

ИЗУЧЕНИЕ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ЗОНАХ ГИПЕРГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ДРЕВНИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

Кулишкин Н.М.¹, Кулишкина О.Н.², Афонасин В.В.²

¹ООО «ИНТВОЛ+»

²АО ИГИРГИ РН

Аннотация.

В приведенной работе освещены наиболее важные аспекты формирования гипергенных коллекторов в древних толщах, образования в них ловушек и углеводородных залежей, их поисковые геолого – геофизические признаки, приведен пример выделения прогнозных объектов.

Введение.

К настоящему времени большинство нефтегазовых бассейнов в осадочном чехле находятся в зрелой стадии разработки и поэтому все более актуально становится вопрос изучения строения трещинно - кавернозных коллекторов в зонах гипергенеза (кор выветривания) древних толщ в первую очередь в пределах действующих нефтепромыслов, что обеспечит максимальную эффективность при минимальных финансовых издержках.

Методы исследований.

Для организации поисков коллекторов этого типа необходим тщательный анализ геологических признаков и подбор эффективного комплекса геолого–геофизических работ, способных выявить, проинтерпретировать и оценить наличие гипергенных коллекторов на исследуемой территории. На основании многолетних исследований авторов в области изучения отложении рифейских, нижне- и верхнепалеозойских и триасовых комплексов выявлены основные характеристики среды, используемые при составлении прогнозной сейсмогеологической модели формирования нефтегазовых залежей в породах ДЮК.

Геологические:

1. Формирование коллекторов, ловушек и образование нефтяных залежей процесс длительный и рассредоточен во времени от десятков до сотен млн. лет;

2. Вероятность наличия естественных коллекторов в породах доюрского комплекса мала, образование вторичных коллекторов в доюрском комплексе происходит во время стратиграфических перерывов главным образом в зоне гипергенеза.

3. Образованию ловушек способствовали: расчлененность палеоэрозионного рельефа, наличие трещинно-кавернозных коллекторов и наличие надежной покрышки.

4. Нефтегазогенерация и движение в ловушки углеводородов вероятно начато 60 млн. лет назад, когда породы доюрского комплекса попали в благоприятную зону.

5. На территории Байкитской НГО формирование гипергенных коллекторов произошло в предвенский эрозионный цикл, в ЗСНГП – в предтриасовый и предюрский эрозионные циклы. По исходному составу пород выделены карбонатные, эффузивные, интрузивные и метаморфические типы коллекторов;

Началом гипергенного воздействия на породы следует считать время, когда суша и атмосфера вступили во взаимодействие. Собственно, с этого момента в истории Земли гипергенные процессы стали основной причиной преобразования рельефа земной поверхности за счет разрушения горных пород, и последующего переноса терригенного материала в осадочные бассейны. Вероятно, точкой отсчета этого взаимодействия следует считать формирование первых терригенных пород, конгломератов холмов Хилтс в Западной Австралии 3,3млрд лет, то есть были запущены гипергенные процессы разрушения и переотложения пород под воздействием атмосферных факторов. По трещинам в древних породах началась фильтрация атмосферных вод с растворением и образованием в породах пустотно – трещинного пространства, т. е. гипергенных трещинно–кавернозных коллекторов. С тех пор процесс образования гипергенных коллекторов носит непрерывный во времени, планетарный характер и массовое распространение во всем существующем многообразии горных пород. Однако из–за большого количества факторов, влияющих на их формирование и сохранность, до этапа нефтегазообразования, особенно в древних толщах дошло лишь часть сформированных коллекторов.

На формирование коллекторов и последующее их сохранение оказывают следующие факторы: история геологического развития, тектонические условия, состав пород, наличие трещиноватости, эрозионные процессы, климат, рельеф.

