

Д.А. КОТЛЯРОВ

Морфогенез береговой зоны Ольской лагуны Охотского моря

Рассматриваются основные вопросы классификации берегов, а также формирования береговой зоны (берег и подводный береговой склон) под действием волновых и неволновых факторов. Раскрываются морфология и типы берегов Ольской лагуны с их кратким описанием, изучаются аспекты формирования берегового бара в южной части лагуны.

Ключевые слова: береговая зона, классификация берегов, волновые и неволновые процессы, абразионные и аккумулятивные берега, лагуны, аккумулятивные отложения, береговой бар, коса, пляжи неполного профиля, отмель и приглубый берег.

Morphogenesis of the coastal zone of the Ola lagoon in the Sea of Okhotsk. D.A. KOTLYAROV (North-Eastern State University, Magadan).

The article discusses the main issues of coastal classification, as well as the formation of the coastal zone (coast and underwater coastal slope) under the influence of wave and non-wave factors. The morphology and types of shores of the Ola lagoon with their brief description are revealed, aspects of the formation of the coastal bar in the southern part of the lagoon are studied.

Key words: coastal zone, coastal classification, wave and non-wave processes, abrasion and accumulative shores, lagoons, accumulative deposits, coastal bar, spit, beaches of incomplete profile, shallow and deep coast.

Введение

Ольская лагуна расположена в северо-восточной части Тауйской губы Охотского моря. Общий вид лагуны представлен относительно правильной куполообразной формой с низким аккумулятивным юго-западным и частично западным берегом и относительно высокими абразионно-аккумулятивными северным, восточным и юго-восточным берегами, а также береговым баром в южной части лагуны. Связь с морем осуществляется через проливы, сформировавшиеся между примыкающими к материковой части с юго-запада и юго-востока косами, а также аккумулятивными надводными островами, входящими в состав берегового бара.

Внутренняя береговая линия лагуны имеет относительно слабое расчленение, связанное с незначительным присутствием крупных выступающих или врезающихся элементов – полуостровов, мелких бухт, кос и т.д. Отдельные участки, врезающиеся в сушу, имеются в северо-западной и северо-восточной частях лагуны в форме небольших бухт. И только в юго-западной и юго-восточной частях лагуны есть достаточно изрезанные участки береговой линии, представленные крупными заливами, сформировавшимися между материковой частью и косами, примыкающими к ней.

КОТЛЯРОВ Дмитрий Анатольевич – кандидат географических наук, доцент (Северо-Восточный государственный университет, Магадан). E-mail: svms@sapo.pt

Материалы и методы

Согласно данным геологической карты Магаданской области коренные берега северной и восточной частей лагуны представлены прочными интрузивными магматическими породами – гранодиоритами и кварцевыми монцонитами мезозойского возраста. Западный берег лагуны сложен осадочными толщами раннеэоценового возраста (миоцен) и имеет обширные аккумулятивные отложения в виде речных наносов обломочного терригенного материала в устье реки, а также морских пляжей разной ширины¹.

Как отмечают советские и российские геоморфологи, изучающие морские берега, в целом на формирование береговых зон преобладающее влияние оказывают волновые процессы в море и продольно-поперечное перемещение морских наносов [4, 10]. Так, В.П. Зенкович отмечает, что энергию для береговых процессов поставляют в основном морские волны, а также, в меньшей степени, приливные течения и течения неволнового генезиса. Кроме того, автор указывает и прочие факторы, не имеющие отношения к морской природе. К неволновым процессам, по его мнению, относятся такие, как вынос аллювия, непосредственное воздействие ветра, склоновые гравитационные процессы (обвалы, оползни), жизнедеятельность морских организмов и т.д. [6–8].

Согласно предложенной Институтом океанологии РАН морфогенетической классификации берегов они разделяются на три основные группы в зависимости от факторов, которые обусловили их формирование:

берега, которые сформированы эндогенными и экзогенными процессами и мало измененные морем (вулканизм, тектоника, деятельность ледников, рек и т.д.);

берега, сформировавшиеся под действием неволновых факторов;

берега, сформировавшиеся под действием волновых процессов.

Для анализа формирования береговой зоны Ольской лагуны широко использовались морфографический и морфометрический, а также картографический и дистанционный методы.

