

**В.А. Черкасов** (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Окончил географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, по специальности «география». В настоящее время — ведущий инженер лаборатории геопрогнозных исследований ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

**Ю.Б. Баранов** (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

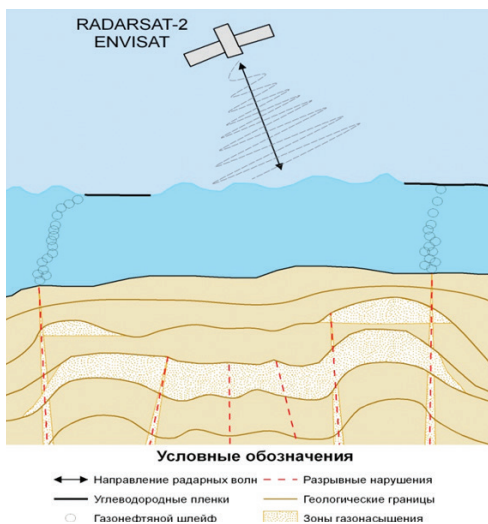
В 1978 г. окончил геологоразведочный факультет Московского государственного геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе по специальности «геология и разведка месторождений полезных ископаемых». В настоящее время — начальник Отдела геоинформационных и космических технологий ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Доктор геолого-минералогических наук.

# Признаки нефтегазоносности акватории по данным космической радиолокационной съемки

## ВВЕДЕНИЕ

История изучения шельфовых территорий России насчитывает несколько десятилетий, и общая геолого-геофизическая изученность шельфа на данный момент достаточно высока — на значительных площадях были проведены 2D сейсмические съемки, а также региональные грави- и магнитометрические работы. Однако изученность бурением крайне низкая ввиду объективных сложностей, связанных с повышенной стоимостью и трудоемкостью процесса морского бурения в замерзающих морях.

Сложившийся современный подход к геологоразведочным работам на нефть и газ, четко определяет сейсморазведку в качестве основного метода изучения недр, действительно показывающего отличные результаты совместно с поисковым бурением и скважинными исследованиями. Но при отсутствии пробуренных скважин с изученным керном достоверно определить по данным сейсморазведки возможно лишь местоположение и строение структурных ловушек, без определения степени их продуктивности. Таким образом, вопрос о наличии искоемых углеводородов в выявленных ловушках остается открытым.



*Рис. 1. Обобщенная схема формирования и регистрации минеральных углеводородных пленок естественного генезиса на поверхности акватории*

Ответить на этот вопрос могут различные методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), но наибольший интерес представляет метод поиска и

анализа минеральных углеводородных пленок (или сликов) естественного просачивания из недр на поверхность акваторий. Данный тип исследования проводится по материалам космической радиолокационной съемки, осуществляемой со спутников, имеющих радиолокатор с синтезированной апертурой (PCA или SAR).

Появление пленок естественного происхождения связано с просачиванием углеводородных флюидов из залежи по зонам геодинамического влияния разрывных нарушений (рис. 1). Просочившись из недр, углеводородные флюиды с пузырьками газа поднимаются до морской поверхности, образуя на ней тонкие пленки, видимые на радиолокационных изображениях.

В основу метода определения наличия пленки на морской поверхности положен анализ рассеянного поверхностью моря сигнала при ее зондировании активными радиолокационными импульсами в радиоволновом диапазоне, что дает возможность использовать данные съемки в любое время суток и практически при любой погоде. Обнаружение углеводородных пленок обуславливается эффектом высокочастотного выглаживания волн на поверхности моря под влиянием сформированной пленки. Такие аномальные области выглаживания выделяются на радиолокационных данных в виде темных

пятен различной интенсивности и морфологии.

