УДК 551.252:622.142

Р.А.Такранов
Санкт-Петербургский горный ин-т, Россия

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРОГНОЗА ТРЕЩИНОВАТОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИРКУТСКОГО РЕГИОНА

В Иркутском регионе повсеместно развита литогенетическая трещиноватость. Ее генезис обусловлен совместной реализацией комплекса трещинообразующих напряжений, вызванных эндогенными процессами литификации и тектоническими движениями. Распределение продольной, поперечной и диагональной систем относительно сингенетических деформаций и структур является основой прогнозирования ориентировки, количества и взаимоотношения систем трещин.

Litogenetic crackship is spread in all parts of irkutsk region. Its genesis is the result of influence of all complex crackform tense, that is made by endogenous litiphication process and tectonic movements. Distribution of lengthwise, trransversal and diagonal systems relatively syngenetic deformations and structures is the basis of prognosis of crack system direction, quantity and reciprocal relations.

В регионе эксплуатируются угольные месторождения Иркутского бассейна юрского возраста, а в подстилающих нижнепалеозойских отложениях выявлены трещинные коллекторы нефти. Несмотря на проведенные исследования [1,4,7], многие вопросы трещиноватости региона, а именно: ее связь с тектоникой, относительное время образования, – остаются неизученными. Это снижает обоснованность используемых методов и достоверность прогнозирования, которое необходимо для решения многих задач нефтяной геологии, горного и нефтепромыслового производства. Поэтому актуальны проведенные нами исследования по вопросам генезиса и прогноза трещиноватости юрских и нижнепалеозойских пород региона.

В публикациях [1,4,7,8] отмечается, что трещиноватость региона имеет тектоническое происхождение. Например, Г.В.Чарушин приходит к выводу, что при образовании платформенных складок, в том числе в рассматриваемом регионе, возникают только две соскладчатые системы трещин. Увеличение их количества вызвано наложенными региональными или дизъюнктивными деформациями. По нашим данным, количество систем и их взаимоотношение связано, прежде всего, с морфогенетическими особенностями складок.

По данным СНИИГГИМПС [1], трещиноватость юго-запада Сибирской платформы определяется общей региональной и локальной тектоникой. Общая трещиноватость является фоновой, локальная связана со складчато-разрывными нарушениями. Интенсивность трещиноватости зависит от степени тектонической деформации, например, в областях, тяготеющих к складчатому обрамлению, она

выше, чем во внутренних районах платформы; крутопадающие крылья складок более трещиноваты, чем пологие крылья, и т.д.

Исследованиями ВНИГРИ, например, установлено, что в течение всех этапов складкообразования происходит зарождение новых и обновление существующих трещин. На первом этапе при поднятии участка по нормали к напластованию образуются трещины продольной, поперечной и диагональной систем. На следующем этапе складчатости эти системы обновляются и дополняются кососекущей трещиноватостью, а в более молодых породах возникают те же первоначальные системы нормальносекущих трещин. На примере Киренских складок, образованных за четыре этапа, установлено четыре этапа трещиноватости, а также факт, что «... наиболее древние системы трещин обнаруживают нарушение закономерной связи направлений с существующей ориентировкой плоскости наслоения» [4, с.92]. Эти данные соответствуют нашим представлениям о том, что основная трещиноватость формируется при тектогенезе, синхронном породообразованию соответствующей толщи. Последующая тектоника, в результате которой сформировались наблюдаемые структуры и «существующая ориентировка плоскости наслоения», в общем случае проявлялась при произвольном плане деформации, не совпадающем с положением первичных «наиболее древних систем» трещин, что вызвало нарушение отмеченной закономерной связи. Поэтому предлагаемый [4,7] способ прогнозирования трещиноватости с использованием ее пространственной связи с существующими структурными элементами в общем случае является необоснованным.

Для расшифровки наблюдаемых закономерностей трещиноватости предлагается при трактовке ее геологической природы не исходить из традиционных позиций тектонического или эндогенного генезиса, которые разработаны Е.Н.Пермяковым и Г.А.Ивановым [3,5], а считать трещиноватость результатом реализации комплекса деформаций, вызванных как внутренними процессами литификации, так и синхронной (сингенетической) тектоникой.

