

# **МОРФОТЕКТОНИКА БАССЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ В СОПОСТАВЛЕНИИ С УТОЧНЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ИСТОРИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Шварев С.В.<sup>1</sup>, Никонов А.А.<sup>2</sup>

В настоящее время формирование морфоструктуры центральной части Беломорского бассейна в новейшее и послеледниковое время соотносят с активизацией рифейских структур Кандалакшского грабена, что детально обосновано в книге «Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий» и отражено на самой карте [Балуев и др., 2012]. Среди предпосылок формирования морфоструктуры отмечаются резко дифференцированные блоковые смещения, включающие как грабены, так и горсты. В последние годы мелкоблоковая структура выделяется и в пределах акватории. Эти блоковые смещения происходят на фоне унаследованного общего поднятия западной части Беломорского бассейна при относительном погружении восточной, в настоящее время со скоростью +4 мм/год и –1–2 мм/год, соответственно. Современные методы восстановления вертикальных смещений по возрасту озерных котловин в прибрежье суши [Романенко и Шилова, 2012; Колька и др., 2012; Субетто и др., 2012], обнаруживают тенденцию в течение голоцена и определяют дифференцированность этих перемещений [Романенко, Баранская, 2015]. Активные разломы по берегам и в бассейне Белого моря выделялись давно [Николаев и др., 1967; Лукашов, 1976; Карта..., 1980; Новейшая..., 1998; Трифонов, 1999], однако, пространственное положение этих структур и детальность различались. Одной из причин служит отсутствие единых признаков выделения активных разломов на территории Фенноскандии и, в частности, слабое проявление современной сейсмичности. С другой стороны, и морфоструктурные признаки активных разломов, в особенности в пределах акватории, были неочевидны.

В последние годы значимо пополнилась информация, как о землетрясениях в регионе по инструментальным, историческим и палеогеологическим данным, так и о подводном рельефе, строении донных осадков, и структуре фундамента [Маев и др., 2010; Амантов и др., 2011 и др.], что позволило авторам интегрировать эти данные в единую модель.

<sup>1</sup> Шварев С.В. — ИГ РАН; ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва.

<sup>2</sup> Никонов А.А. — ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва.

**Морфоструктурные разработки.** Выявление сеймотектонических особенностей района Беломорского бассейна долго осложнялось, как минимум, двумя обстоятельствами, а именно, нахождением большей части площади под морем и слабым знанием сильных сейсмических событий. Поэтому до сих пор сеймотектоническая обстановка могла представляться лишь в самом общем виде. Детальные особенности морфоструктуры отчетливо проявились на цифровой модели рельефа дна Белого моря [Никифоров и др., 2012]. С появлением морфоструктурной схемы, объединяющей акваторию и побережье [Шварев, Никонов, Фроль, 2015], появилась необходимая основа для углубленных сеймотектонических построений. Центральная (осевая) часть Беломорского бассейна от Кандалакшской до Двинской губы обладает наибольшей выразительностью форм и сейсмической активностью во всем бассейне. Для неё характерна продольная асимметрия: уступы, протягивающиеся вдоль Карельского берега достигают 160 м, а обрамляющие с юга Кольский полуостров – 100 м. Аналогичная ситуация и в восточном замыкании: вдоль Онежского полуострова уступы достигают 30 м, а вдоль Зимнего берега – менее 2 м или отсутствуют совсем. Наиболее значительные градиенты рельефа приурочены к уступу, протягивающемуся от южного обрамления залива на юго-восток к Онежскому полуострову. Эта структура выделена в качестве сейсмолинеамента с неоднократным проявлением сильных землетрясений, как в позднеледниковье и голоцене, так и в историческое время [Никонов и Шварев, 2015]. Помимо поперечной асимметрии характерно значительное увеличение количества и высоты уступов по направлению с востока на запад, в том же направлении увеличиваются скорости вертикальных современных и голоценовых движений и сейсмичность. Наиболее раздроблена кутовая часть Кандалакшского залива. Здесь распространены наибольшие глубины Белого моря, сопряженные с узкими «трогами», тектоническое происхождение которых подчеркивается геометрической формой и пространственным рисунком. Судя по рисунку систем грабенов, в образовании морфоструктуры принимали участие не только вертикальные, но и сдвиговые смещения по поперечным и диагональным к простиранию Кандалакшского грабена направлениям. Наиболее глубокая часть Кандалакшского грабена выражена замкнутой котловиной, борта которой высотой от 30 до 80 м увязываются именно с диагональной и поперечной системами разломов, первая из которых прослеживается к западу в район пролива Великая Салма и к востоку, определяя положение оси Кандалакшского грабена ближе к его северному (Кольскому) борту. Вто-