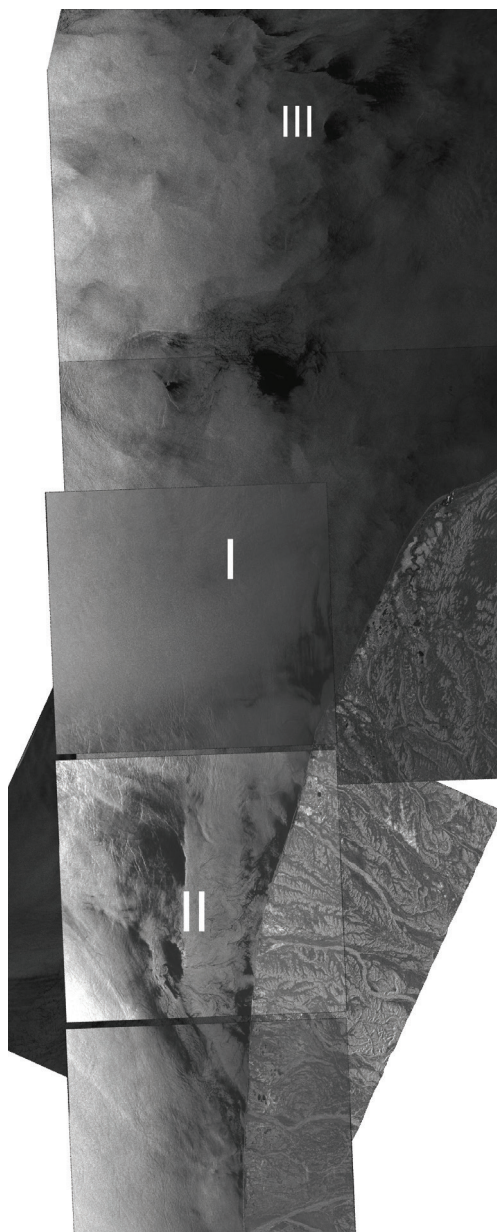
Наличие углеводородных пленок естественного происхождения на поверхности при сопоставлении с данными морской сейсморазведки, геоморфологическим строением дна, материалами геологических исследований, зонами разрывных нарушений четко маркирует области с продуктивными структурами и может служить признаком нефтегазоносности. При идентификации и выделении пленок на космических радиолокационных изображениях необходимо учитывать приуроченность мест появления пленок к локальным структурам осадочного чехла, повторяемость появления в одной зоне, их морфологию и структуру организации в плане. Для исключения из рассмотрения биогенных и минеральных пленок, которые могут быть образованы аэрогидродинамическими процессами и загрязнением, при анализе учитывается положение пятен относительно судоходных трасс, портовых сооружений, эстуариев рек, а также размер и форма сликов в зависимости от скорости ветра и волнения.

Так, для решения задачи по поиску признаков нефтегазоносности выявленных геофизическими методами структур на шельфе были использованы одновременные космические радиолокационные снимки со спутников RADARSAT-2 (Канада) и Envisat (Европейское космическое агентство) за 2004, 2008 и 2011 гг. (табл. 1).

Таблица 1

### Характеристики радиолокационных данных, отобранных для исследования

Тип спутника	Дата съемки	Спектральный диапазон	Режим съемки	Поляризация
RADARSAT-2	16.08.2011	С-диапазон (длина волны 5,6 см)	Режим Wide 20 м	HH/HV
	28.07.2011			
	23.07.2011			
	01.08.2011			
	19.07.2008			
ENVISAT	28.07.2004		Режим Image Mode 30 м, Режим Wide Swath Mode 150 м	HH/HV
	02.08.2008			
	01.06.2004			
	10.08.2004			
	01.09.2004			



*Рис. 2. Схема зонирования проявлений УВС на поверхности акватории, совмещенная с радиолокационными снимками. Желтым цветом показана граница участка исследования*

### **ЛОКАЛИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПЛЕНОК НА ПОВЕРХНОСТИ АКВАТОРИИ ШЕЛЬФА**

Предварительная обработка радиолокационных снимков включала в себя проведение фокусировки радиолокационных голограмм с учетом точных эфемерид, подбора типа и параметров фильтрации, геокодирования финальных изображения, импорт в геоинформационную систему (ГИС).

Всего в результате анализа доступной авторам радиолокационной информации были идентифицированы и отмечены несколько зон появления углеводородных пленок — Центральная (I), Южная (II) и Северная (III). Схематично локализация отмеченных зон показана на рис. 2.

В северной части Центральной зоны отчетливо выделяются пленочные образования, по своей морфологии, степени кластеризации и интенсивности отражения определяемые как слики минерального происхождения (рис 3). Частота повторяющихся появлений пленок на поверхности здесь самая высокая по всей территории исследования — не менее 4 раз. По снимкам за 09.08.2008 г., 28.07.2011 г., 23.07.2011 г. зафиксированы слабоконтрастные слики, по всей видимости, отражающие остаточные явления в процессе деградации углеводородных соединений (УВС).