В осадочных породах региона основная трещиноватость представлена внутрипластовыми нормальносекущими трещинами. Эта повсеместно распространенная трещиноватость, именуемая «общей», «первичной», «трещинами отдельностей» и т.п., представляется нам функциональным проявлением всех трещинообразующих деформаций, происходящих в процессе формирования горной породы. Геологическая природа этих трещин, являющихся первичными разрывами сплошности породы, заключается в совместном проявлении внутренних физико-химических и минералогических процессов литификации и одновременных внешних тектонических движений. Соответствующая комплексная деформация протекает в процессе литогенеза, особенно при постседиментационном преобразовании осадка, при диагенезе и катагенезе. Некоторые из этих преобразований являются прямым следствием тектонического воздействия. Таким образом, комплексное проявление всех деформационных процессов, возникающих при литификации и имеющих внутренний и внешний харак-

тер, является причиной образования рассматриваемого типа трещин.

Собственно эндогенные трещины в районе встречаются в мергелях и глинистых породах в виде реликтовых швов древних трещин усадки и усыхания, образующих многоугольные фигуры на поверхности напластования. Подобные трещины, образуемые в современных глинистых отложениях – такырах, имеют характерную полигональность с морфологически невыдержанными, нередко хаотическими нормальносекущими трещинами. Эти признаки указывают на образование трещин растягивающими напряжениями, направленными вдоль пласта в связи с сокращением его мощности и объема в результате отмеченных эндогенных процессов преобразования осадка при равномерном расположении центров трещинной деформации.

Эндогенная трещиноватость в виде полигональной и радиально-концентрической сети наблюдалась нами в небольших пачках блестящего угля в Черемховском районе. Она возникла в результате эндогенных, относительно кратковременных процессов углефикации, что обусловлено коагуляцией коллоидного вещества, каковым является гелифицированная органическая основная масса этих углей. Такой процесс трещинообразования происходит без участия тектонических напряжений, реализующихся при длительном воздействии. Эти трещины обычно заполнены корочками кальцита и, как и реликтовые швы, пересекаются более поздними прямолинейными протяженными трещинами.

Однако повсеместное распространение имеет другая трещиноватость. На эндогенную природу трещин указывает их распространение в пределах пласта (слоя) по нормали к напластованию. Другие признаки – сгруппированность трещин в системы (серии) с постоянной для больших участков ориентировкой, разная протяженность, более четкое проявление одной из систем и разные морфогенетические признаки – можно объяснить только такими напряжениями, которые определенным образом ориентированы на значительной площади. Такие деформационные условия создаются тектоническими напряжениями. Совместное проявление рассмотренных признаков разного типа указывает на то, что эндогенное зарождение трещин усиливалось и пространственно корректировалось синхронным тектоническим воздействием на данный пласт. В таких же деформационных условиях оказываются и перекрывающие пласты, общая мощность которых достаточна для интенсивного постседиментационного преобразования в данном пласте. Поэтому часть внутрипластовых трещин при развитии выходит за пределы одного, выклиниваясь или пересекая несколько пластов. В обнажениях нередко наблюдаются переходные формы трещин, нормально секущие один или несколько пластов, подтверждая их генетическое родство.

Поскольку совместная трещиноватость является первичной и образованной при совместном проявлении комплекса трещинных деформаций, обусловленных литификацией и сингенетической (синхронной) тектоникой, которые являются составляющими одного процесса – литогенеза, ее целесообразно именовать литогенетической.

Трещиноватость юрских пород изучалась нами на территории Западного и Центрального угленосных районов, в

Прииркутской впадине, в Приангарской и Кудинской мульдах Иркутского угольного бассейна. Исследования проводились путем массовых замеров элементов залегания и густоты трещин (проведено более 15200 замеров). Изучались морфогенетические особенности, протяженность, заполнение трещин и их взаимоотношение. Наблюдения сопровождались геологической документацией, проводились петрографические исследования.*

Характер основной трещиноватости юрских пород, а именно: сгруппированность в системы, их количество, взаимоотношение и ориентировка, – предопределены тектоническим планом деформации юрского периода. На это указывает отсутствие в платформенных районах пространственной связи основных систем с современным залеганием пород, отражающим тектонику завершающего этапа формирования существующих структур. При преобладании одинакового, практически горизонтального залегания пластов основные системы трещин даже на ограниченной площади ориентированы неодинаково. Такое соотношение наблюдалось нами у сел Владимировка, Харанут, Петровское, д.Александровка, пос. Мугун, ст.Головинская, на Аларском угольном карьере.

