по часовой стрелке, (-) — против часовой стрелки. Здесь хочется сразу оговориться. Угол β на некоторых объектах может измеряться от -180° до $+180^\circ$. Это может иметь место там, где, например, изучаются мелкие разрывы, и можно в керне определить, в какую сторону «ехал» верхний блок. В этом случае мы имеем направление линии, т.е. вектор, что и определяет расширение диапазона углов. Аналогичный прием можно применять и для «правых» и «левых» плоек, перемещение крыльев которых также является вектором (геологический пример см. в [5]). Можно отметить, что расширенное значение диа-

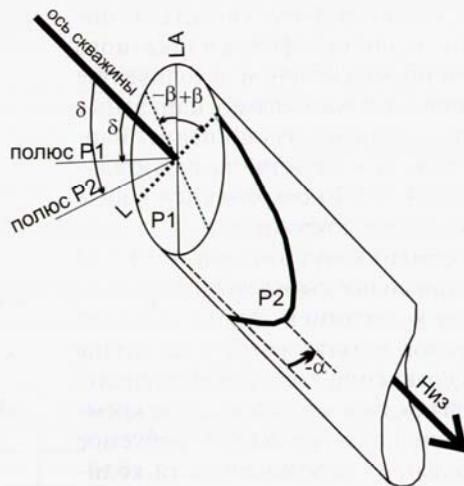


Рис. 1. Углы, которые принято измерять в керне для определения залегания двух плоскостей и линейности (по [6]). Плоскости обозначены — P1 (плоскость, истинные элементы залегания которой примерно известны); P2 — элементы залегания не известны. LA — линия «видимого падения» плоскости P1 в керне, L — направление линейности на плоскости P1

пазона угла β можно применять для всех существующих методик обработки. Полезно также оценить примерный угол между плоскостями P1 и P2 — это поможет вынести суждение при двойственности решения.

Рассмотрим некоторые задачи использования метода.

1. В керне отмечаются две плоскости (см. рис. 1, рис. 2). Примерно известно положение одной из плоскостей. Необходимо определить положение второй. Принцип решения задачи показан на стереографической проекции, на рис. 2. Вокруг скважины, вынесенной на схему по данным инклинометрических замеров, рассматриваются два конуса, отстоящие от нее на углы δ (на рисунке, для определенности, взяты конкретные значения углов). Первый конус (на рисунке P1) — конус возможных положений полюса плоскости, залегание которой примерно известно. Второй конус — положение полюсов плоскости с неизвестным залеганием (P2). Проведем предполагаемую вертикальную плоскость по направлению предполагаемого падения плоскости P1. Она, в приводимом случае, пересекает конус P1 в двух точках. Одну из этих точек, более соответствующую нашему представлению об угле падения плоскости, примем за точку полюса плоскости P1.

Понятно, что в практике может встретиться случай с одной точкой (крайне редко) и случай отсутствия пересечения. В последнем случае на окружности полюсов берется точка, наиболее близкая к плоскости предполагаемого падения. Через точку полюса P1 и точку скважины проводится плоскость (два непараллельных вектора определяют одну плоскость). На этой плоскости на рисунке нарисованы квадраты. От точки пересечения этой плоскости и плоскости, перпендикулярной скважине (искомая точка обозначена на рисунке квад-

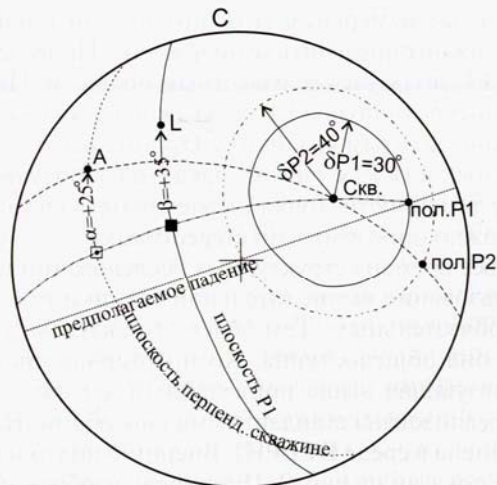


Рис. 2. Графический алгоритм определения истинных элементов залегания плоскостей P1 и P2 и линейности L (по [6]). А — промежуточная точка построения. Стереографическая проекция, верхняя полушарность

ратом с точкой), в последней плоскости отсчитываем угол α с учетом знака. Получаем точку, обозначенную на рисунке буквой «А». Через вектор, обозначенный этой точкой и скважиной, проводим плоскость, пересечение которой с конусом полюсов P2 и даст полюс положения плоскости P2. Достаточно часто, например, в случае рис. 2, решение двойственно, и необходимо вынести суждение, примерно оценив угол между плоскостями. В случае примера (см. рис. 1) он скорее острый, чем близкий к прямому, поэтому полюс плоскости P2 должен находиться там, где он показан на рис. 2. Сняв положение точки P2 со стереограммы, получим ее положение в географических координатах.

