

УДК 550.834

DOI: 10.52531/1682-1696-2024-24-3-34-41

Научная статья

EDN: CHQDRJ

# КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ КОМПЛЕКСНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

С.А. Кириллов,  
А.М. Алисолтанов

АО «ЦЕНТРАЛЬНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ  
ЭКСПЕДИЦИЯ», МОСКВА, РОССИЙСКАЯ  
ФЕДЕРАЦИЯ

Предлагается цифровая технология анализа больших объемов многопараметровых и многомерных систем (объектов) на примере анализа информативности профильных сейсмических полей и скважинных геофизических диаграмм, позволяющая квалифицированно принять управленческое решение по выбору информативного материала для построения геологической модели региона. На основе полученной модели можно выявлять нефтегазоперспективные объекты и конкретизировать дальнейшую детализацию пространственного строения объектов и прогноза его коллекторских свойств.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** большой объем данных, цифровая технология анализа, профильная сейсморастворка, геологическая модель залежи, программно-вычислительные средства, визуальные окна анализа, многопараметровые и многомерные системы

Современная геология сталкивается с необходимостью принимать множество решений, опираясь на результаты экспертного анализа громадных объемов данных, описывающих систему, состоящую из множества многопараметровых и многомерных объектов, которые необходимо обрабатывать в более сжатые сроки, чем когда-либо ранее.

Использование информации в сложных системах предполагает несколько этапов [4, 10]:

- предварительное изучение геологических данных с целью выявления наиболее значимых его элементов;
- более глубокое изучение этих элементов с целью получения оценки данных, установление закономерностей или выработки гипотез;

*Original article*

## THE CONCEPT OF TECHNOLOGY FOR DIGITAL INFORMATION EXPERT ASSESSMENT OF COMPLEX MODELS OF OIL AND GAS FIELD FACILITIES

S.A. KIRILLOV, A.M. ALISOLTANOV  
JSC «CENTRAL GEOPHYSICAL EXPEDITION»,  
MOSCOW, RUSSIAN FEDERATION

A digital technology for analyzing big data of multiparameter and multidimensional systems (objects) for the example of analyzing the information content of line seismic fields and well data, which makes it possible to make a qualified management decision on the choice of informative material for building a geological model of the region. Based on the obtained model, identify oil and gas prospective objects and specify further details of the spatial structure of objects and the forecast of its reservoir properties.

**KEYWORDS:** dig data, digital analysis technology, line seismic data, geological model of the deposit, software and computing tools, visual analysis windows, multiparameter and multidimensional systems

- принятие решения или предоставление выводов по дальнейшим мероприятиям заинтересованным сторонам.

Для каждого из этих этапов требуются соответствующие программно-вычислительные средства анализа больших объемов информации описания физического объекта или объекта деятельности для изучения разных аспектов системы, отражающих индивидуальные интересы конечного пользователя и принятия аналитического управленческого решения [3].

Если объекты анализа можно объединить в единую группу по назначению и схожести некоторых свойств, то такая группа образует систему, которая, в свою очередь, по другим признакам может являться объектом более сложной системы и т.д. Объекты, которые описываются однотипным набором параметров, принадлежат к одной сложной системе. Примеров сложных систем множество.

Например, объектами аналитического изучения могут являться нефтегазовая провинция, лицензионная площадь, месторождение, пласт, скважина и другие объекты, имеющие определенное предназначение, живущие во времени и в пространстве по определенным законам и описываемые заданным набором параметров [4].

Совокупность нефтяных скважин-объектов, по которым анализируется текущая геологическая и промысловая информация, образует сложную систему, описывающую состояние залежи углеводородов. Совокупность залежей-объектов образует систему месторождений, которые образуют ресурсную базу нефтегазовой провинции, которые, в свою очередь, образуют еще более сложную систему – ресурсную базу нефтяной компании или страны.

Совокупность профильных временных или глубинных сейсмических разрезов-объектов и скважинные геофизические и промысловые объекты, образует сложную систему, описывающую геологическую структуру и содержание месторождения.

Объемы информации, необходимые для анализа и управления сложными системами, зависят от степени детализации объектов, составляющих ее, количества параметров, описывающих объекты, и частоты изменения их во времени [4].

Так, ресурсную базу страны по нефти и газу можно описать в виде сложной системы, где в качестве объектов выступают либо осадочные бассейны, либо месторождения, либо эксплуатационные скважины. В зависимости от степени погружения получим разные объемы информации. Анализировать весь объем без специализированных программно-технических средств необычайно сложная задача. Но если весь массив, описывающий ресурсную базу, представить в виде упорядоченного набора данных, описывающих различные объекты, то анализ резко упрощается. Это происходит вследствие того, что при формировании более крупного объекта информация интегрируется, и ее объем становится вполне обозримым и анализируемым.