В южной зоне выделяется несколько мест скопления сликов — вдоль побережья, а также в мористой части шельфа (рис. 4). В мористой части выявленные пленки имеют четкое очертание, плотную кластеризацию, а также высокую интенсивность отражения, что в большей степени соответствует минеральным пленкам естественного просачивания. Пленки, локализованные вдоль берега, имеют смешанный генезис — обширные тонкие образования закрученные в спиральные вихри соответствуют биогенным сликам, но небольшие высококонтрастные слики в юго-восточной части изучаемой территории, по всей видимости, имеют минеральное происхождение и связаны с глубинным просачиванием УВС.

Слики в Северной зоне выявлены по трем снимкам (рис. 5), по одному из них в остаточной слабоконтрастной форме. На снимке за 16.08.2011 г. хорошо виден эффект разделения легкой и более тяжелой фракции УВС под действием ветра — более тяжелая фракция накапливается в виде плот-

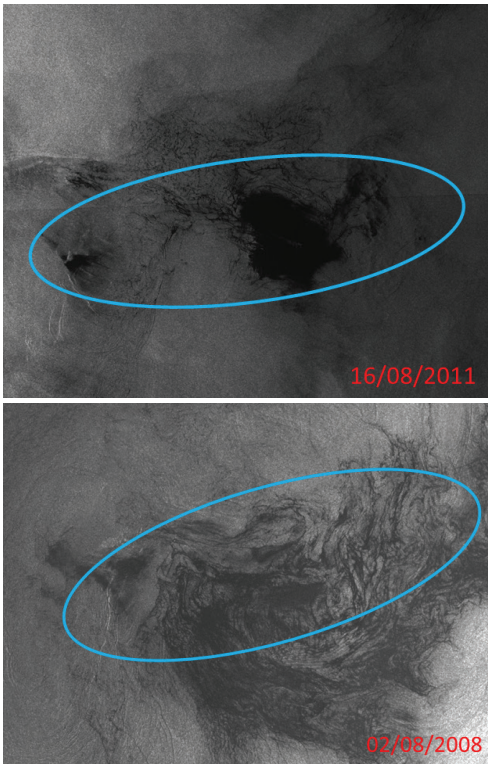


Рис. 3. Снимки УВС на разновременных радиолокационных изображениях в районе зоны I. Сводный монтаж из 4 изображений. Синим цветом выделены области со снимками

ного гребня с подветренной стороны, а легкая, наоборот, распределяется в виде широкого шлейфа в обратную сторону от направления ветра. В целом из-за сильной ветровой нагрузки (стрежневая часть пролива) в этом районе и ограниченного количества снимков в последовательной серии точно определить место локализации и тем более возможное место всплытия УВС проблематично.

#### **СОПОСТАВЛЕНИЕ МЕСТ ЛОКАЛИЗАЦИИ СЛИКОВ С ДАННЫМИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Для выявления потенциальных связей мест локализации нефтяных пленок и источников естествен-

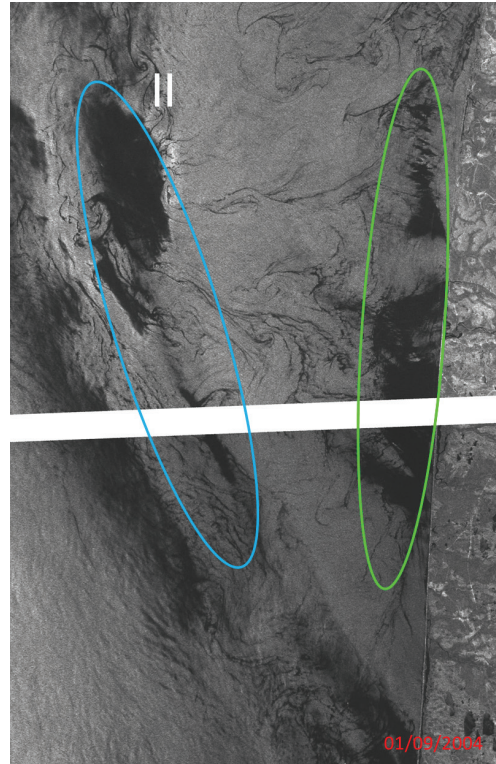


Рис. 4. Снимки УВС на разновременных радиолокационных изображениях в районе зоны II. Синим цветом выделены пленочные образования естественного генезиса, зеленым – предположительно, биогенного

ных просачиваний на дне авторами было проведено сопоставление мест локализации снимков с данными морской сейсморазведки (сейсмические профили с линиями корреляции по перспективным отражающим горизонтам, места выходов газовых трубок на дне), данными по тектоническому строению, контурами структур, выявленные ранее по геофизическим работам и данными о рельефе дна.