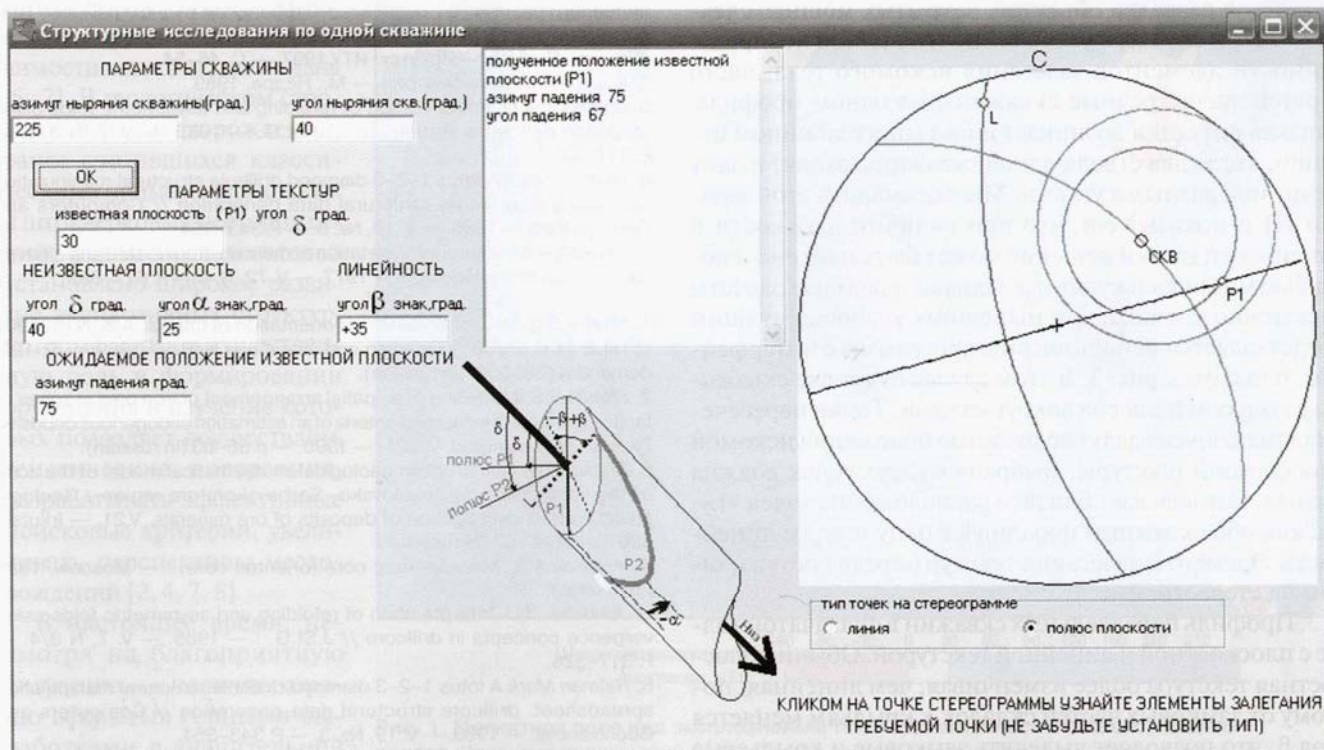


Рис. 3. Пример интерфейса программы, реализующей графический алгоритм рис. 2

В случае измерения угла линейности в плоскости P1 — можно определить ее положение. Проведем плоскость P1, пользуясь ее известным полюсом. Пересечение плоскости полюс P1 — скважина с плоскостью P1 показано залитым квадратом. Отсчитывая от этой точки в плоскости P1 с учетом знака угла β , получим положение линейности (точка L), элементы залегания которой можно определить по стереограмме.

Во все времена структурных исследований по керну использование вычислительной техники представлялось обязательным. Тем более это актуально сейчас, когда она общедоступна. Компьютерная программа, использующая выше приведенный алгоритм, может быть реализована стандартными способами. Нами она выполнена в среде DELPHI. Внешний вид окна интерфейса показан на рис. 3. Интерфейс изображен на той стадии, когда точка P1 уже выбрана щелчком левой кнопки мыши (кликом) оператора. Элементы залегания (азимут падения 75° , угол падения 67°) плоскости P1 отображены в редакторе в центре окна. На стереограмме показана плоскость P1 с точкой линейности L, вертикальная плоскость ожидаемого падения, проходящая через точку P1, конуса полюсов P1 и P2 вокруг скважины и плоскость, проходящая через точку «А» на рисунке 2 и скважину. На пересечении последней плоскости с конусом полюса P2 должен находиться полюс P2. Таких точек пересечения две. Выбрав ближайшую к P1 (т.к. угол между P1 и P2 достаточно острый), кликнув эту точку мышью, получим в редакторе элементы залегания плоскости P2. Переключив тип точек на «линия» и кликнув точку L, получим азимут и угол ныряния линейности. Рис. 3 выведен на форму окна для напоминания оператору о смысле вводимых параметров.