Дело в том, что запомнить, свободно оперировать и анализировать такой объем чисел и параметров средний человек не может, но объемы информации для достаточно сложных систем с точки зрения компьютера невелики.

Разнородность параметров и событийно-временных взаимосвязей параметров объектов системы бывают настолько сложны, что уверенно спрогнозировать и предсказать поведение системы на результаты различных воздействий представляется очень непростым делом, и прогноз опирается на открытие внутренних законов и поведенческих закономерностей многообъектных сложных систем.

Анализ большого количества разнородной и междисциплинарной информации возможен только при

использовании новых удобных средств визуализации и наглядного представления данных.

Возможность оперативного доступа и использования исходных данных и результатов отдельных геологических методов опирается на компьютерную технологию, содержащую интегрированную базу данных, полученную в процессе разведки и разработки месторождения углеводородов, а также опирается на большой набор прикладных программ и динамических окон визуализации. Технология использует единый подход для динамического визуального анализа всех типов исходных данных, результатов интерпретации сейсмических, скважинных и промысловых данных, их комбинации и изменений во времени и в пространстве.

И если цифровой механизм доступа к большому количеству информации обладает такой же скоростью и объемом выборки, как и человеческий мозг, то тогда можно считать, что компьютер расширяет, причем неограниченно, человеческую память [3, 5].

Специалисты АО «Центральная геофизическая экспедиция», базируясь на накопленном опыте обработки больших объемов сейсмических 2D/3D и скважинных данных, построения пространственных геологических моделей, например для Самотлорского месторождения и группы Мессояхских и Красноленинских месторождений, а также на новых идеях комплексного использования всей имеющейся геолого-геофизической и промысловой информации, выполнили разработку и внедрили в производство программное обеспечение цифровой технологии Динамического Видения (ДВ) [3].

В основу технологии ДВ положено создание очень большой многомерной цифровой базы геолого-геофизических и промысловых данных нефтегазовой провинции, лицензионного участка недр или месторождения (рис. 1) и оперативного доступа к ней для динамического визуального просмотра в четырех-, трех-, двух- и одномерными окнами.

Скорость движения слайсов может быть очень высокой, во всяком случае много большей, чем мозг человека в состоянии воспринимать через зрение, поэтому доступ к накопленной информации можно считать практически мгновенным.

Таким образом, практически с любой требуемой скоростью данные поступают в человеческий мозг, причем дозирование объемов информации определяется его (мозга) индивидуальными особенностями.

Более того, подача информации с экрана дозируется самим аналитиком, который в любой момент может вернуться к любому из заинтересовавших слайсов, остановиться и подумать еще раз для принятия решения.

Использование программного обеспечения ДВ даст возможность реализовывать и визуализировать все процессы получения результатов и корректиро-

вать эти результаты на основе накопленных знаний на всём пути перевода исходных данных в конечный результат.

Все эти простые средства анализа легко и быстро позволяют аналитику сравнивать объекты между собой, находить аналоги выгодных решений, искать причины и закономерности поведения элементов многомерной многопараметровой системы (ММС) от значений на событийно-временной оси.

Следует отметить, что очень важным моментом является положение о том, что анализ информации и по многообъектным ММС и по мелкомасштабным ММС производится одним и тем же аналитиком, одинаковыми по подходу и технологии цифровыми средствами. Поэтому быстрый доступ к очень большому объему геологических данных, его визуальному и инструментальному анализу для принятия оптимального решения по поиску и разведке нефтеперспективного объекта, выбора экономически обоснованной и эффективной цифровой технологии изучения его пространственного положения, распределения физических и коллекторских свойств осуществляется компьютерной технологией методом динамического видения [1, 9, 10,] (рис. 1).

Преимущество перед конкурентами в предоставлении геофизических услуг во многом зависит от времени принятия управленческого решения, выбора оптимального графа превращения геофизических данных в геологические модели посредством компьютерных технологий с использованием возможностей искусственного интеллекта. Принятие оптимального решения зависит от структуры и содержания системы (объектов), связей построения информационного обеспечения в геологии, программно-вычислительного обеспечения предприятия и содержания самого сервиса [10].

Рассмотрим изучение сложной системы на примере анализа перспектив ресурсной базы основных нефтегазоносных комплексов палеозой-кайнозойских отложений Терско-Каспийской, Центральной и Восточно-Предкавказской нефтегазоносных областей на основе визуального и инструментального просмотра больших объемов новых и ретроспективных профильных сейсмических разрезов, каротажных скважинных диаграмм геофизических методов, стратиграфических маркеров, по которым будет построена региональная пространственная геологическая модель.

При визуальной экспертизе проводится оценка информативности сейсмических временных полей по выделению опорных и целевых отражающих горизонтов, возможность выделения сильно наклоненных границ складок, тектонических нарушений и т.д.