рая система сегментирует продольные грабены с вероятным сдвигом осевой части к тому же борту и наиболее выразительно прослеживается от губы Чупа к п-ову Турий. Подтверждением тектонического, а не экзогенного происхождения таких уступов, служат материалы подводного сейсмопрофилирования с выделением смещений на первые метры—десятки метров послеледниковых осадков по тектоническим нарушениям, сопрягающимся с уступами, [Рыбалко и др., 2013], и с приуроченностью к ним палеосейсмодеформаций. Совокупность потенциально сейсмогенных структур выделяется практически и в остальных частях Беломорского бассейна. Вторым по размеру после Кандалакшского является грабен Онежского залива с сужением прогибов в западной части. На всем протяжении, вплоть до устьевой части р. Онеги на востоке, у него прослеживаются оба борта с высотой уступов 15-30 м. На сочленении Кандалакшского и Онежского грабенов расположены поперечные уступы высотой до 60 м и ориентировкой, как и в Горле Белого моря. Морфоструктура Горла характеризуется суперпозицией уступов параллельно берегу Кольского п-ова и от Зимнего берега к восточной оконечности последнего, что предположительно объясняется также разрывной тектоникой.

**Уточнение сейсмологических характеристик исторических землетрясений.** Вторым необходимым элементом для выработки новой сеймотектонической модели региона стало пополнение и уточнение характеристик сильных и умеренных землетрясений региона за периоды инструментальный, исторический и отчасти доисторический. Работа началась еще в конце прошлого века [Никонов, 1997] и продолжается непрерывно на основе поисков и обработки сведений из забытых первоисточников в летописях, архивах, газетах и др. Для нескольких землетрясений исторического и инструментального периодов удалось получить макросейсмические карто-схемы макросейсмического поля и определить ориентировку длинной оси, пространственной позиции и частично размеров очага у этих событий. Согласно обработанным заново первоисточникам (отдельные публикации) уточнена позиция последнего по времени из сильных исторических землетрясений в районе Кандалакши с магнитудой  $\geq 5,5$  (1758 г.) (Рис.1B). В 1627 г. вспоролся на всем протяжении главный продольный разлом Кандалакшского линеамента. На его структурном продолжении располагается продольный очаг землетрясения 1829 г. с магнитудой 4,5 (Рис. 1D), свидетельствуя об активности главной продольной структуры и в пределах Восточно-Европейской платформы. Четкую структурную приуроченность демонстрируют и

более поздние и слабые землетрясения, сосредоточенные в основном в западной части бассейна.

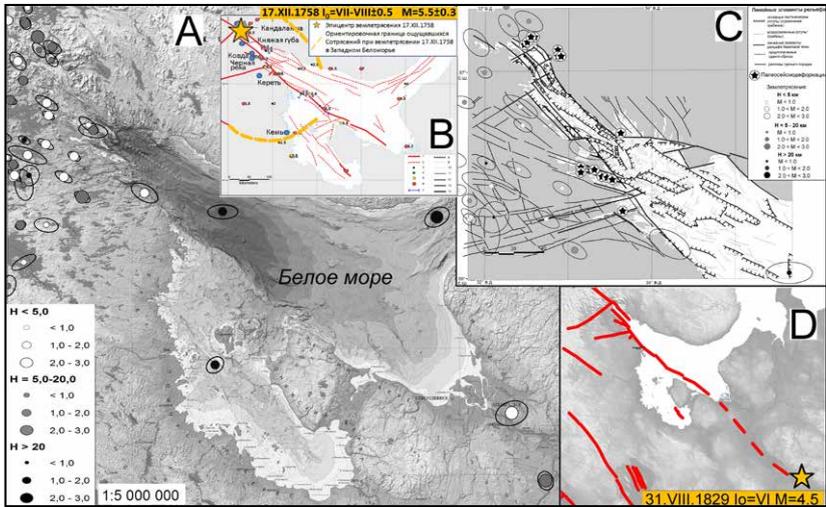


Рис. 1. А. Карта уточненных эпицентров землетрясений инструментальным наблюдений в XXI в.по (2013 г.) для Беломорского региона с эллипсами ошибок (глубина очага и магнитуда). В. Схема основных сейсмолинеаментов и позиция уточненного эпицентра землетрясения 1758 года. С. Морфоструктурная схема дна и побережий Кандалакшского залива [Шварев и др., 2015] в сопоставлении с сейсмическими проявлениями разного возраста. D. Позиция уточненного очага землетрясения 1829 года в сопоставлении с сейсмолинеаментами Белого моря

Макросейсмические данные свидетельствуют о наличии землетрясений и с поперечной к основным структурам грабена ориентировкой осей макросейсмического поля – 1550, 1911 и 1967 гг. Пространственно они совпадают (соотносятся) с поперечными морфоструктурами меньшего порядка, вероятно, трассирующими поперечные активные разломы. Такие намечаются и в восточной части Беломорского бассейна, особенно в Горле Белого моря. Сопоставление фрагментов уступов с установленными эпицентрными областями землетрясений позволяет определить главные сейсмогенерирующие элементы. Позиция землетрясений небольшой силы в XXI в., устанавливаемая инструментальными методами (Рис.1А), соотносится с мелкоблоковой структурой, свидетельствуя об активности не только основных структур Кандалакшского грабена. Новые наработки позволяют выделить в районе Беломорья период резкой сейсмической активизации в XVI–XVIII вв., когда за 250–300 лет

возникло пять событий с  $m = 5,5 \div 6,5$ , три из них в Кандалакшском заливе. Другого случая подобной активизации на всем Фенноскандинавском щите неизвестно.