Принципы формирования гипергенных коллекторов в породах доюрского комплекса коренным образом отличается от генезиса коллекторов в отложениях осадочного чехла. Как правило, эти породы прошли глубокий метаморфизм и характеризуются отсутствием первичных коллекторов. [Дмитриевский и др., 2012]. Основными условиями образования гипергенных коллекторов в породах древних комплексов является наличие дренажа в зоне между поверхностью рельефа и уровнем базиса эрозии и гидрохимическое воздействие поверхностных (инфильтрационных) вод на породы. В верхней части зоны поверхностные воды обогащенные кислородом и гумусовыми веществами дренируя на глубину по трещинам, вступают в окислительное взаимодействие с породами независимо от их состава, избирательно растворяют их, вымывая при этом легко растворимые вещества, с образованием трещинно-кавернозных коллекторов и карста. Этот интервал называется зоной окисления, обычно отличается высокой емкостью коллекторов, черными, бурыми, зелеными и другими оттенками из – за наличия гидроокислов металлов (Рис.1).

В этой зоне вода теряет кислород, обогащаясь слабыми растворами, сульфатов и углекислоты. При дальнейшем просачивании этих растворов происходит уже избирательное кислотное выщелачивание пород с образованием зоны порово–кавернозных коллекторов, иногда карста, называемой зоной выщелачивания. Ниже на уровне базиса эрозии проходит граница между кислой средой подвижных дренажных растворов зоны гипергенеза и щелочной средой зоны застойных вод, что, является мощным геохимическим барьером. В его границах происходят восстановительные реакции, что приводит к выпадению из водных растворов взвесей и химических соединений и образование зоны восстановления, (цементации). Избыточные водные растворы выносятся в реки, озера и моря. Таким образом толщина зоны формирования гипергенных коллекторов ограничена поверхностью рельефа и базисом эрозии в данной местности, качество: составом пород, степенью трещиноватости, наличием дренажа и климатическими условиями. Дальнейшая сохранность коллекторов зависит от времени и способа консервации. Если их формирование сменится консервацией в результате быстрого трансгрессивного перекрытия, без длительной денудации, то они окажутся в зоне неактивных застойных вод и их сохранность может длиться сотни миллионов лет [Харахинов и др., 2015]. В случае наступления за периодом формирования неблагоприятных для сохранения коллекторов условий: тектонический подъем территории и изменение климата, вызывающих повышенную денудацию, часть коллекторов уничтожается с образованием эрозионно–блокового типа распространения коллекторов (Нюрольская впадина) (Рис. 2).

Покрышками для рифейских коллекторов являются: карбонатно- глинистые отложения венда в вендскую трансгрессию; для палеозойских и триасовых –глины, нижнеюрской трансгрессии, в Нюрольской впадине местами в качестве покрышки служат нижнекаменноугольные элливиальные литифицированные каменные бокситы.

Процесс образования ловушек длительный, и во многом зависит от особенностей осадконакопления, палеорельефа и давления вышележащих отложений. Точкой отсчета следует считать начало осаднение флюидоупоров на поверхность гипергенных коллекторов. По мере продолжения осадконакопления, в первоначально расчлененном палеорельефе на фоне общего погружения территории, создается разность толщин осадков и давлений над выступами и депрессиями, что вызывает опережающее проседание в депрессионных впадинах, и как бы относительный «рост» амплитуд антиклинальных поднятий при этом глинистые горизонты в сводах поднятий формируют купола замкнутых ловушек. По структурному положению и типу коллекторов ловушки подразделяются: на антиклинальные карбонатные в кровле эрозионных сводов (Куюмбинский тип), на антиклинальные в кровле эрозионно-тектонно-блоковых выступов (Нюрольский тип); на антиклинальные в кровле эродированных эффузивных триасовых вулканических построек с кислым вулканизмом (Рогожниковский тип); контактовые в кровле и на склонах эрозионных массивов образованных гранитными телами и контактово-метасоматически измененными осадочными породами (Шаимский тип).

Основными критериями формирования нефтегазовой залежи в недрах являются присутствие коллектора, ловушки, УВ-флюиды и наличие путей миграции их к ловушке. Процесс формирования залежей УВ длительный и многостадийный.