При сопоставлении всех перечисленных данных выявлена приуроченность отдельных скоплений снимков в Центральной зоне (рис. 6), соответствующих сильно раздробленной разрывными нарушениями территории, объединяющей две крупные перспективные структуры и располагающиеся здесь же потенциально нефтегазоносные линейные складки



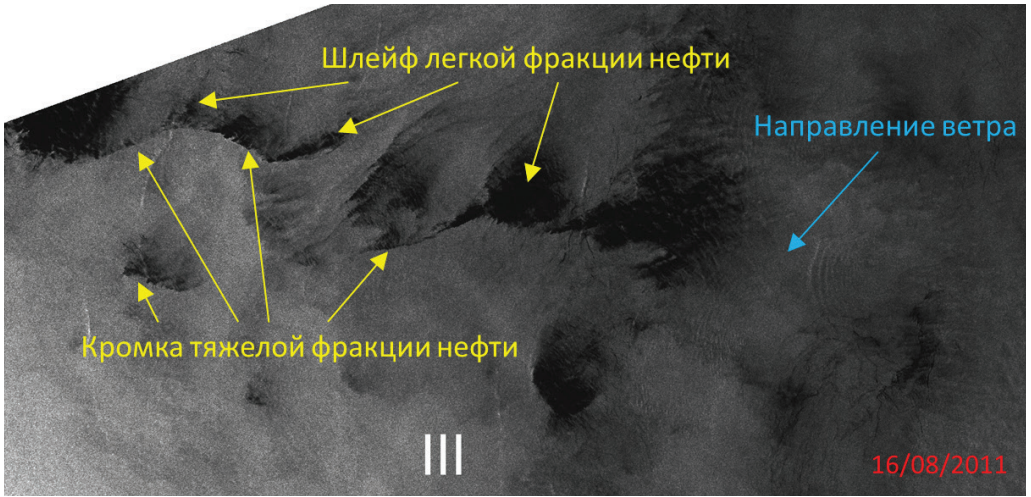


Рис. 5. Минеральные слики на разновременных радиолокационных изображениях в районе зоны III

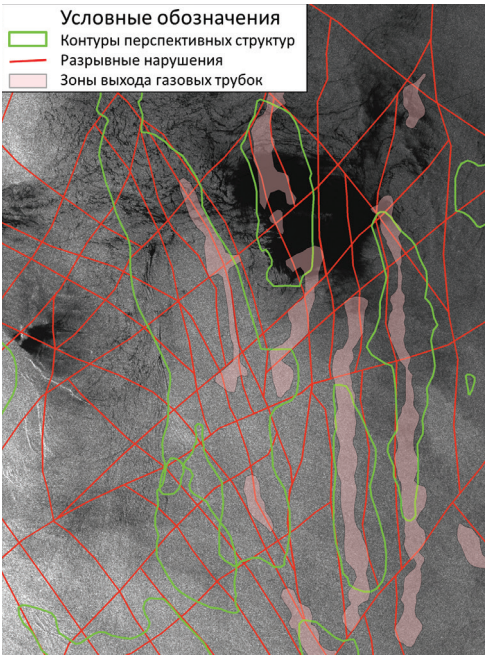


Рис. 6. Совмещение результатов геолого-геофизического моделирования и данных радиолокационной съемки в районе зоны I. Пленки УВС ярко выражены в виде интенсивно темных областей

среднего и верхнего структурного этажей. В районах локализации пленок по данным морской сейсморазведки определены места выхода на дно газовых трубок, что дополнительно может являться подтверждением наличия мест естественной разгрузки углеводородов. При этом основной диапазон глубин моря, соответствующий местам выхода УВС, в рассматриваемой зоне от 100 до 450 м.