По результатам геологического моделирования выделяются нефтегазоперспективные зоны и вырабатываются решения, позволяющие решать текущие

задачи нефтяников, и прежде всего такие, как проведение детальных сейсмических работ 3D, выбор обоснованных решений по месту заложения и технологии бурения каждой скважины, проведению конкретного геолого-технологического мероприятия.

Развитие и практическое использование рассматриваемой информационно-аналитической системы построения геологических моделей залежей углеводородов стимулируется увеличением объема сейсмической и скважинной информации, усложнением геологического строения изучаемых залежей, необходимостью системного моделирования месторождения как единого объекта с учетом неоднородного строения коллекторов, пластов, залежей и временных процессов, происходящих при их эксплуатации. Для подсчета начальных геологических запасов, обоснования коэффициента извлечения нефти, проектирования разработки необходимо создание цифровой трехмерной геолого-технологической модели залежи углеводородов.

Необходимыми элементами компьютерной технологии является визуализация и протоколирование исходных данных с целью контроля их качества и отбраковки их из процесса моделирования, анализа результатов вычислений на произвольном этапе моделирования, подготовки конечной документации: табличной и графической информации в соответствии с утвержденными регламентирующими документами.

Основной геологической задачей региональных исследований в Терско-Каспийской, Центральной и Восточно-Предкавказской нефтегазоносных областях является выявление и уточнение геологического строения перспективных зон нефтегазоаккумуляции на основе создания региональной сейсмогеологической модели по сети взаимноувязанных сейсмических профилей и результатов бурения.

Для создания региональной сейсмогеологической модели используются сейсмические МОГТ-2D в объеме 17000 пог. Км, данные по 330 профилям и каротажные диаграммы различных геофизических методов по 272 скважинам, в т.ч. плотностной гамма-каротаж (ГГКп) по 2 скважинам и акустический каротаж (АК) по 25 скважинам. Территория анализа сейсмических и скважинных данных для построения региональной геологической модели административно расположена в Ставропольском крае, в республиках: Северная Осетия, Ингушетия, Дагестан, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкессия и Чеченская республика Северо-Кавказского федерального округа (рис. 2).

Для поиска новых нефтегазоперспективных объектов, определения их геометрии и состава по комплексу геолого-геофизических данных геологу необходимо проанализировать качество большого объема временных разрезов, полученных в разные полевые сезоны, с использованием различных источников возбуж-