Когда мы называем нефть рифейской, палеозойской, юрской и т.д., это означает только то, что она локализуется в отложениях этого возраста, но не время и условия ее образования. В эти периоды породы находились в близ- или поверхностных условиях, в зонах седиментации, либо гипергенеза, поэтому на это время приходится лишь формирование и возможно консервация коллекторов. Образование нефти в определенном горизонте происходило гораздо позже, тогда, когда горизонт попадал в обстановку, соответствующую газонефтегенерации (Рис. 3. Для Западной Сибири такие условия существовали в начале палеогена [Лобова, 2015], то есть ловушки в консервации находились с верхнего палеозоя до палеогена).

На основе выявленных геологических характеристик разработан комплекс геофизических исследований необходимый для создания сейсмогеологических моделей прогнозных объектов в древних зонах гипергенеза.

Геофизические:

1. Фактор наличия стратиграфических несогласий и разуплотнения пород в зонах палеогипергенеза, насыщенность их флюидами позволяет эффективно использовать в комплексе ГИС и сейсморазведку;

2. На основе данных ГИС и керна определяются границы распространения гипергенных коллекторов, изучается их внутреннее строение, ФЕС, насыщение, определяются промысловые параметры и производятся инверсионные преобразования ВП;

3. Основными задачами сейсмических исследований является: выделение и прослеживание сеймостратиграфических несогласий, и связанных с ними площадей развития гипергенных коллекторов, картирование аномальных горизонтов разуплотненных пород и зон открытой трещиноватости, прогнозирование эффективной емкости резервуаров и качества коллектора;

4. Для их решения применяются методы: обычной и нетрадиционной (структурно-динамического текстурирования, СДТ) корреляции ВП, анализа поля энергии рассеянных волн (ПЭРВ), атрибутов амплитуд незеркальной компоненты, изучение тектоники с помощью SS-технологии обработки отраженных волн. По результатам работ составляется сейсмогеологическая модель прогнозного объекта.

В качестве примера приведен итоговый вариант интерпретации прогнозного палеозойского объекта в Западной Сибири. На месторождении баженовские отложения непродуктивны, Продуктивными являются пласты Ю₂ - Ю₄ залегающие на триасовой вулканической постройке, по геологическим признакам источником нефти могут быть только верхнедевонские карбонатные отложения. По временным разрезам (Рис 4) выделены и проинтерпретированы по ряду сейсмических атрибутов аномальные площади, составлены прогнозные карты. Составлена сейсмогеологическая модель по максимальной подтверждаемости выделены прогнозные объекты (Рис5).

Выводы

Проведенные работы позволяют выявить условия образования ловушек и нефтяных залежей в породах доюрского комплекса, типы вмещающих пород и последующие их преобразования, определить поисковые признаки наличия УВ-залежей, выработать методику их исследования сейсмогеологическими методами. Выполнить комплексное многофакторное логико-вероятностное моделирование прогнозных объектов.

Результаты проведенных работ позволят эффективно осуществлять поиски объектов УВ в породах доюрского комплекса.

Список литературы:

1. Дмитриевский А.Н., Шустер В.Л., Пунанова С.А. Доюрский комплекс Западной Сибири – новый этаж нефтегазоносности. Проблемы поиска, разведки и освоения месторождений углеводородов. Saarbrücken, Deutschland: Lambert Academic Publishing. - 2012. - 135 с.
2. Лобова Г.А. Нефтегазоносность нижнеюрских и доюрских отложений центральной части и юго-востока Западной Сибири по данным геотермии. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, 2015.
3. Харахинов В.В., Шлёнкин С.И. Трещинные резервуары нефти и газа. М.: Научный мир. 2015. 283 с.
4. Шленкин С.И., Масюков А.В., Масюков В.В. и др. Вычисление кубов когерентности и сингулярностей // Технологии сейсморазведки. №2. - 2012. - С.5-11.

