

ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР МОРСКИХ АКВАТОРИЙ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ МАРКОВСКОЙ СТАТИСТИКИ

¹Черников Александр Георгиевич.

¹ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Пос. Развилка, Московская обл.
e-mail: A_Chernikov@vniigaz.gazprom.ru;

Для подповерхностного геологического пространства, включающего земную кору и верхнюю мантию, серьезной проблемой является инструментальное проникновение на глубины, определяющие строение и динамику литосферы. Узвзка и пространственная интерполяция имеющихся фрагментарных данных, представляет также определенную проблему, так как инструментальные наблюдения во всех средах проводятся локально и с различной детальностью в зависимости от решаемых задач и лицензионной принадлежности участка.

В свою очередь Создание 3D-модели геологической среды должно основываться на большом объеме данных, собранных с соответствующей пространственной регулярностью, детально обработанных, тщательно проанализированных и инкорпорированных в единую модель. Определенную роль в создании подобных моделей играют методы дистанционного зондирования, основанные на дешифрировании аэро- и космоснимков. Однако, даже имея в своем распоряжении большой объем аэро-космической информации, регулярно распределенной по площади исследования, методически сложно выполнить глубинное зондирование объектов, находящихся под поверхностью воды и, тем более дна. В арктических районах проведение инструментальных геолого-геофизических и гидрофизических наблюдений осложнено ледовой обстановкой и коротким периодом навигации. Также из-за метеоусловий и ледового покрытия использование данных космоснимков существенно ограничено.

Нами разработан и опробован новый способ оперативного прогнозирования и построения трехмерной модели внутренней структуры массива горных пород по рельефу его поверхности - метод марковской гипсотомографии (Черников А.Г., 2004). Математической основой способа является теория Марковских процессов. (А.А.Марков, 1907). Новый способ прогнозирования строения массива горных пород базируется на предположении о наследовании марковских свойств рельефа поверхности, или каких-либо других свойств нижележащих стратиграфических горизонтов, в рельефе или свойствах поверхности перекрывающих наслоений, контрастных по геолого-геофизическим свойствам. Границы разделов слоев обладают рельефом, а следовательно, и свойствами, последовательно сформированными условиями осадконакопления, эпигенезом, тектонической историей и последующей изменчивостью. Каждая из границ может быть математически описана в виде простой однородной марковской последовательности отметок значений свойств по множеству профилей, секущих границу. Согласно теории марковских процессов, предыдущее состояние (марковское свойство подстилающего слоя) вероятно определяет состояние последующее — марковское свойство покрывающего слоя. Это не означает прямое наследование предшествующего рельефа последующим. Наследуются, собственно, марковские свойства рельефа. Следовательно, изучая определенным образом марковские свойства на поверхности дна, появляется возможность получения информации о глубинном строении массива.

В качестве исходных данных, используется дискретная числовая последовательность значений отметок рельефа дна (батиметрии). Расчет осуществляется путем выполнения компьютерного анализа числовой последовательности значений батиметрии двумя окнами АВ и MN, имитирующими измерительные установки, применяемые при вертикальном электрическом зондировании, в интервале которых величины преобразуются в значения переходных вероятностей случайной марковской последовательности [Черников и др, 2001, 2004]. Глубину зондирования и детальность прогноза определяют следующие факторы: ширина окна сканирования (количество точек в исследуемой последовательности); шаг

наблюдения (расстоянием между точками); число определенных на шкале глубин состояний (аналог частоты зондирования).

В основу разработанного алгоритма Марковского 3D моделирования положен подход, предполагающий удержание в модели вероятностного образа свойств моделируемых объектов. Создание вероятностного образа осуществляется на совокупности данных, в которой географические и глубинные координаты точек прогноза рассматриваются как координаты фазового пространства, кодировка числовых значений которых представлена в виде Марковской последовательности со строго определенными количеством и очередностью шагов. Система использует нечеткие каналы наблюдения с ветвящимися графами марковских состояний: переход из нечеткого состояния в следующее нечеткое состояние, представляется в виде ветвящегося графа. Полученные томограммы изменчивости марковских свойств, методом инверсии, пересчитываются в разрезы петрофизических свойств по априорной информации об акустических и (или) плотностных свойствах среды (Черников А.Г., 2011). Метод позволяет выполнять расчет (прогноз) строения массива как по профилям, так и по площадям наблюдений, осуществлять пересчет их в глубинную 3D модель, проводить петрофизическую инверсию и представлять результат в виде разрезов (томограмм) по различным сечениям моделируемого массива. Подобные 3D модели рассчитаны для акваторий Баренцева, Карского, Восточно-Сибирского, Чукотского Каспийского и Японского морей.

Выводы:

Результаты прогнозов и 3D моделирования подповерхностных отложений методом Марковской гипсотомографии, как для арктических морей, так и для морей других районов, показали, что данный метод, использующий минимум входных данных, а именно, цифровые результаты площадной батиметрической съемки позволяет:

- оперативно выполнить предварительный анализ строения исследуемого района, выявить зоны структурных нарушений;
- наметить участки для проектирования детальных исследований комплексом геолого-геофизических методов;
- служить структурной основой для интеграции, в пределах исследуемой акватории, в единую модель комплекс разнообразных, океанографических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черников А.Г., Либина Н.В. Использование марковской гипсотомографии при геологических исследованиях в океанологии // Океанология, 2011, том 51, № 3, с.561-565.
2. Черников А.Г., Матушкин М.Б., Либина Н.В. Изучение внутреннего строения Земли на основе марковского анализа гипсометрии ее поверхности // Разведка и охрана недр. 2001. № 2. С. 57-59.
3. Черников А.Г., Либина Н.В., Матушкин М.Б. Патент на изобретение «Способ выявления внутренних неоднородностей Земли», № 2293361, 2004 г. (Приоритет от 30.12.2004. Выдан 14.07.2006).