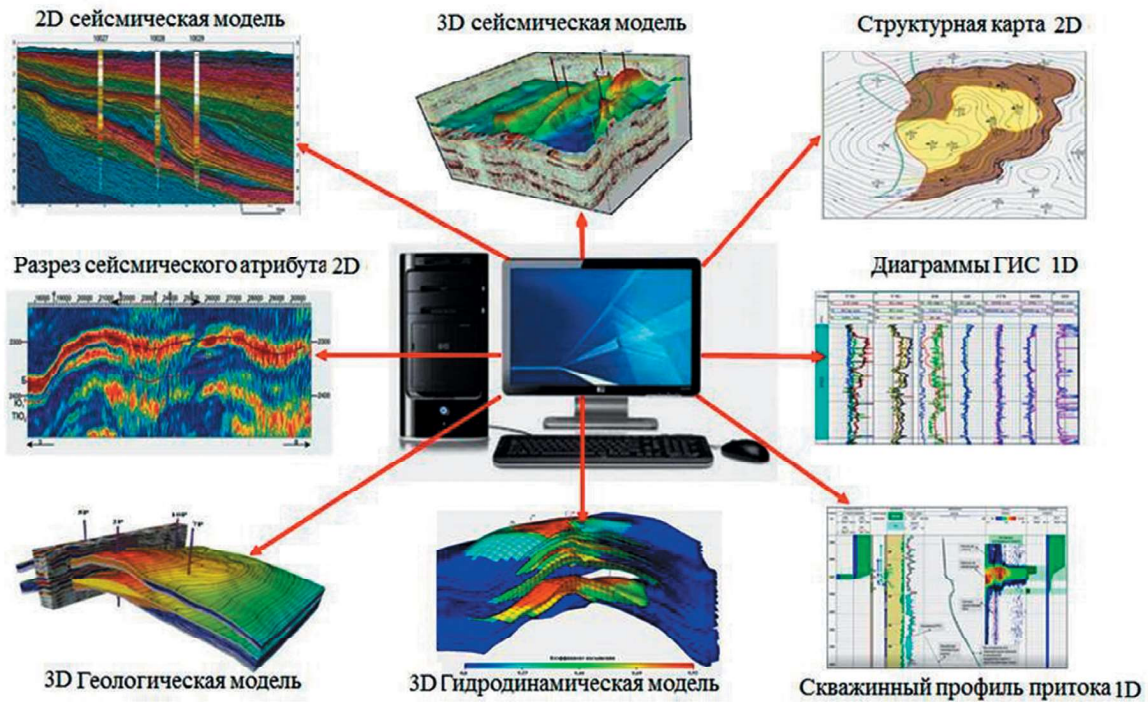
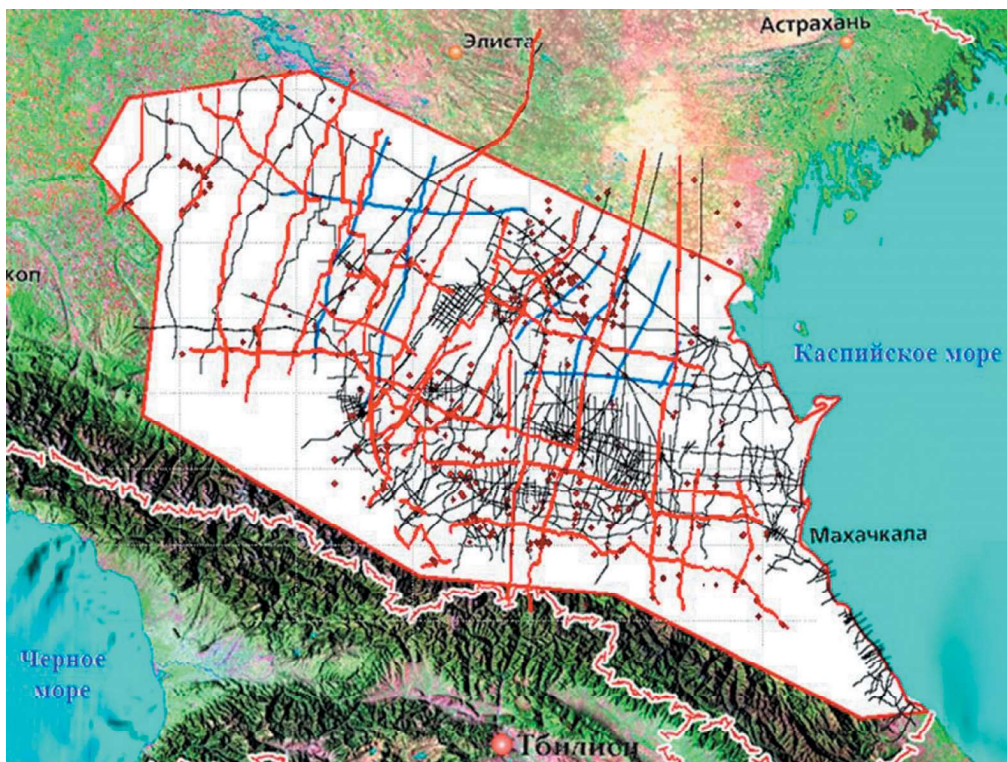


РИС. 1.

Аналитический визуальный анализ информации сложной системы в одномерных, двухмерных и трехмерных окнах, описывающий строение, состав свойств и текущее состояние месторождения углеводородов



— Региональные сейсмические профили      — Цветные сейсмические профили разных сезонов      ● Поискные, разведочные и эксплуатационные скважины

РИС. 2

Схема расположения 331 сейсмических профилей разных лет и глубоких скважин

дения упругих волн и разных технико-методических приемов регистрации отраженных волн. Обработка полевых сейсмограмм проводилась различными коллективами геофизиков на соответствующих программно-вычислительных средствах.

Для решения непростой задачи по выбору сейсмической информации из большого объема разновремененно полученных данных применяются программно-вычислительные средства цифровой технологии быстрого доступа к базе данных и инструменты просмотра, позволяющие оперативно визуально анализировать характерные особенности временных полей по профилям, сортировать их по годам получения, сопоставлять их с качественным материалом, определять амплитудные и фазово-частотные характеристики поля, подбирать параметры дополнительной обработки для повышения качества.

Визуальный анализ временных разрезов по сети профилей изучаемой территории в компьютерной технологии позволил оперативно оценить качество и информативность разрезов и по ним выделить зоны (рис. 3) с разным качеством сейсмического поля, пригодного для решения поставленной геологической задачи (рис. 4). Результаты анализа позволили принять решение о дальнейшем использовании указанных сейсмических данных в геологической интерпретации, и, во-первых, отбраковать некачественные данные и удалить их из геологической базы данных. Во-вторых, для данных (рис. 3А) подобрать новый граф цифровой обработки с дополнительными вычислительными процедурами, позволяющими повысить качество волнового поля для четкого прослеживания целевых отраженных волн.

Т.е., например, рассчитать априорные статические поправки по первым вступлениям волн, учитывая скоростные неоднородности верхней части разреза, рассчитать обязательно глубинно-скоростную модель (рис. 6) для сети региональных профилей и выполнять глубинную миграцию по сейсмограммам. Для горной местности указанная процедура позволит уточнить положение отражающих границ в глубинном пространстве.