Четкую структурную приуроченность демонстрируют и более поздние и слабые землетрясения, сосредоточенные в основном в западной части бассейна. Данные макросейсмоки свидетельствуют о поперечной к основным структурам грабена ориентировке осей землетрясений 1550, 1911 и 1967 гг. Пространственно они совпадают (соотносятся) с поперечными морфоструктурами меньшего порядка, вероятно, трассирующими поперечные активные разломы. Такие намечаются и в восточной части Беломорья, особенно в Горле. Землетрясения небольшой силы в XXI в. (Рис. 1А) коррелируют с мелкоблоковой структурой. Так вырисовывается система сейсмогенерирующих структур, т.е. сейсмотектонический каркас региона.

### **Литература**

- [1] *Балуев А.С., Журавлев В.А., Терехов Е.Н., Пржиялговский Е.С.* Тектоника Белого моря и прилегающих территорий. Тр. Геол. ин-та. Вып. 597. Отв. Ред. Леонов. М.Г. – М.: ГЕОС, 2012. – 104 с.
- [2] *Романенко Ф.А., Шилова О.С.* Послеледниковое поднятие Карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений полуострова Киндо // ДАН, 2012. Т. 442, №4. – С. 544–548.
- [3] *Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., Арсланов Х.А.* Перемещение береговой линии Белого моря и гляциоизостатическое поднятие суши в голоцене // ДАН. 2012. Т. 442. №2. – С. 263–267.
- [4] *Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Лисицын А.П., Евзеров В.Я., ван Беек П., Суо М., Субетто Г.Д.* Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН, 2012. Т. 446. №2. – С. 183.
- [5] *Романенко Ф.А., Баранская А.В.* Дифференцированные вертикальные движения и блоковая тектоника побережий Кандалакшского залива Белого моря // IV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, – Санкт-Петербург, ФГУП «ВСЕГЕИ», 2015.
- [6] *Николаев Н.И., Бабак В.И., Медянцеv А.И.* Вопросы неотектоники Балтийского щита и Норвежских каледонид // Советская геология. 1967. №3. – С. 3-22.
- [7] *Лукашов А.Д.* Новейшая тектоника Карелии. Л.: Наука, 1976. 109 с.
- [8] Карта геоморфолого-неотектонического районирования Нечер-

- ноземной зоны РСФСР м-ба 1:1500000. Гл. ред. В.И. Бабак. — М.: МГУ, 1980. — 4 л.
- [9] Новейшая тектоника Северной Евразии: Объяснительная записка к карте новейшей тектоники Северной Евразии масштаба 1:5 000 000. РАН Объедин. ин-т физики Земли и др.; Ред. кол. В. Вад. Бронгулев и др.; Ред. А.Ф. Грачев. — М.: ГЕОС, 1998. — 147 с.
- [10] *Трифонов В.Г.* Неотектоника Евразии. — М.: Научный мир, 1999. 252 с.
- [11] *Маев Е.Г., Сафьянов Г.А., Фроль В.В., Зверев С.А.* Мощность осадков и рельеф коренного ложа пролива Великая Салма // Геоморфология, 2010, №1. — С. 59–66.
- [12] *Амантов В.А.* и др. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2011 году // — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, — 80 с.
- [13] *Никифоров С.Л., Кошель С.М., Фроль В.В.* Цифровая модель рельефа дна Белого моря // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 2012. №3. — С. 86–92.
- [14] *Никонов А.А., Шварев С.В.* Сейсмолинеаменты и разрушительные землетрясения в российской части Балтийского шита: новые решения для последних 13 тысяч лет // Матер. Междунар. конфер. «Геолого-геофизическая среда и разнообразные проявления сейсмичности». — Нерюнгри: Изд-во Техн. ин-та (ф) СВФУ, 2015. — С. 243–251.
- [15] *Рыбалко А.Е., Федорова Н.К., Никитин М.А., Токарев М.Ю.* Геодинамические процессы в Кандалакшском заливе Белого моря и их роль в формировании покрова современных осадков // Матер. XX Междунар. научной конфер. (школы) по морской геологии. — М., 2013. Т. III. — С. 237–241.
- [16] *Шварев С.В., Никонов А.А., Фроль В.В.* Морфоструктура, тектоническая и сейсмическая активность в бассейне Белого моря: анализ на основе ЦМР, геологических и сейсмических данных // Геоморфологические ресурсы и безопасность: от теории к практике. Всеросс. конфер. 2015. — С. 199–202.
- [17] *Никонов А.А.* Землетрясения на Архангельской земле // Поморье в Баренц-регионе: экология, экономика, социальные проблемы, культура: Тезисы докл. III Междунар. конференции. — Архангельск, 1997. — С. 88–89.