Для анализа соотношений основных систем литогенетических трещин современных и юрских структур использовались непосредственные замеры элементов залегания пород заларинской, черемховской и кудинской свит и положение элементов палеоструктур соответствующего возраста, которые отображены изопахитами (изомощностями) указанных свит. Установлены следующие закономерности. Системы трещин однозначно и прямо связаны с современным, наблюдаемым залеганием пластов (главная система является продольной и наиболее интенсивной, второстепенная – поперечной) в случае прямой (подобной) связи палео- и современных структур; и наоборот, – системы трещин не зависят от наблюдаемого залегания пластов и располагаются произвольно, если подобие разновозрастных структур отсутствует. При взаимообратном, перпендикулярном положении простирания пластов в юрских и современных структурах соотношение с последними основных систем трещин также обратное, т.е. главная, наиболее развитая система располагается не как обычно, по простиранию, а по падению.

Отмеченные закономерности свидетельствуют о парагенетической связи систем повсеместной трещиноватости с существующими структурами, если они образованы в юрское время и унаследованно развивались в последующем. При тектонической унаследованности происходит прежде всего обновление ранее созданной трещиноватости. Без унаследованности отмеченная связь трещиноватости и структур отсутствует и в обнажении пород наблюдается сложная сеть трещин за счет наложенных новых систем и изменения густоты первичных трещин. Примеры подобного несогласованного залегания нижнепалеозойских пород и систем трещин, установленные В.Н.Калачевой, отмечены ранее.

Реконструкция плана тектонических напряжений периода становления

* О связи трещиноватости с составом и строением углей см. статью автора «Трещиноватость углей Иркутского бассейна» в журнале «Геология и геофизика», 1979, № 1, с.75-82.

горной породы производится методами палеотектонического анализа для толщи, включающей данный пласт и являющейся литолого-фациально однотипной и самостоятельным палеотектоническим подразделением, с использованием методов геометризации. При этом отметим, что процессы преобразования осадка, приводящие к эндогенному трещинообразованию, начинаются после перекрытия пласта (слоя) другими породами, а накопление вышележащих еще продолжается. Одновременные и конседиментационные тектонические движения являются также активно действующим фактором образования трещин, в том числе и в юрских породах, ибо конседиментационное развитие структур разного масштаба, по данным [2,6], характерно для Иркутского угольного бассейна.

При палеотектоническом анализе по рисунку изопахит воссоздается общий, результирующий план тектонических движений и палеоструктурные условия соответствующего периода. Это позволяет оценить направление экстремальных деформаций и наиболее вероятное положение и количество систем трещин. Например, при моноклинальном опускании (прогибе) и стабильном направлении тектонических движений план деформации характеризуется взаимно перпендикулярными траекториями напряжений, ориентированных согласно равномерно-параллельному рисунку изопахит. В таких условиях главные растягивающие и изгибающие тектонические напряжения направлены параллельно наибольшему наклону. В результате основная трещиноватость образуется параллельно палеозалеганию и изопахитам (продольная система), а второстепенная (поперечная) система – перпендикулярно изопахитам. При сложном плане тектонических деформаций, когда образуются, например, брахиформные структуры, изопахиты изогнутые и замкнутые. В этих условиях наряду с продольной и поперечной значительное развитие получают диагональные системы трещин.

Такая трактовка геологической природы литогенетической трещиноватости подтверждена результатами нашего сравнительного анализа структурно-тектонического плана деформаций периода формирования юрских пород и их трещиноватости.