Для большого массива региональных сейсмических временных разрезов применялись пространственные процедуры согласования амплитудных и частотно-фазовых характеристик сейсмического сигнала, которые позволили выровнять амплитудные характеристики по целевым отражающим границам и уменьшить разницу взаимных времен на пересечениях профилей, особенно на полевых съёмках разных лет. Это также позволит прогнозировать коллекторские свойства по сейсмическим атрибутам и скважинным параметрам.

По результатам скорректированных сейсмических временных разрезов за счет дополнительных процедур дообработки, согласования взаимных времен,

амплитудно-частотных характеристик строится единая региональная сейсмогеологическая модель региона во временной области (рис. 5). Для перевода модели из временной области в глубинную область (рис. 7) используется вновь созданная глубинная скоростная модель всего региона (рис. 6).

Рассматриваемая цифровая информационная технология позволяет оперативно анализировать большие объемы сейсмических, скважинных геофизических и промысловых данных, проводить экспертизу их качества, строить сейсмогеологические и геологические модели залежи или месторождения. Анализ данных и подготовка геологической модели региона позволяет обучить нейронные сети по большому набору сейсмических данных, полученных в различных глубинных сейсмогеологических условиях для использования в дальнейшем механизмов искусственного интеллекта при детальном изучении нефтеперспективных объектов.

Во-вторых, из единой региональной сейсмогеологической модели выделяется вся согласованная исходная и результирующая геологическая база на заданную территорию, на конкретный лицензионный участок или место работы республиканской нефтяной компании и т.д. Эта база может дополняться новыми сейсмическими 3D-данными, результатами бурения разведочных и эксплуатационных скважин, промысловыми и геофизическими результатами.

Задача исследования сложнопостроенных систем с целью оценки происходящих в них процессов, прогноза их развития, выбора алгоритмов эффективного управления ими и т.д. является в настоящее время одной из важнейших.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Кириллов С.А. Построение пространственной геологической модели нефтяной залежи в программном комплексе DV-ScisGeo на основе комплексной интерпретации данных сейсморазведки, каротажа и петрофизики / Тезисы докладов четвертых геофизических чтений им. В.В. Федьинского, 28.02-02.03 2002, М.: Центр ГЕОН, 2002. С. 18.
2. Кашик А.С., Гогоненков Г.Н., Кириллов С.А., Федоров А.А. DV-ScisGeo – компьютерная технология для создания и поддержки трехмерной геолого-технологической модели залежей нефти и газа / Сб. тр. Четвертых геофизических чтений им. В.В. Федьинского, 28.02-02.03 2002. М.: Научный Мир, 2003. С. 341–344.
3. Кашик А.С., Гогоненков Г.Н., Билибин С.И., Кириллов С.А. Новые технологии при построении цифровых геологических моделей месторождений углеводородов. М.: НТЖ «Технологии ТЭК», 2003, июнь, №3. С. 12–17.
4. Кашик А.С., Ерохин В.В. Многомерная анали-