Результаты и их обсуждение

В морфологическом отношении Ольская лагуна относится к типу лагун, которые сформировались на морских берегах и в которые практически не поступают речные воды. Основное устье р. Ола расположено западнее лагуны и приходится на открытую часть Тауйской губы Охотского моря. Тем не менее значительное поступление речных вод, а вместе с ними и твердого обломочного материала осуществляется посредством многочисленных протоков в устье реки, часть которых периодически заполняется аккумулятивным материалом с последующим формированием новых временных протоков (рис. 1).

Рассмотрим основные факторы, оказавшие непосредственное влияние на морфогенез береговой зоны Ольской лагуны, а также охарактеризуем типы берегов, сформировавшиеся в пределах ее акватории. Следует отметить, что ответ на вопрос о том, какой же фактор был главным при формировании берегов Ольской лагуны, достаточно очевиден. Однако необходимо сформулировать вопрос в ином аспекте, а именно, в какой степени каждый из факторов оказал влияние на формирование типов берегов. Действительно, анализ морфогенеза береговой зоны Ольской лагуны показал, что первостепенное влияние на ее формирование оказали волновые процессы (волно-прибойное и продольно-поперечное перемещение наносов) и тектоника (медленное опускание земной коры). В меньшей степени проявилось влияние неволновых процессов, к числу которых с учетом географического месторасположения Ольской лагуны следует отнести такие, как приливно-отливные

¹ Геологическая карта Магаданской области. – https://vsegei.ru/ru/info/gisatlas/dvfo/magadanskaya_obl/ (дата обращения: 01.10.2021).

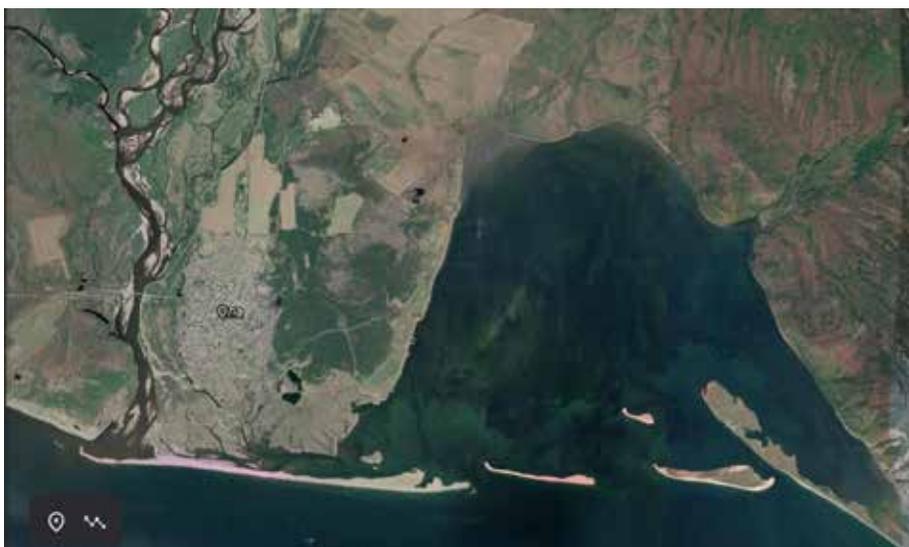


Рис. 1. Общий вид Ольской лагуны (снимок из космоса)

процессы, а также вынос, аккумуляция и перемещение аллювия. Ольская лагуна уникальна уже тем, что для берегов в разных частях ее внутренней акватории характерны одновременно процессы и аккумуляции, и абразии, а следовательно – формирование аккумулятивных и абразионно-аккумулятивных типов берегов при непосредственном «наложении» прочих факторов, о которых говорилось выше. И такая особенность характерна для значительной части береговой линии всего североохотоморского побережья.