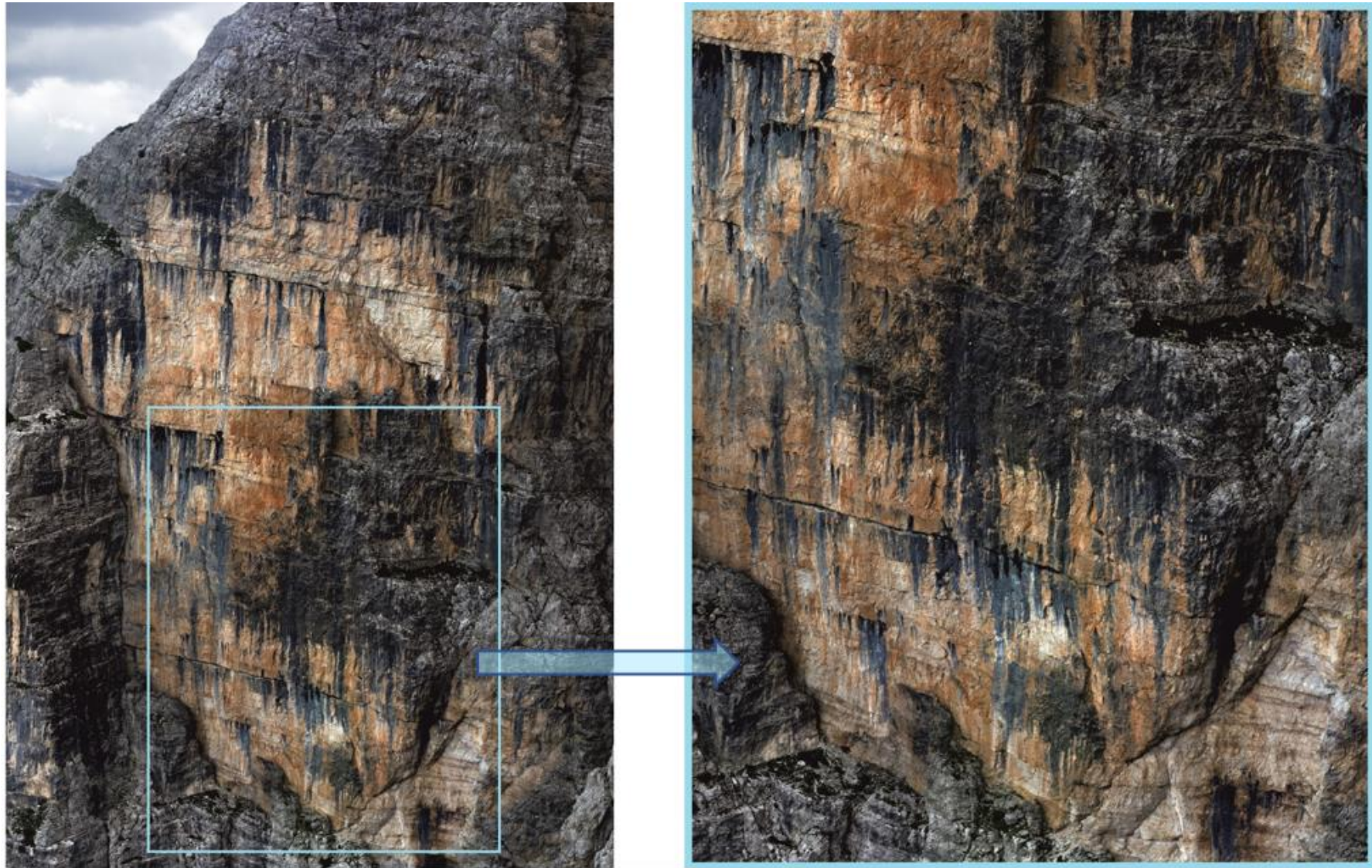


Рисунок 1 - Гипергенные изменения доломитов в Альпах, современная эрозионная поверхность (автор фотографий С.И. Шленкин).