В Южной зоне основные выявленные места локализации сликов расположены в районах выявленных структур. Лучше всего здесь выражены плотные, высококонтрастные пленочные образования, расположенные по свалу глубин и вытянутые вдоль структур Центральной группы (вдоль приразломных складок верхнего структурного этажа) и крупного регионального разлома. Здесь же установлены серии газовых трубок (рис. 7).

По Северной зоне можно предположить возможную связь выявленных сликов со структурным строением района их локализации, однако по причинам, приведенным ранее, сложно признать такую связь достоверной. Но стоит отдельно отметить, что слики локализованные в этой зоне (рис. 8), за счет более спокойной аэрогидродинамической обстановки (дальше от пролива) могут быть связаны с серией разломов и газовых трубок, выявленных по данным магнитной и сейсмической съемки в этом районе.

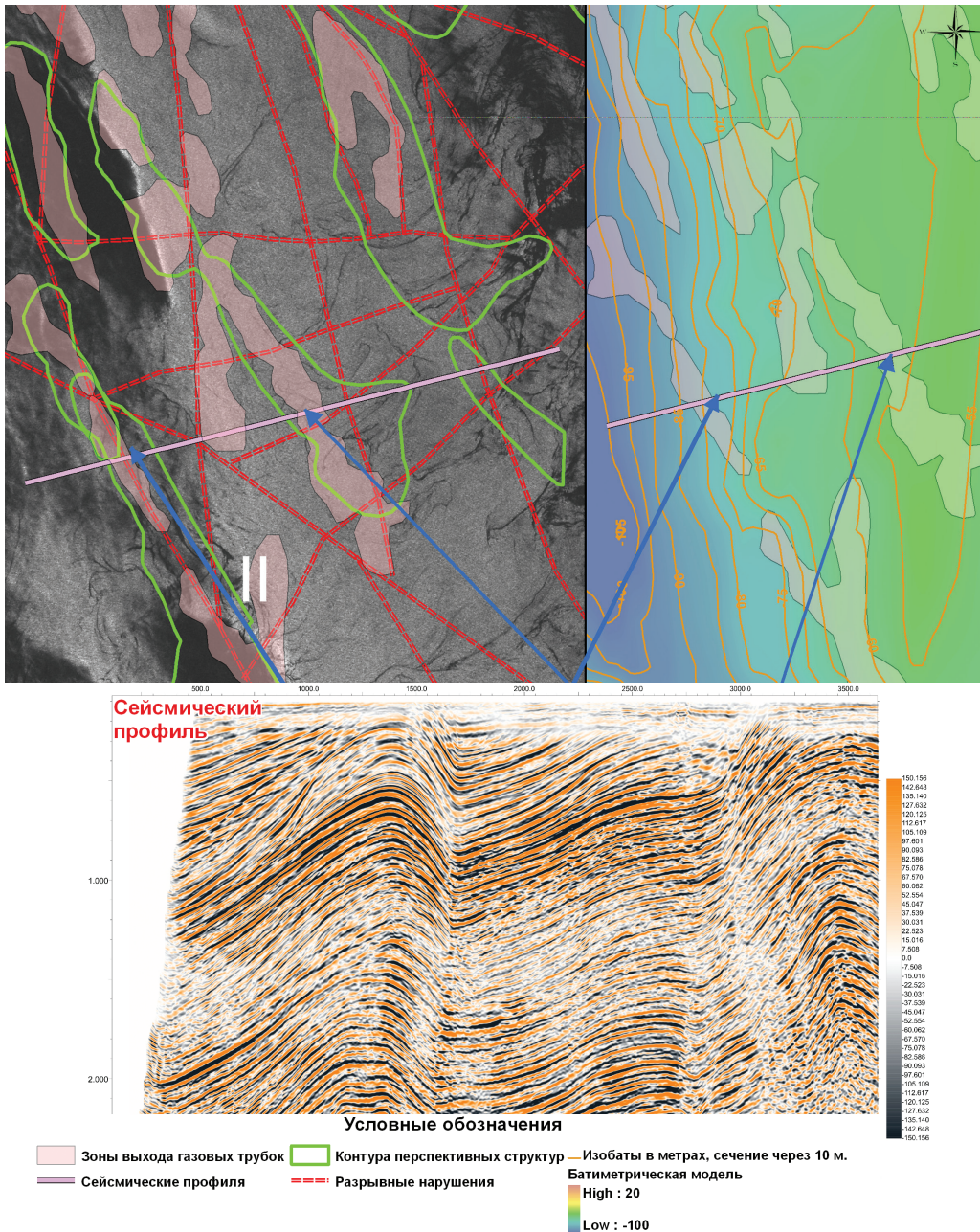


Рис. 7. Совмещение результатов геолого-геофизического моделирования, батиметрии и данных радиолокационной съемки в районе зоны II



### ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДАЛЬНЕЙШЕЙ СИСТЕМЕ НАБЛЮДЕНИЯ АКВАТОРИИ

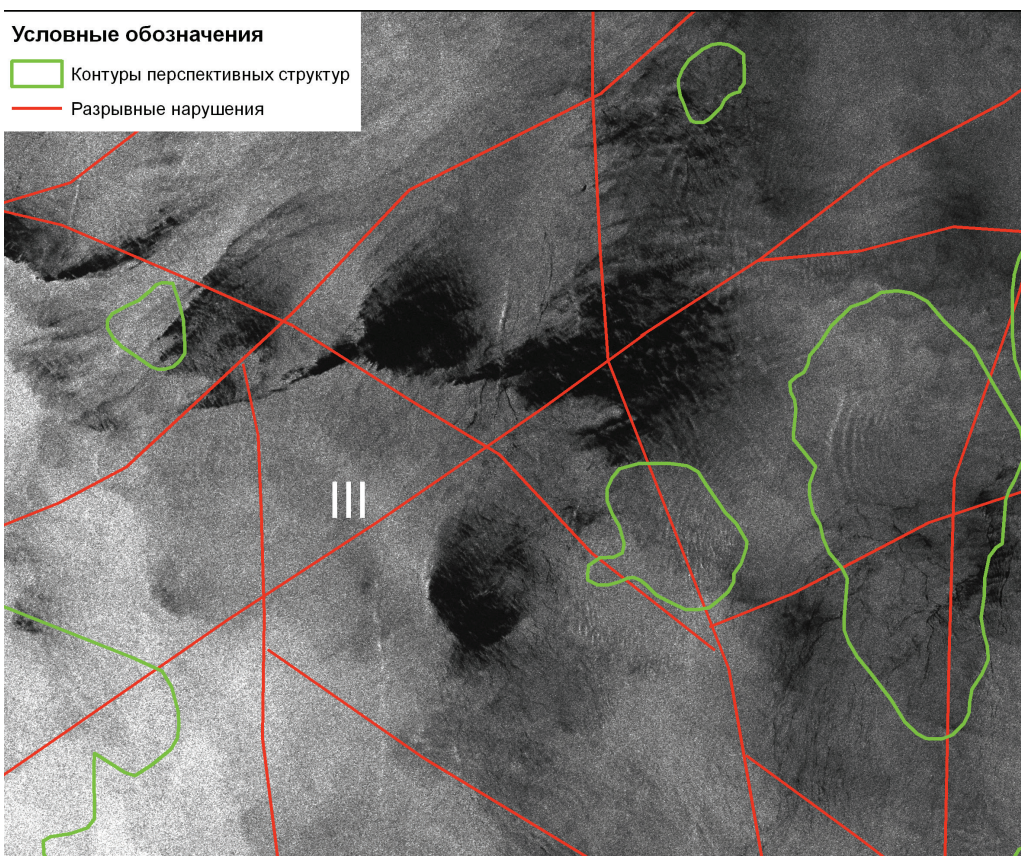
В результате комплексного анализа космических радиолокационных данных акватории шельфа участка авторами выделены следующие признаки нефтегазоносности:

- Наличие углеводородных пленок на поверхности моря по своей морфологии, интенсивности отражения, окружающей аэрогидродинамической обстановке, степени кластеризации и антропоген-

ного влияния, характерного для определения их в качестве нефтяных пленок естественного (минерального) происхождения.

- Повторяемость фактов появления нефтяных пленок минерального генезиса в одном и том же районе.
- Локализация минеральных нефтяных пленок в районах выявленных перспективных структур, разрывных нарушений, а также мест выхода на поверхность морского дна газовых трубок, выделенных по данным предшествующей сейсмо-, грави- и магниторазведки.