2. Имеются две разнонаправленные скважины, пересекающие одну текстуру. Такая задача встречается, когда ведется разведка объектов, закрытых мощным чехлом. В этом случае, в условиях почти полной неопределенности элементов залегания искомого тела, часто бурятся две встречные скважины на одном профиле. Близкая ситуация возникает и при многозабойном бурении, когда два ствола одной скважины входят в одну толщу под разными углами. Мы занимались этой задачей [1] и показывали, что при наличии плоскости и линейности на ней решение может быть найдено с помощью микрокалькулятора. Однако подобные расчеты достаточно сложны, и в нынешних условиях лучшим представляется использование программы с интерфейсом, близким к рис. 3. В этом случае будут две скважины с конусом полюсов вокруг каждой. Точки пересечения этих конусов дадут возможные положения искомого плоскостной текстуры. Выбрана из двух точек должна быть та, которая дает близкое расположение точек «L», так как обе скважины фиксируют одну и ту же линейность. Элементы залегания текстур определяются кликом на стереограмме.

3. Профиль параллельных скважин в складчатой толще с плоскостной и линейной текстурой. Обычно плоскостная текстура более изменчивая, чем линейная, поэтому от замковых частей складок к крыльям меняется угол β , что позволяет выделить замковые и крыльевые участки. Подобная методика была нами успешно при-

менена при детальными работами на пегматиты в зоне сочленения карелид и беломорид на Балтийском щите. Гнейсы, вмещающие пегматиты, имеют четкую разгнейсовку, обрамляющую антиклинали — купола и одну линейность, ориентировка которой в районе работ постоянна. Картируя угол β , удалось, при полностью перекрытом рельефе, выявить антиформы, содержащие пегматитовые жилы. Особенности работы с мелкой складчатостью в подобном варианте сети скважин детально разобраны в статье [7].

4. Наконец, необходимо упомянуть наши работы [2, 3], когда параметры механической модели, из которой следовали ориентировка трещиноватости и линейности (в виде подвижек), идентифицировались (подбирались) под фактически наблюдаемую трещиноватость и борозды скольжения на ней в керне. Данный эксперимент нельзя признать успешным. Параметры механических моделей слишком многочисленны (перечисление параметров см. [3]). Прогнозирующая сила идентифицированной модели уступала традиционным геологическим методам.

Представляется, что структурные исследования на керне в РФ следует развивать как в плане практического использования, так и в плане обучения специалистов. Этот достаточно простой и дешевый метод может еще долго служить подспорьем в геологических исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шакин С.С. Способ определения ориентировки трещиноватости. А.С. N1528908 (51)4 E 21 C 39/00 // Открытия и изобретения. — 1989. — № 46. — С. 120, заявка N 4385000.
2. Шакин С.С. Моделирование пространственного распределения железных руд в зонах разрывных нарушений. / Локальный прогноз и критерии оценки эндогенных месторождений // Зап.ЛГИ. — 1990. — Т. 121. — С. 56–63.
3. Шакин С.С. Построение геолого-математической модели зоны линейного разрыва в Соколовско-Сарбайском рудном районе / Геология, поиски и разведка месторождений. рудных ПИ: Межвузовский сборник. Вып.21. — Иркутск: ИТУ, 1997. — С. 46–54.
4. Юшков А.С. Кернометрия. — М.: Недра, 1989.
5. Johnston J.D. Interpretation of refolding and asymmetric folds using vergence concepts in drillcore // J.St.G. — 1985. — V. 7, N 3/4. — P. 317–326.
6. Hinman Mark A lotus 1–2–3 diamond drillhole structural manipulation spreadsheet: drillcore structural data generation // Computers and Geosciences. — 1993. — V. 19, № 3. — P. 343–354.
7. Laing W.P. Structural interpretation of drill core from folded and cleaved rocks // Economic Geology. — 1977. — V. 72, N 4. — P. 671–685.
1. Shakin S.S. Way of definition of orientation of cracks. A.S. N1528908 (51)4 E 21 C 39/00 // Opening and inventions N46. — 1989. — P. 120, demand N4385000. (in russian).
2. Shakin S.S. Modelling of a spatial arrangement of iron ores in zones of faults / The local forecast and criteria of an estimation endogenous deposits. Zapiski LGI, Leningrad. V. 121. — 1990. — p.56–63 (in russian).
3. Shakin S.S. Construction geological-mathematical model of the zone of the linear faults in Sokolovsko- Sarbayskom ore region / Geology, searches and investigation of deposits of ore minerals. V.21. — Irkutsk, 1997. — P. 46–57 (in russian).
4. Yushkov A.S. Measurement core (oriented core) . — Moscow, 1989 (in russian).
5. Johnston J.D. Interpretation of refolding and asymmetric folds using vergence concepts in drillcore // J.St.G. . — 1985. — V. 7, N 3/4. — P. 317–326.
6. Hinman Mark A lotus 1–2–3 diamond drillhole structural manipulation spreadsheet: drillcore structural data generation // Computers and Geosciences. — 1993. — V. 19, № 3. — P. 343–354.
7. Laing W.P. Structural interpretation of drill core from folded and cleaved rocks // Economic Geology. — 1977. — v. 72, N 4. — P. 671–685.