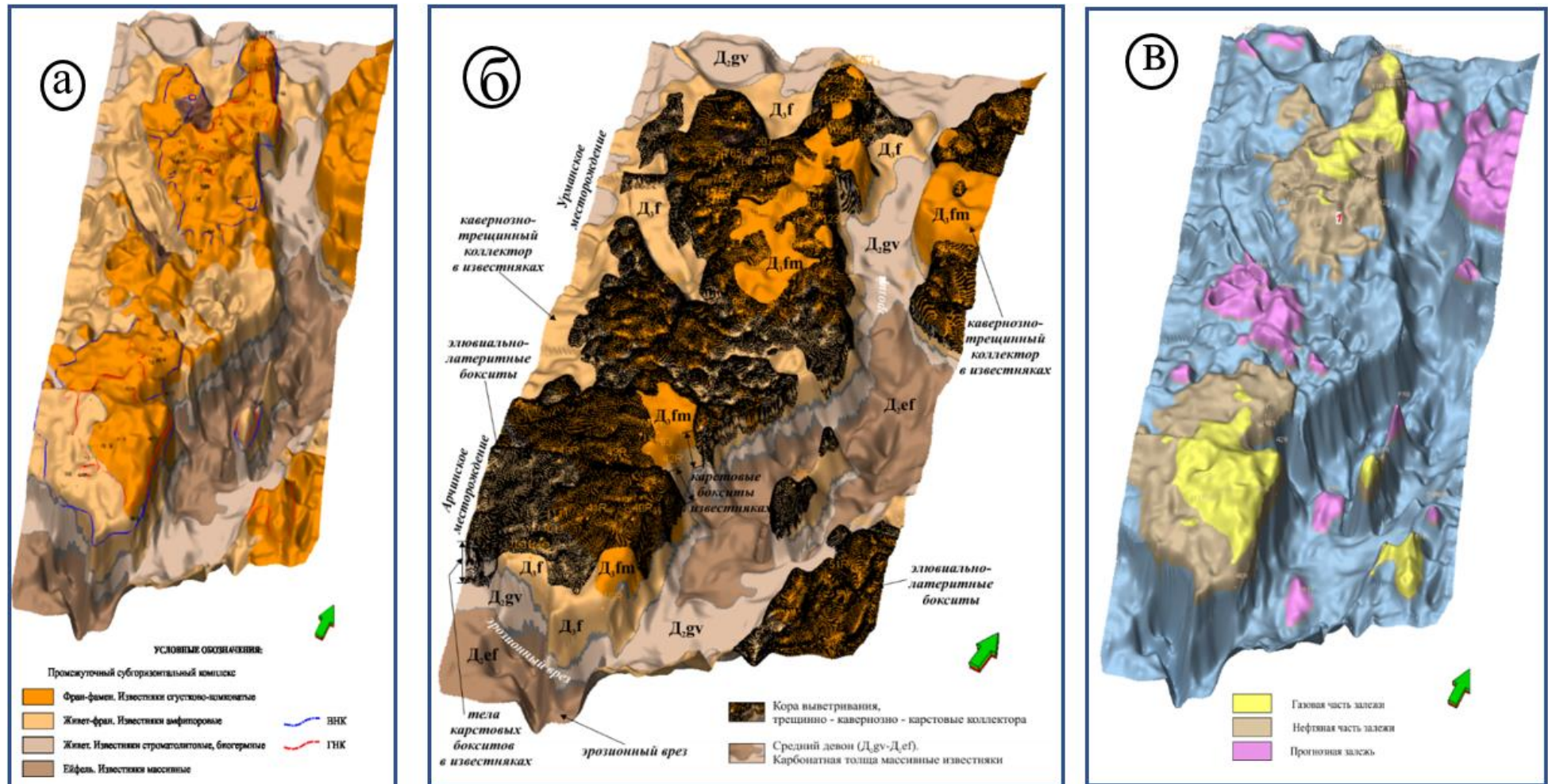


Рисунок 2 - Нюрольская впадина. Аксонометрическое изображение геологической поверхности девона (а), зоны развития трещинно-кавернозно-карстовых (гипергенных) коллекторов (б) и газонефтяных залежей (в).