Карты изопахит юрских отложений строилась для кудинской, присаянской и черемховской свит (в последней выделялась заларинская подсвита). Изолинии мощности свит (изопахиты) строились автоматически на ЭВМ с корректировкой ручным построением при редкой сети скважин и с учетом палеогеографических исследований, проведенных Иркутским геологическим управлением. Построения осуществлялись на ЭВМ и графопостроителе по программе, разработанной во ВНИМИ для геометризации месторождений. Анализ соотношения максимумов диаграмм трещиноватости пород конкретной свиты и рисунка соответствующих изопахит проводился по совмещенным картам, подобным рис.1.

Из рис.1 видно, что при преобладании продольных и поперечных систем (пункты 1,3,4,5 и др.) относительно простая сеть трещин усложняется за счет повышения роли диагональных систем (пункты 13,15,2,7). Связь структурно-тектонических условий формирования пород черемховской свиты с повсеместно развитой в них трещиноватостью количественно характеризуется относительным

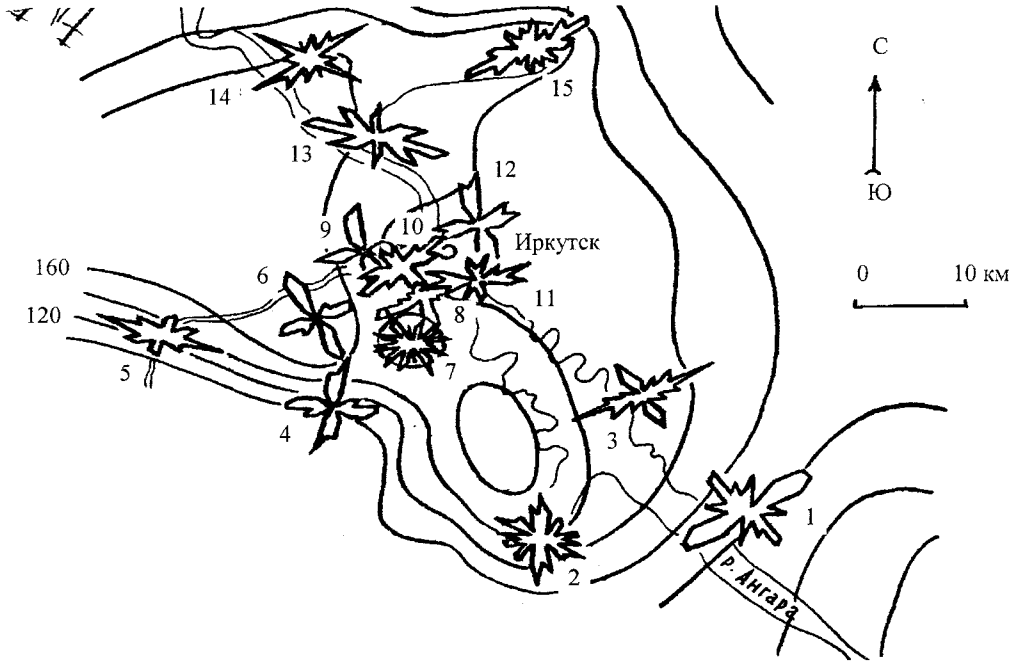


Рис.1. Карта трещиноватости и изопахит черемховской свиты восточной части Иркутского бассейна
Цифры у диаграмм – участки изучения трещиноватости

распределением (удельным весом) основных систем из количества систем трещиноватости (табл.1). Были получены усредненные значения распределения систем трещин разного типа, наблюдаемых в обнажениях восточной части Иркутского бассейна, являющейся переходной областью от платформы к Саяно-Байкальскому складчатому обрамлению. Для удобства две диагональные системы в табл.1 объединены в одну группу.

Близкие результаты получены при сопоставлении положения максимумов диаграмм трещиноватости и сингенетических структур заларинского и кудинского времени. Системы Пр, По, Д трещин на моноклинали с поперечным изгибом составляют соответственно 43, 41, 15 %, при резком поперечном изгибе 25, 48, 27 %; на крыле брахискладки 34, 32, 33 %; на замыкании складки 25, 33, 42 %; на замке линейной складки 71, 26, 3 %; замке брахискладки 45, 15, 40 %, на мульде 26, 44, 30 %.