Как отмечено выше, роль волновых процессов в формировании берегов Ольской лагуны является одной из определяющих и обусловлена как разрушающей, так и аккумулятивной деятельностью. Как правило, аккумулятивные типы берегов развиваются за счет того обломочного материала, который приносится вдольбереговыми перемещениями наносов либо с участков, подверженных процессам абразии, либо с участков, на которых происходит накопление твердого материала, выносимого речными водами. Береговые надводные или подводные валы, а также пляжи являются главными морфоскульптурными элементами аккумулятивных форм. С волновыми факторами связаны и обратные процессы – процессы абразии. Так, размыв и разрушение аккумулятивных участков часто приводят к формированию абразионного берега. Для одних участков характерно отступление абразионного берега и нарастание внешнего контура аккумулятивных форм, для других – сокращение внешнего контура аккумулятивных форм и усиление разрушения абразионного берега. Необходимо отметить, что волновые факторы также участвуют в формировании берегового бара на юге Ольской лагуны, возникновение которого связано с поперечным перемещением наносов по отлогому ровному дну вдоль подводного берегового склона. До появления берегового бара интенсивность волновых процессов, оказывающих влияние на формирование берегов, была значительно выше, чем после его появления. Это связано с тем, что надводные бары в сочетании с отмельным берегом существенно гасят и рассеивают энергию приходящих волн, снижая интенсивность эрозии в береговой зоне [1–3].

Тектонические процессы и явления, характерные для территории северного побережья Охотского моря, также являются немаловажным фактором формирования береговой зоны Ольской лагуны. Согласно теории берегового цикла развития рельефа американского географа Д. Джонсона, берега поднятия – аккумулятивные, а берега опускания – абразионные. Тем не менее советские исследователи разработали положение о том, что формирование аккумулятивных или абразионных берегов определяется не только вертикальными тектоническими движениями, но и уклоном дна в прибрежной зоне. Так, аккумулятивные

типы формируются на отмелях берегах, а абразивные – на приглубых. При этом в случае интенсивного поднятия берега формируются аккумулятивные террасы. Это позволяет концентрировать обломочный материал, выносимый местными реками и ручьями. В случае интенсивного опускания береговой зоны происходят эрозия уже аккумулятивных отложений, их транспортировка и перетолжение обломочного материала в более глубоких частях морского дна² [11, 13].

Согласно результатам исследований современных вертикальных движений земной коры на территории северного побережья Охотского моря, для ее отдельных участков характерна локальная трансгрессия, где скорость опускания земной коры колеблется в интервале от –2 до –4 мм/год (рис. 2). К числу таких участков относится и Ольская лагуна. В целом для незначительной части акватории Ольской лагуны характерен отмельный тип берега, имеющий уклон прибрежного дна в пределах от 0°1' до 0°30', что способствует формированию аккумулятивных береговых форм. Особенно это проявляется в юго-западной и южной частях лагуны при образовании берегового бара, который может развиваться как на регрессивных, так и на трансгрессивных берегах. Для большей части лагуны характерны участки морского дна, превышающие указанный уклон, а следовательно, формируются приглубый берег и абразивные формы береговой линии (например, в северной, восточной и юго-восточной частях лагуны) [5].