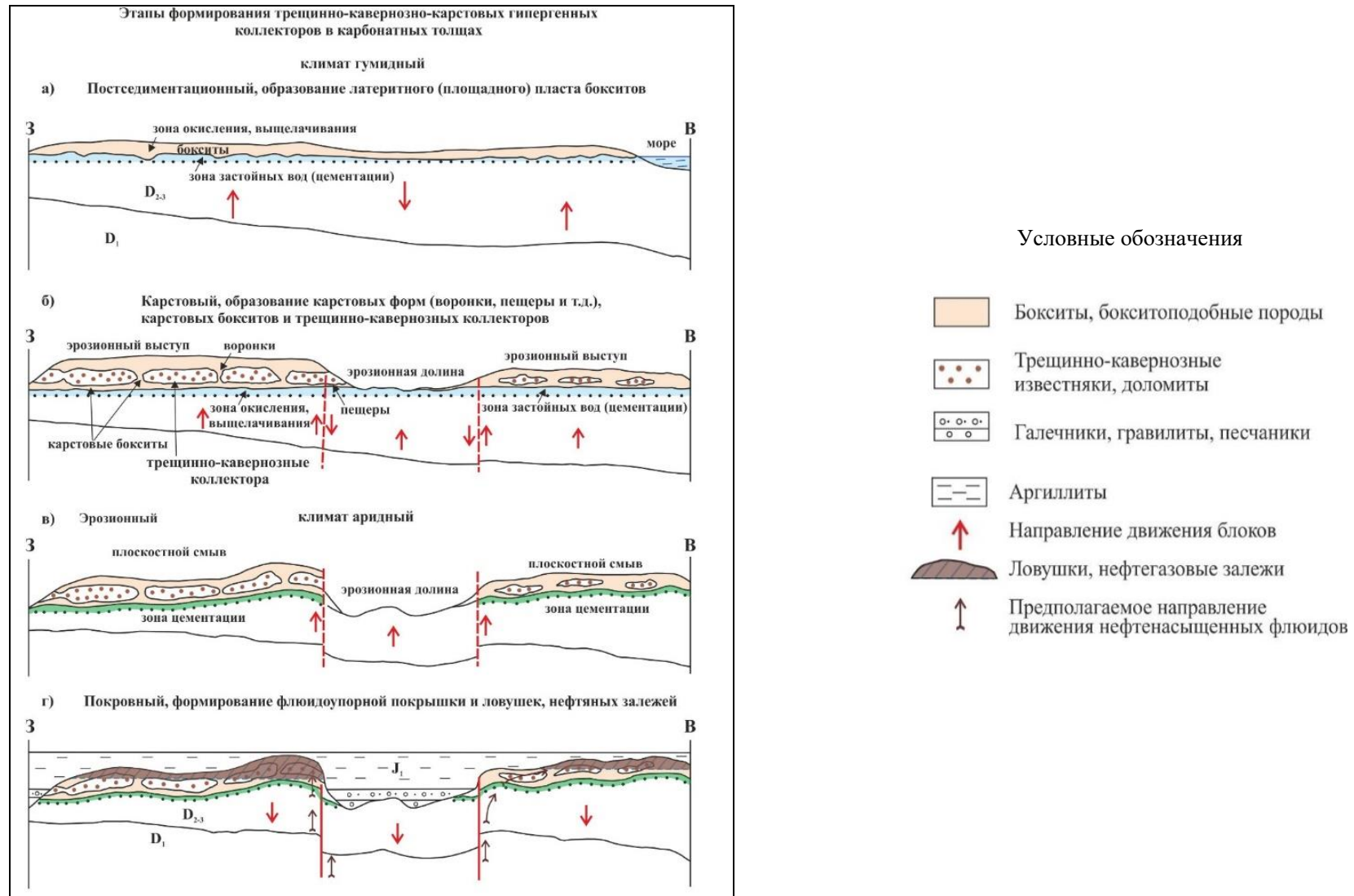


Рисунок 3 - Схема формирования трещинно-кавернозно-карстовых (гипергенных) коллекторов в древних карбонатных толщах.