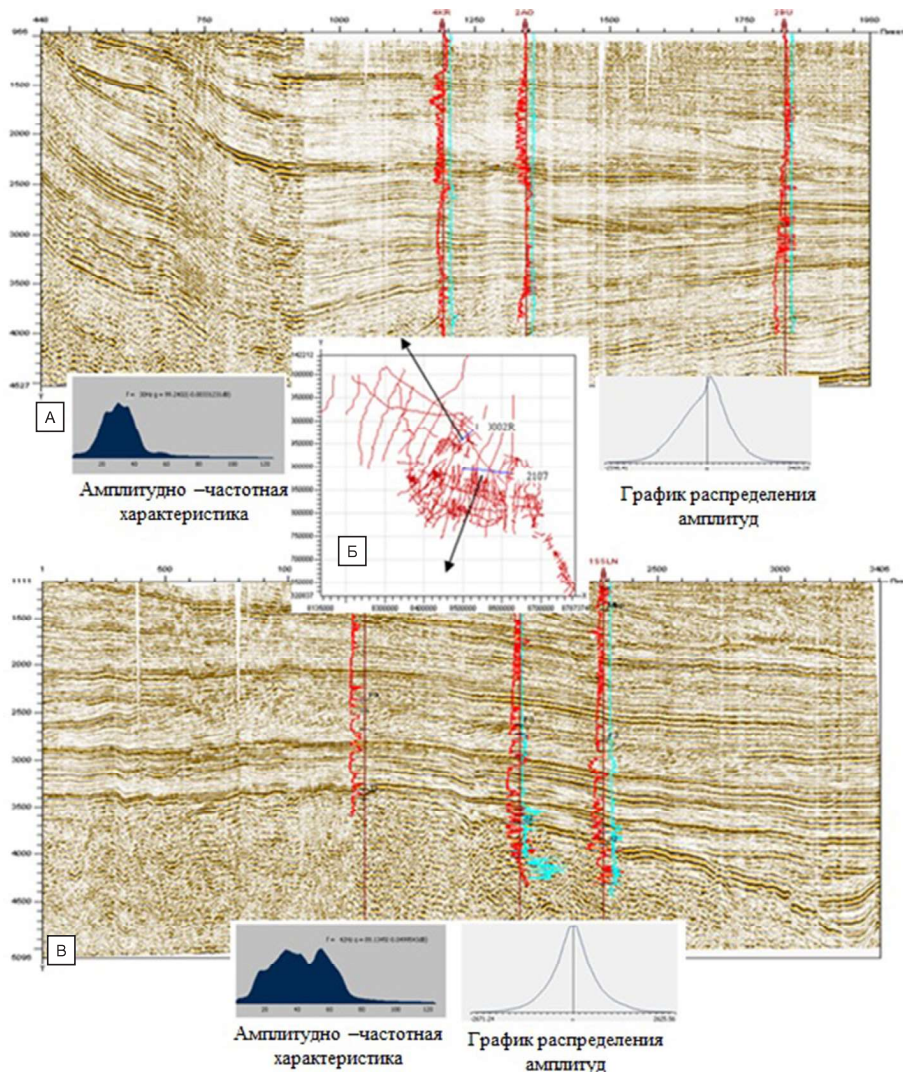
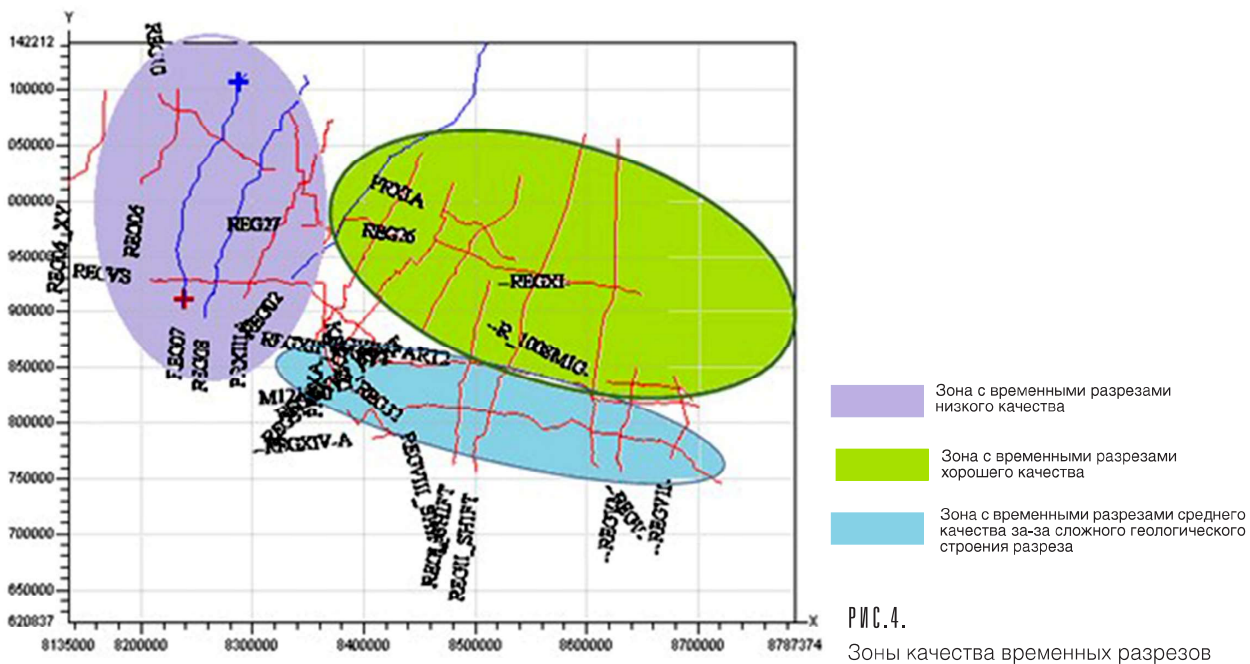


РИС. 3.

Анализ качества временных разрезов по профилям региона. А – временной разрез по профилю 0002R; Б – схема профилей; В – временной разрез по профилю 2107.