Установление одного из вышеописанных признаков может служить косвенным, а совпадение



*Рис. 8. Совмещение результатов геолого-геофизического моделирования и данных радиолокационной съемки в районе зоны III*

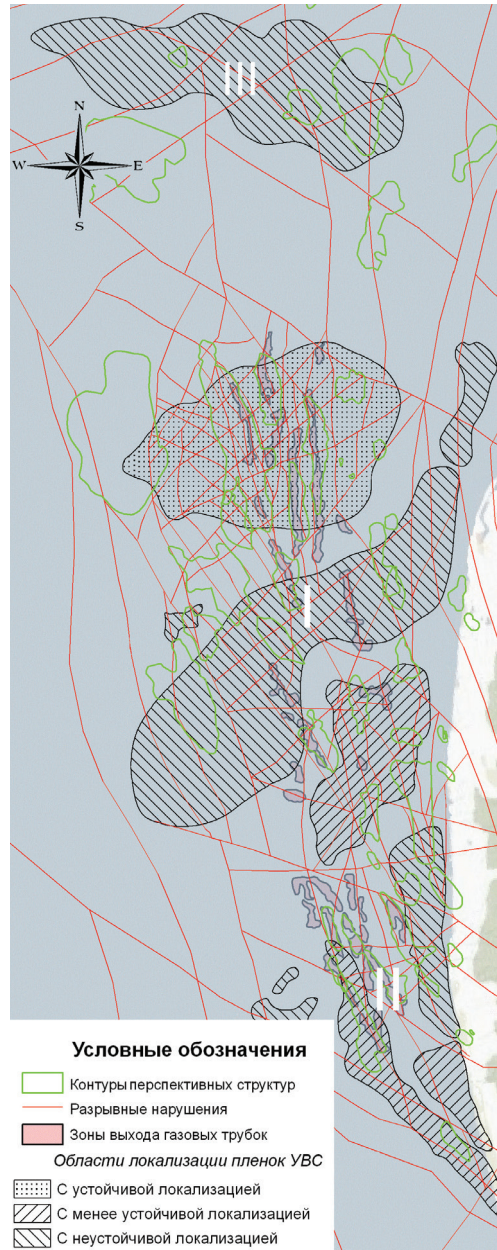
всех — прямым подтверждением наличия нефтегазоносных структур на изучаемой территории.

На основании выделенных признаков нефтегазоносности была составлена схема с областями локализации УВС по степени устойчивости в пределах каждой зоны (рис. 9). При этом областям с устойчивой локализацией соответствуют высокая частота повторяемости (3–4 раза в год) появления пленок минерального генезиса в пределах одних и тех же структур, наличие крупных разломов или сгущения разрывных нарушений, сопровождающихся газовыми трубками. На территории исследования по таким признакам выделены северная и южные части центральной зоны. При этом сам контур выделения области соответствует усредненной и сглаженной границе вокруг углеводородных пленок за разные даты наблюдений.

Областями с менее устойчивой локализацией являются зоны с невысокой частотой (1–2 раза) повторяемости пленок минерального генезиса в пределах одних и тех же групп структур, наличие крупных разломов или сгущения разрывных нарушений, осложненных газовыми трубками. На схеме такими признаками обладают слики в южной зоне.

Областями с неустойчивой локализацией являются области сликов со смешанным или трудноидентифицируемым генезисом, с одиночным проявлением на снимках, однако при этом области могут соответствовать одиночным структурам или группам структур, разрывным нарушениям с газовыми трубками. Таким областям соответствуют слики северной зоны.

По результатам проведенного исследования авторы определяют области с устойчивой локализацией сликов как наиболее перспективные на обнаружение углеводородов, для областей с менее устойчивой и с неустойчивой локализацией рекомендуется проведение дополнительных спутниковых радиолокационных наблюдений. Рекомендуемая методика мониторинга акватории в этом случае может быть следующей: для более точной локализации и контроля перемещения сликов необходима частота наблюдений не менее одного раза в неделю. В целях оптимизации затрат на мониторинг (соотношение стоимости, частоты наблюдений и размеров снимка) рекомендуется радиолокационная съемка со средним или низким (от 50 до 100 м) разрешением выходных изображений.



**Рис. 9.** Схема областей локализации пленок УВС, совмещенная с результатами геолого-геофизической моделирования