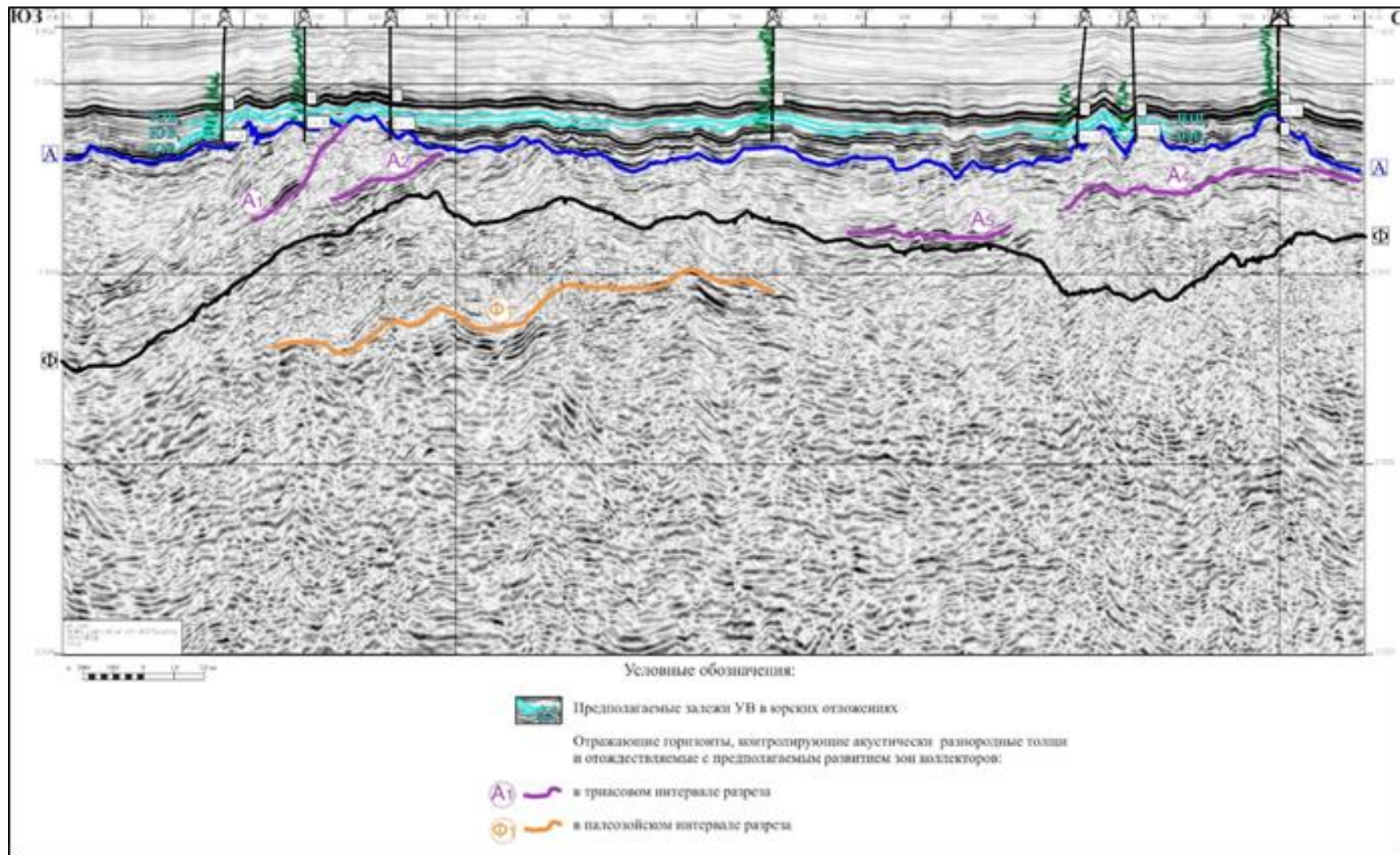


Рисунок 4 - Вертикальный срез поля амплитуд с элементами интерпретации в юрском, триасовом и палеозойском интервалах разреза.