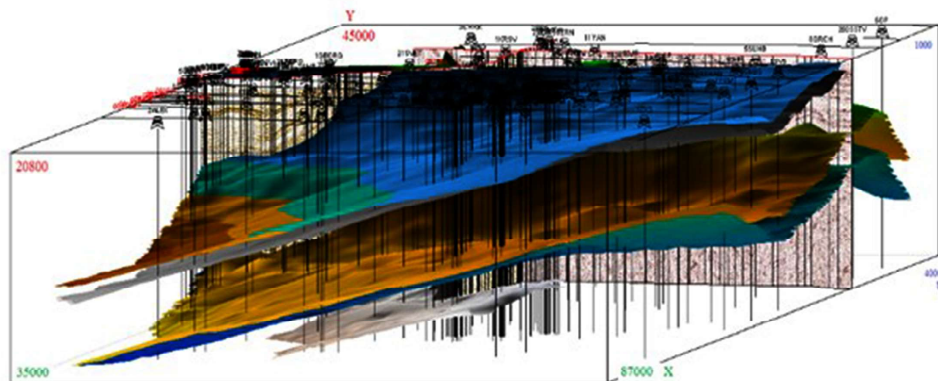


Рис. 5.  
 Пространственная сейсмо-геологическая модель региона

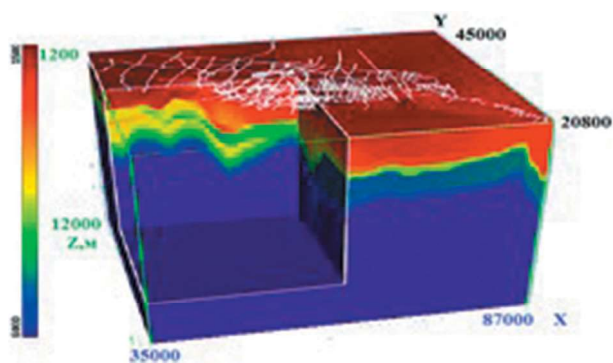


Рис. 6.  
 Куб интервальных скоростей в масштабе глубин

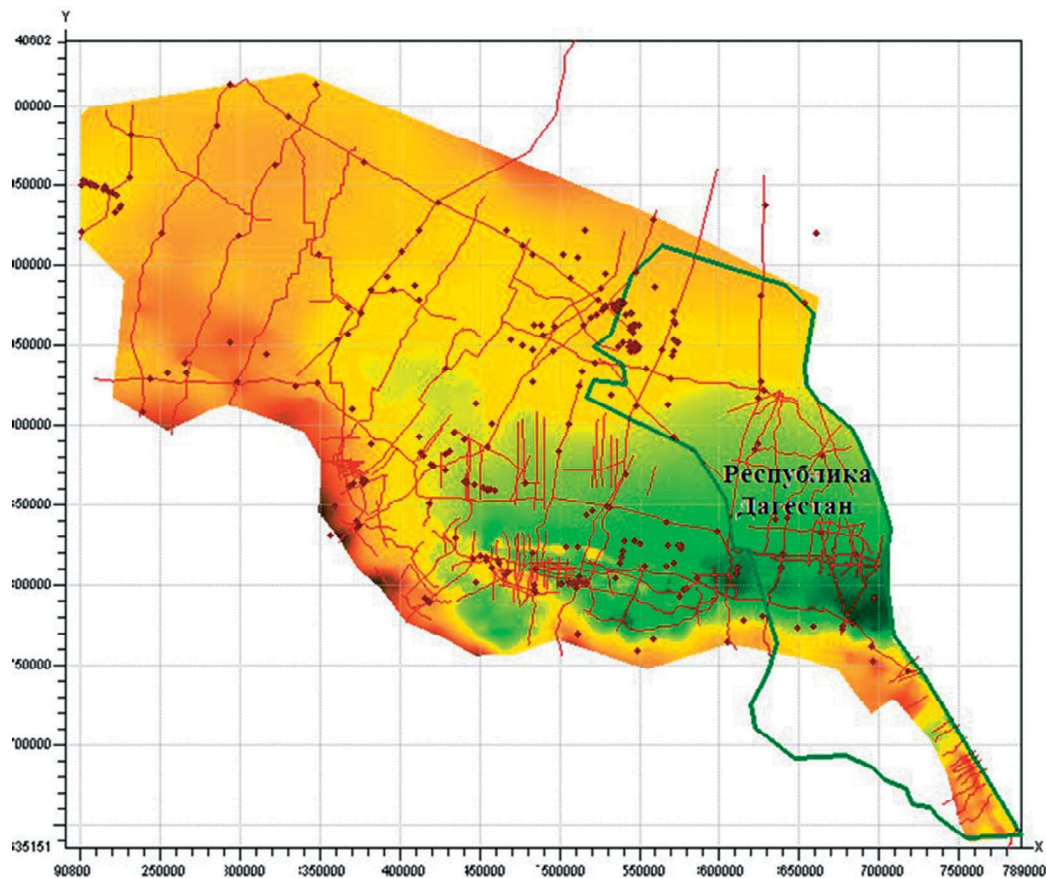


Рис. 7.  
 Схема сейсмических профилей и глубокие скважины на структурной карте по кровле верхнего мела K2