Таблица 1

Распределение систем трещин на структурах черемховского возраста на востоке Иркутского бассейна

Сингенетические структуры	Распределение систем трещин, %		
	Пр	По	Д
Крыло:			
моноклинали с поперечным изгибом	46	41	12
брахискладки	38	37	25
моноклинали с резким поперечным изгибом (желоб, гребень и т.п.)	21	44	35
мульды	7	8	85
Замыкание складки	24	40	36
Замок складки	70	28	2
То же с небольшим перегибом	51	29	20
Замок мульды	30	34	35

Примечание. Пр – продольные, По – поперечные, Д – диагональные системы.

Подобное распределение систем трещин в черемховских отложениях установлено относительно сингенетических структур платформенных западных районов бассейна (табл.2). Такое же количественное соотношение систем трещин и брахиформных структурных элементов, отображенных изопахитами черемховской свиты, имеет место в Центральном угленосном районе.

В результате проведенного сравнительного анализа установлена общая закономерная зависимость распределения трещиноватости юрских пород от структурно-тектонических условий их формирования. При простом плане сингенетических деформаций, когда траектории тектонических напряжений прямолинейны и ортогональны, образуются две взаимно перпендикулярные (продольная и поперечная) системы, составляющие 80-90 % от количества систем трещиноватости. Если план деформации более сложный, то в зависимости от кривизны и взаимного расположения траекторий напряжений увеличивается роль деформаций по поперечным и диагональным направлениям. Например, на сингенетических брахискладках образуется до 30 % диагональных трещин, на участках резких поперечных изгибов преимущественно развиты поперечные (40-45 %) и диагональные (30-35 %) системы. В замке узких складок трещины продольной системы составляют 70 %, в замке брахискладок диагональные – 40 %.

Таблица 2

Распределение систем трещин на структурах черемховского возраста на западе Иркутского бассейна

Сингенетические структуры	Распределение систем трещин, %			Район наблюдений
	Пр	По	Д	
Крыло моноклинали	50	50	0	д.Миллерово
	54	24	22	пос. Икей
Крыло линейной брахискладки с поперечным изгибом	47	27	25	Тулунский угольный карьер
	43	42	25	Азейский угольный карьер
	40	40	20	д.Александровка
	45	32	23	с.Владимировка
	37	26	37	д.Перфилово
Крыло складки с резким поперечным изгибом	20	47	33	с.Петровское
Замок брахискладки с перегибом	25	45	30	с.Харанут
	38	28	35	с.Мугун

Количественные данные об относительном распределении (удельном весе) продольных, поперечных и диагональных систем трещин, имеющие закономерный характер для различных геотектонических районов бассейна и пород разных свит, указывают на отсутствие сколько-нибудь заметного количества систем трещиноватости, пространственно-генетически независимых от структурно-тектонического плана деформации периода формирования юрских пород. С другой стороны, в по-

слеюрский период в консолидированных породах не образовалось значительного количества трещин, отличающихся по ориентировке от ранее созданных систем. Это обусловлено весьма слабым проявлением послеюрской тектоники на платформе и ее унаследованностью в переходной области. Собственно послеюрская трещиноватость развита локально у разрывных нарушений и в кайнозойских породах юго-востока бассейна.

Установленные в юрских отложениях закономерности влияния структурно-тектонических условий формирования пород на развитие в них основной трещиноватости подтверждаются и для нижнепалеозойских нефтеносных пород. Наши исследования трещиноватости проводились в Тулунском, Тыреть-Нукутском, Боханском, Ахинском и Божеханском районах Иркутского региона, тектоническая структура которого называется амфитеатром.

Божеханское валообразное поднятие и Ахинская антиклиналь зародились в нижнем кембрии (Cm_1) на фоне прогиба крупной Ангаро-Ленской структуры. На это указывают изменения мощности отложений Cm_1 в замке, по сравнению с крыльями, и широкое развитие на крыльях складок оползания и сингенетического дробления пород. Мезокайнозойская тектоника не привела к значительному искажению первоначальной структуры, и юрские породы с более пологим залеганием повторяют каледонские складки, простирающиеся на северо-восток.

В связи с унаследованностью тектоники не была искажена отмеченная в юрских породах пространственно-генетическая связь трещиноватости нижнепалеозойских пород с сингенетическим планом деформации и одновозрастными структурами.