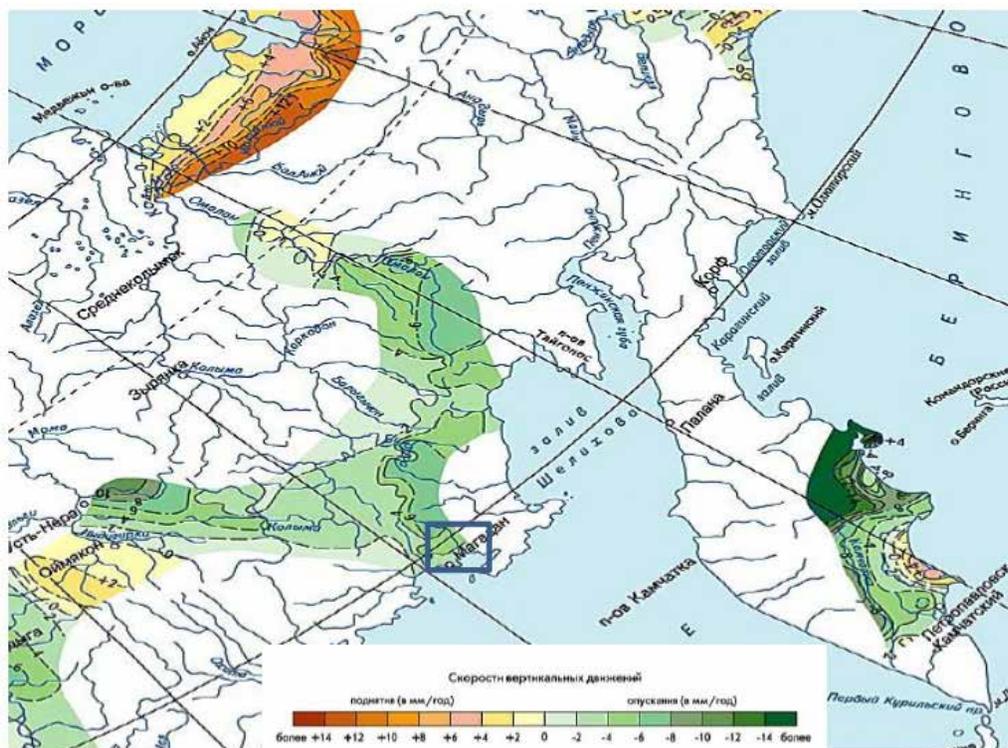


Рис. 2. Вертикальные неотектонические движения земной коры в районе Ольской лагуны [12]

Роль приливо-отливного фактора в формировании береговой зоны Ольской лагуны определяется тем, что на данной территории наблюдаются одни из самых интенсивных приливов и отливов не только в России, но и в мире. Отливы и приливы формируют обширные прибрежные зоны, в пределах которых осуществляются транспортировка и

² Морфология берегов. – <http://racechron.ru/obschee-zemlevedenie/5154-morfologiya-beregov.html> (дата обращения: 08.10.2021).

переотложение значительного объема терригенного осадочного материала. Поступающая в лагуну во время приливов вода формирует так называемую приливную (водную) призму, участвующую в формировании донно-береговых отложений из обломочного аллювиального материала, приносимого вдольбереговыми течениями и реками. Приливно-отливные явления усиливают процессы формирования отмелого берега. На таких берегах приливы являются важным фактором аккумуляции наносов.

Исследователи установили, что в основе аккумулятивной деятельности приливов и отливов лежит разница их скоростей [9]. Как правило, скорость приливного течения выше, чем скорость отливного течения. Поэтому весь обломочный материал, который находится в водной массе во взвешенном состоянии или влекомый по морскому дну, перемещается в сторону берега во время прилива. При этом отливным течением он не может быть весь унесен обратно. Во время каждого цикла «прилив–отлив» часть морских наносов остается у мелководного берега. В результате в зоне приливно-отливных перемещений водных масс происходит формирование аккумулятивной формы, получившей название «осушка». Таким образом, аккумулятивная деятельность приливов приводит к постепенному переносу осадочного материала в сторону берега и образованию новых участков суши в прибрежной зоне. При тектоническом опускании, характерном для Ольской лагуны, приливные волны перемещают осадочный материал со дна более глубоких участков ближе к берегу в юго-западной части лагуны. Также следует отметить, что приливные течения в зонах отмелого берега или мелководья могут развивать существенные скорости, эродировать дно и образовывать подводные элементы рельефа, например линейные руслообразные выработанные элементы рельефа или песчаные гряды. На рис. 1 четко прослеживаются подводные русла и желобообразные формы, характерные для дна Ольской лагуны, особенно в районе проливов, сформировавшихся между островами бара.

Немаловажным фактором, участвующим в формировании береговой зоны лагуны, является объем выноса аллювия. Для Ольской лагуны характерна аккумуляция обломочного материала твердого речного стока, приносимого многочисленными мелкими ручьями. Тем не менее общий объем твердого речного стока незначительный, поскольку мелкие



Рис. 3. Устье р. Ола и коса берегового бара

горные водные потоки – короткие и маловодные, они увеличивают свой сток только в период летне-осенних осадков. А многие ручьи, впадающие в лагуну, пересыхают в сухой сезон, тем самым прекращая вынос обломочного материала. Вторым фактором, определяющим незначительный вынос обломочного материала, является то, что большая часть водных потоков, впадающих в лагуну, протекает по территории, сложенной твердыми магматическими горными породами, подвергающимися слабой эрозии. Единственный источник переноса большого количества твердого обломочного материала – р. Ола, в ее дельте имеется система многочисленных протоков, через которые осуществляется вынос аллювия в юго-западную часть лагуны (рис. 3).