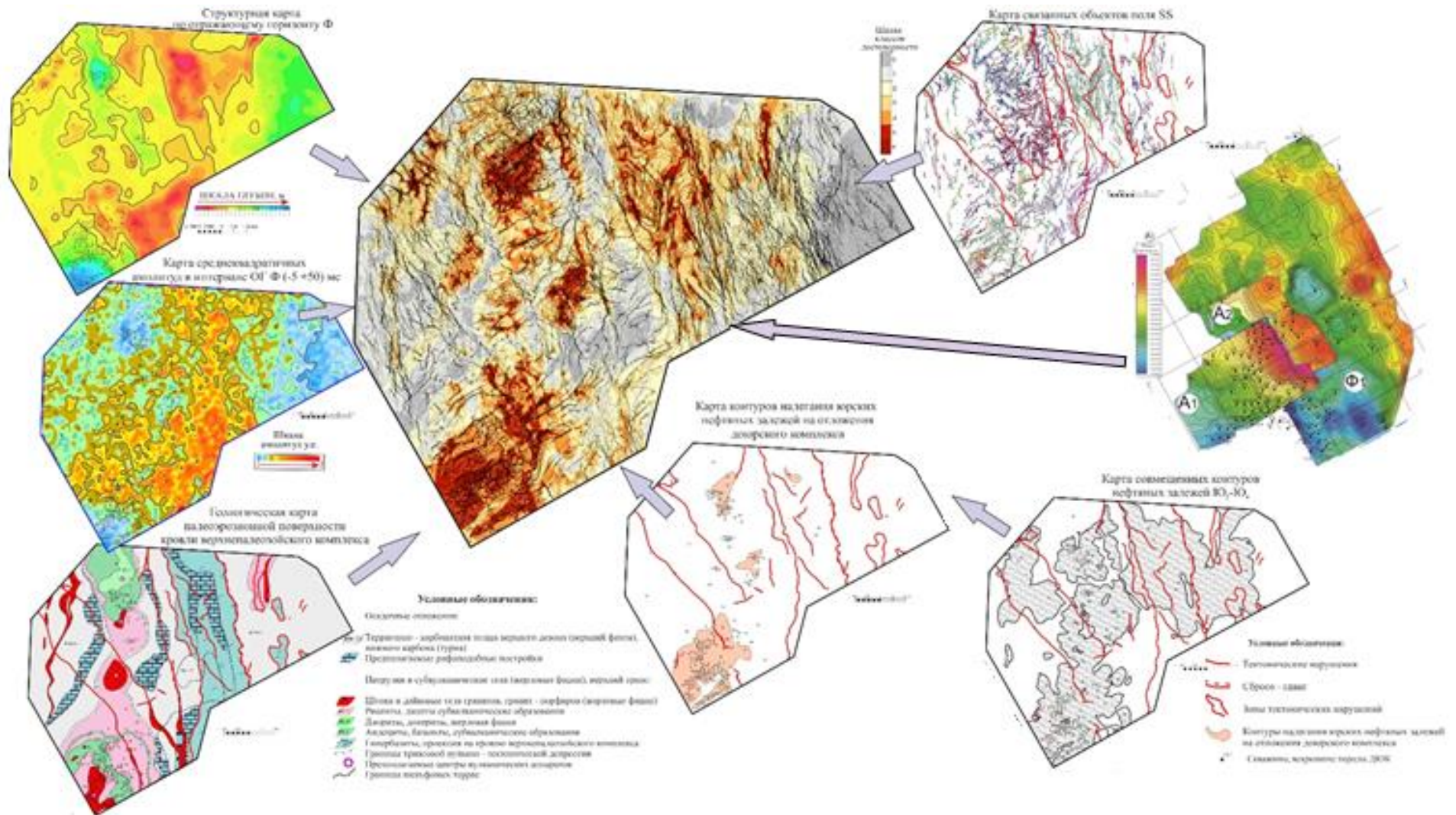


Рисунок 5 - Карта перспективных зон в отложениях доюрского комплекса уровня ОГ Ф (верхнепалеозойский комплекс D3-C1t) на основе многофакторного логико-вероятностного моделирования.