Изученная трещиноватость карбонатных пород ангарской свиты является литогенетической и в обнажениях по р.Куде в моноклинально залегающих породах на 60 % представлена продольной системой с азимутом 40-50°. Диагональные системы в разной степени проявляются на переклиналях складок и при дополнительных изгибах крыльев. Наши данные о трещиноватости ангарской свиты Божеханского вала совпадают с результатами ВНИГРИ и ИГИРГИ и указывают на зависимость сложности сети трещин от тектонической деформированности пород свиты, определяемой прежде всего сингенетическим нижнепалеозойским тектогенезом.

Используя материалы ИГИРГИ [6], отметим, что Ахинская складка, изображенная на рис.2, формировалась унаследованно, начиная с верхнеленского времени.

Соотношение со структурными элементами максимумов диаграмм трещиноватости, изученной в верхнеленских пестроцветах на Ахинской антиклинали и Серафимовской брахисинклинали (рис.2), подтверждает ранее описанное закономерное влияние сингенетической тектони-

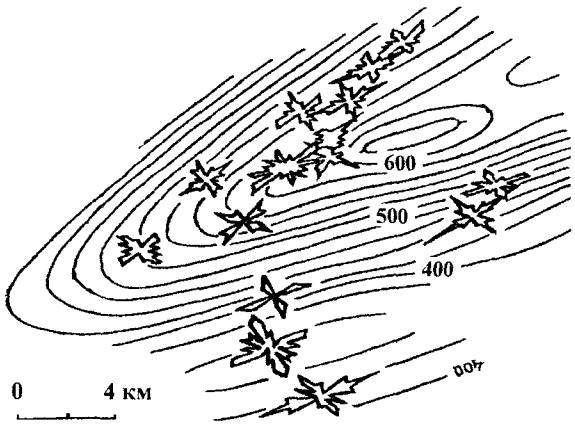


Рис.2. Трещиноватость верхнеленских (Cm_1-Cm_2) пород Ахинской структуры. Диаграммы построены по материалам автора и В.И.Никишина

ки на образование основной трещиноватости. Средние значения распределения систем трещин в кембрийских отложениях, установленного нами в Божеханском районе и на Ахинской складке, подобны рассмотренному распределению трещиноватости в юрских породах:

Системы Структуры	Пр	По	Д
Крыло моноклинали	57	37	6
Замыкание складки	30	18	52
Замок брахискладки	49	27	34

Боханская брахиантиклиналь, расположенная на юго-западном крыле Ангаро-Ленского прогиба, как поднятие развивалась в Cm_1 и наиболее четко проявилась в ангарское время. Данные автора и ВНИГРИ о трещиноватости ангарских отложений и изученное соотношение систем со структурными элементами Боханской складки указывают на генетическую связь основной трещиноватости с сингенетической складчатостью, которая не искажена при последующем тектогенезе. В этой структуре также повторяется уже описанная закономерность распределения систем: на крыльях преобладают продольная и поперечная, при увеличении брахоформности возрастает относительный объем диагональных, а на отдельных участках и поперечных систем. В замке складки, имеющем куполовидную форму, преобладают диагональные системы (свыше 50 %), продольные составляют около 30 %, поперечные – 20 %. Такое соотношение установлено нами в карбонатных породах, обнаженных по р.Иде у пос.Бохан.

Используя материалы ВНИГРИ, можно указать на подобную пространственно-генетическую закономерность трещиноватости ангарских отложений в соседних Осинском и Кузнецовском поднятиях, процесс складчатости в которых был наибольшим в период формирования пород этой свиты.

В Тыреть-Нукутском районе характер проявления трещиноватости ангарских и более молодых верхнеленских отложений неодинаковый.