В дальнейшем выносимый аллювиальный материал участвует в формировании берегового бара. Кроме того, часть аллювия привносится в лагуну приливными течениями через систему проливов, сформировавшихся между островами, и аккумулируется в юго-западной части лагуны в форме прислоненных пляжей неполного профиля.

Таким образом, в формировании береговой зоны Ольской лагуны активно участвует множество факторов, которые в разной степени влияют на основные процессы морфогенеза ее берегов. В целом береговая линия Ольской лагуны относительно выровнена. Процесс выравнивания береговой линии зависит не только от интенсивности волновых процессов и рефракции волн, но и от степени расчленения исходной береговой линии, а также прочности пород, слагающих берег.

Рассмотрим типы берегов, сформировавшихся под действием этих факторов.

Юго-западный и частично западный берега лагуны относятся к типичным аккумулятивным низким морским берегам, которые формируются в отмелой части прибрежных зон и подвержены значительному влиянию волновых процессов и процессов приливно-отливного генезиса с миграцией и отложением обломочного материала, выносимого речными водами. Аккумулятивные отложения примыкают к коренному берегу и формируют достаточно широкий прислоненный пляж, или пляж неполного профиля, который одним склоном обращен к морю. Ширина пляжей составляет несколько десятков метров, они сложены песчаным и галечно-гравийным материалом. Для этого берега характерны также обширные зоны осушки, формируемые в фазе отлива.

В северной части лагуны идет процесс формирования относительно высокого абразионно-аккумулятивного берега. Важным фактором, предопределяющим абразионное или аккумулятивное развитие берега, является бюджет или баланс наносов на отдельных участках береговой зоны. Как отмечено выше, для Ольской лагуны характерно тектоническое опускание территории, которое в основном способствует формированию абразионного берега. Объем выносимого мелкими реками и ручьями обломочного материала, а также его перенос и отложение из юго-западной аккумулятивной части лагуны только частично компенсируют абразионную деятельность. Аккумулятивные формы в виде пляжей неполного профиля имеют крайне незначительную (несколько метров) ширину, недостаточную для полного гашения энергии приходящих волн.

Восточный и особенно юго-восточный берег Ольской лагуны относится к высоким гористым абразионным берегам, сформированным эндогенными процессами (тектоника) и подверженным волновой эрозии, но мало измененным морем. Аккумулятивные отложения либо полностью отсутствуют, либо имеют незначительную мощность. На крайнем юго-востоке лагуны имеется полуостров, внешне напоминающий косу, но являющийся продолжением коренного берега, сложенного магматическими горными породами. Лишь в северной части этого полуострова, а также в той части, которая обращена в сторону Тауйской губы, имеются незначительные аккумулятивные отложения обломочного материала в виде узких прибрежных пляжей. Баланс наносов осадочного материала не позволяет компенсировать абразионную деятельность, связанную с медленными тектоническими процессами опускания данного участка земной коры. Интенсивность опускания здесь выше скорости накопления аккумулятивного материала. Частично приглубый берег позволяет волнам относительно беспрепятственно достигать береговой линии, производя

разрушительную работу под действием энергии волн. Однако интенсивность волновой эрозии незначительна и определяется наличием прочных магматических горных пород, слагающих данный берег, а также наличием в южной части лагуны островов берегового бара, которые частично гасят энергию приходящих волн (рис. 1).

Южная оконечность лагуны представлена типичной аккумулятивной формой в виде берегового бара, который в западной части примыкает к берегу, а в центральной части имеет вид островного бара. Береговой бар находится на второй стадии своего развития с тенденцией перехода к третьей стадии. Так, по мнению О.К. Леонтьева и Г.И. Рычагова, береговой бар в своем развитии проходит подводную, островную и береговую стадии [9]. Подводный бар формируется полностью за счет придонных морских вод и, как правило, привязан к зоне перехода отмели к подводному склону. При этом островной бар поднимается над водой, но не соединяется с берегом ни в одной точке. В образовании островного и берегового баров, как правило, принимает участие волноприбойный поток.

Процесс «срастания» островов начался в западной части Ольской лагуны, но не завершился в ее центральной части. Общий вид рельефа косы и островного бара – относительно плоские и низкие участки суши, сложенные аллювиальным песчаным материалом с мелководных участков морского дна. Длина косы составляет около 5 км при максимальной ширине в 260 м, а максимальная длина островов бара достигает 1,8 км при ширине 25–500 м. Несмотря на то что береговые бары, как правило, формируются на поднимающихся берегах, которые не характерны для данного участка территории, испытывающего медленные тектонические опускания, процесс формирования берегового бара продолжается до настоящего времени.