- тика развития многообъектных систем методами динамической визуализации. М.: Изд. дом «Юр-ВАК», 2021. 162 с.
5. **КАШИК А.С., КИРИЛЛОВ С.А., ГОРБУНОВ В.И.** Концепция комплексных экспериментальных моделей нефтепромысловых объектов // Специализированный журнал «Бурение и нефть». М. 2006. октябрь, №10. С. 5–7.
  6. **КАШИК А.С., КИРИЛЛОВ С.А., ГОРБУНОВ В.И., ЦОЙ В.Е.** Вклад ЦГЭ в развитие информационных технологий в нефтяной и газовой промышленности. М.: НТЖ «Геофизика». 2007. №4. С. 35–39.
  7. **КАШИК А.С., КИРИЛЛОВ С.А., ФЕДОРОВ А.А. И ДР.** Динамический визуальный анализ геолого-геофизической и промысловой информации в четырехмерном многопараметровом пространстве. Тезисы докл. науч.-практич. конф. «Инновационные технологии в области поисков, разведки и детального изучения месторождений нефти и газа». М., 20–22 мая, 2002. С. 314–322.
  8. **КИРИЛЛОВ С.А.** Единая информационно-аналитическая среда моделирования залежи углеводородов. М.: НТЖ «Геофизика». 2011. №2. С. 50–51.
  9. **КИРИЛЛОВ С.А.** Анализ многопараметровой модели залежи углеводородов. М.: НТЖ «Геофизика». 2011. №3. С. 45–46.
  10. **КИРИЛЛОВ С.А., ГОРБУНОВ В.И.** Роль геофизических исследований в нефтегазовом сервисе при разведке и сопровождении разработки месторождений углеводородов. Саратов. 2008. С. 5–8.
- VAK", 2021:162 (In Russian).
5. **KASHIK A.S., KIRILLOV S.A., GORBUNOV V.I.** The concept of complex experimental models of oilfield facilities. *Spetsializirovannyi zhurnal «Bureniye i nefi'»*. Moscow, October, 2006; 10:5–7. (In Russian).
  6. **KASHIK A.S., KIRILLOV S.A., GORBUNOV V.I., TSOI V.E.** Contribution of the CGE to the development of information technologies in the oil and gas industry. Moscow: NTZH «Tekhnologii TEK». 2007; 4:35–39. (In Russian).
  7. **KASHIK A.S., KIRILLOV S.A., FEDOROV A.L. & OTHERS.** Dynamic visual analysis of geological, geophysical and field information in a four-dimensional multiparameter space. Abstracts of the scientific and practical conference "Innovative technologies in the field of prospecting, exploration and detailed study of oil and gas fields". Moscow. 2002; May 20-22:314–322. (In Russian).
  8. **KIRILLOV S.A.** Unified information and analytical environment for modeling hydrocarbon deposits. Moscow: NTZH «Tekhnologii TEK». 2011;2:50–51. (In Russian).
  9. **KIRILLOV S.A.** Analysis of a multiparameter model of a hydrocarbon deposit. Moscow: NTZH «Tekhnologii TEK». 2011;3:45–46. (In Russian).
  10. **KIRILLOV S.A., GORBUNOV V.I.** The role of geophysical research in the oil and gas service in the exploration and support of the development of hydrocarbon deposits. Saratov. 2008:5–8. (In Russian).

REFERENCES

1. **GOGONENKOV G.N., KASHIK A.S., KIRILLOV S.A.** Construction of a spatial geological model of an oil deposit in the DV-SeisGeo software package based on a comprehensive interpretation of seismic exploration, logging and petrophysics data. Abstracts of the fourth geophysical readings named after V.V. Fedynsky, 02.28.03 2002, Moscow: GEON Center. 2002;18. (In Russian).
2. **KASHIK A.S., GOGONENKOV G.N., KIRILLOV S.A., FEDOROV A.L.** DV-SeisGeo is a computer technology for creating and maintaining a three-dimensional geological and technological model of oil and gas deposits/Proceedings of the Fourth Geophysical Readings named after V.V. Fedynsky, 28.02-02.03 2002, Moscow: Nauchnyy Mir, 2003:341–344. (In Russian).
3. **KASHIK A.S., GOGONENKOV G.N., VILIBIN S.I., KIRILLOV S.A.** New technologies in the construction of digital geological models of hydrocarbon deposits. Moscow: NTZH «Tekhnologii TEK», June, 2003;3:12–17. (In Russian).
4. **KASHIK A.S., EROKHIN V.V.** Multidimensional analytics of the development of multi-object systems by dynamic visualization methods. Moscow: Izd. dom "Yur-

**Кириллов Сергей Александрович**,  
 д.т.н., к.ф.-м.н., доцент, советник АО «Центральная геофизическая экспедиция»

✉ e-mail: sakirillov@cge.ru

**Алисолтанов Алибек Магомедмуратович**,  
 управляющий директор Акционерного общества «Центральная геофизическая экспедиция»

✉ 123298, г. Москва, ул. Народного Ополчения, 38/3  
 123298 Moscow, Narodnaya Opolcheniya str., 38/3  
 e-mail: AlisoltanovAM@rusgeology.ru