Наши наблюдения у с.Бажир и данные Г.В.Чарушина [7] по другим участкам указывают на многосистемность трещиноватости окремненных ангарских карбонатных пород и преобладание систем 30, 60 и 80-90°. Несмотря на недостаточность и противоречивость данных о тектоническом развитии района, укажем, что сложность сети трещин ангарских отложений вызвана наложенной трещиноватостью, возникшей, видимо, при деформации подстилающих соляных пород усольской свиты. Верхнеленские породы, лежащие выше ангарских, практически не подверглись влиянию соляной тектоники и простираются практически моноклинально на северо-запад. Это указывает на простое тектоническое развитие района в это и последующее время, что обусловило простую двухсистемную трещиноватость верхнеленской свиты. Например, в обнажениях по р.Залари нами установлено, что система 45° составляет более 60 %, система 320° – 36 %, система 70-90° – 3 %. Две основные системы, по данным Г.В.Чарушина [7], развиты на большой территории у пос.Нукуты и являются продольной и поперечной системами относительно моноклинального палеозалегания сингенетической верхнеленской структуры, подтвержденной С.М.Замараевым [2] при палеотектоническом анализе района.

Трещиноватость пород ордовика изучалась нами в Тулунском районе, в ко-

тором у с.Харанут, по данным С.М.Замараева, расположена нижнеордовикская моноклиналь с простиранием 70-90°. Такие простые структурно-тектонические условия определили простую двухсистемную трещиноватость. Соответственно отмеченному палеозалеганию ориентирована основная продольная (80°) и второстепенная поперечная (350°) системы трещин. Продольная система составляет 60 % от количества систем трещиноватости. На западе и севере от г.Тулун располагается замыкание ордовикской складки, трещиноватость которой отвечает ранее установленным закономерностям. Например, в песчано-глинистых сланцах у д.Булюшка продольная система составляет 29 %, поперечная – 43 %, диагональная – 27 %; в 14-16 км севернее г.Тулуна соответственно 26, 43 и 31 %.

В заключение отметим, что в изученных отложениях Иркутского угольного и нефтеносного региона, независимо от их возраста, повсеместно и преимущественно развита литогенетическая трещиноватость. Она образована в результате совместной реализации комплекса трещинообразующих напряжений, обусловленных внутренними процессами литификации и синхронными тектоническими движениями. Структурно-тектонические условия периода формирования пород предопределяют закономерности ориентировки систем трещин, их количество и взаимоотношение. План сингенетической деформации реставрируется методами палеотектонического анализа с использованием рисунка изопахит, построенных методами геометризации мощности с помощью ЭВМ. Положению и форме изопахит конкретной толщи закономерно соответствуют основные системы литогенетической трещиноватости. Соотношение с рисунком изопахит продольной, поперечной и диагональной систем является основой для прогнозирования трещиноватости. При этом можно использовать приведенные здесь значения распределения (удельный вес) основных систем трещин относительно сингенетических структур.

Практикуемое прогнозирование трещиноватости относительно существующего залегания пластов обосновано только в случае, когда наблюдаемая структура является сингенетической или унаследованно развитой. Разработка генетических основ и предпосылок прогноза при многостадийном неунаследованном развитии современных структур является предметом специальных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воробьев В.Н.* Трещиноватость и ее связь с региональной тектоникой юго-запада Сибирской платформы // Тр.СНИИГГИМС. 1969. Вып.89. С.115-120.

2. *Замараев С.М.* Основные этапы развития и основные элементы структуры южной части Сибирской платформы // Геол. и геофизика. 1965. № 2. С.73-82.

3. *Иванов Г.А.* Кливаж (отдельности) в углях и вмещающих породах и пути его практического использования. М.-Л.: ГОНТИ. 1939. 107 с.

4. *Калачева В.Н.* Закономерности распространения тектонической трещиноватости и прогнозирование трещинных коллекторов // Тр.ВНИГРИ. 1968. Вып.264. С.63-99.

5. *Пермяков Е.Н.* Тектоническая трещиноватость Русской платформы / МОИП. М., 1949. 215 с.

6. Тектоника нефтегазоносных областей Сибири. М.: Наука, 1967. 161 с.

7. *Чарушин Г.В.* Тектоническая трещиноватость слабодислоцированных осадочных пород юго-востока Иркутского амфитеатра // Бюлл.МОИП. Отд.геол. 1957. Т. 32(3). С.117-135.

8. *Чарушин Г.В.* О тектонической трещиноватости на платформенных складках // Сов.геология. 1973. № 12. С.107-114.