Заключение

Анализ морфогенеза береговой зоны Ольской лагуны позволяет сделать следующие краткие выводы. Во-первых, на формирование берегов Ольской лагуны основное влияние оказали как волновые процессы (волно-прибойные и продольно-поперечное перемещение наносов), так и неволновые факторы, к числу которых следует отнести тектонические движения, приливно-отливные процессы, а также вынос, аккумуляцию и перемещение аллювия. Процесс формирования и выравнивания береговой линии зависит не только от интенсивности волновых процессов и рефракции волн, но и от степени расчленения исходной береговой линии, а также прочности пород, слагающих берег.

Во-вторых, для береговой зоны Ольской лагуны характерно одновременное развитие разнонаправленных процессов как аккумуляции, так и абразии при непосредственном «наложении» прочих факторов, важнейшим из которых является тектонический фактор (медленное опускание территории). Как правило, процессы аккумуляции получили развитие в юго-западной и южной части (формирование берегового бара) и частично на западной окраине лагуны (формирование пляжей неполного профиля, прислоненных к уступу коренного берега). Интенсивность процессов аккумуляции усиливается дополнительным выносом аллювия, который, перемещаясь вдольбереговыми течениями, участвует в развитии берегового бара. Абразионно-аккумулятивные и абразионные процессы получили преимущественное развитие на высоких скальных берегах в северной, восточной и юго-восточной частях лагуны. Берега сложены твердыми кристаллическими горными породами и содержат незначительное количество абразивного обломочного материала, который перерабатывается в более глубоких участках приглубого берега.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.В. Морфолитодинамика лагунных проливов Северо-Восточного Сахалина // Геоморфология. 2019. № 2. С. 79–94. <https://doi.org/10.31857/S0435-42812019279-94> (дата обращения: 10.10.2021).

2. Бровко П.Ф., Дзен Г.Н., Жуковина М.Г., Малогин А.В. Лагунные берега Тихоокеанской России: факторы эволюции и природопользование // Тихоокеан. география. 2020. № 1. С. 40–47.
3. Бровко П.Ф., Васина М.В., Дзен Г.Н., Жуковина М.Г., Малогин А.В., Меньчик А.А. Лагуны острова Сахалин – уникальные объекты природного наследия // Региональные аспекты географических исследований и образования: сб. статей. Пенза: Изд-во ПГУ, 2019. С. 92–95.
4. Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа: Материалы научной конференции памяти Павла Алексеевича Каплина (Москва, 2–3 февраля 2017 г.) / под ред. Т.А. Яниной, Т.С. Кловиткиной. М.: Географический факультет МГУ, 2017. 211 с.
5. Геологический словарь: в 2-х томах / под ред. К.Н. Паффенгольца и др. М.: Недра, 1978. 487 с.
6. Зенкович В.П. Морской берег. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1952. 72 с.
7. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
8. Зенкович В.П. Тихий океан. Берега Тихого океана. М.: Наука, 1967. 373 с.
9. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Общая геоморфология: учеб. пособие для географ. специальностей вузов. М.: Высш. школа, 1979. 287 с.
10. Морские берега – эволюция, экология, экономика: материалы XXIV Междунар. береговой конференции, посвящ. 60-летию со дня основания Рабочей группы «Морские берега». Краснодар: Изд. дом «Юг», 2012. Т. 2. 404 с.
11. Наймарк А.А., Резанов И.А. Вопросы неотектоники Северо-Востока СССР // Изв. Акад. наук СССР. Серия географ. 1969. № 3. С. 73–79.
12. Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология. 2007. Геологическое строение и ресурсы недр. Новейшая тектоника. Масштаб 1 : 15 000 000 / отв. ред. Г.Ф. Кравченко, редкол. А.В. Бородко и др.; под общ. рук. Министерства транспорта Российской Федерации и Роскартографии. М.: ПКО «Картография», 2007. С. 46–51.
13. Резанов И.А. Вопросы новейшей тектоники Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1964. 148 с.