



ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ АКТУАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ СРЕДНЕМАСШТАБНОГО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ П-ОВА ЯМАЛ)

О. С. Сизов, старший научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа РАН
(Москва), kabanin@yandex.ru

В работе на примере полуострова Ямал рассматриваются подходы к актуализации методики среднемасштабного (1:200 000—1:1 000 000) геоморфологического картографирования. В частности, приводятся краткие результаты решения отдельных картографических задач: обеспечения дистанционными данными и ЦМР, картографирования отдельных форм рельефа, определения базовых морфометрических показателей и выявления достоверных дистанционных дешифровочных признаков обстановок ледникового, морского и иных типов рельефообразования. На основе полученных результатов, а также российского и мирового опыта рассматриваются существующие дискуссионные вопросы среднемасштабного геоморфологического картографирования: теоретические, методические, картографические и организационные. При этом на примере Ямала наибольший интерес вызывает разработка методов решения фундаментальных проблем истории развития рельефа. В частности, изучение плейстоценовых морских трансгрессий и покровных оледенений на территории полуострова, их пространственных и временных взаимоотношений, а также выраженности в рельефе (на основе дистанционных признаков).

The paper examines the approaches for updating medium-sized (1:200 000—1:1 000 000) geomorphological mapping in the case study of the Yamal Peninsula. In particular, the results of the individual map tasks solving are given: providing with remote data and DEM, mapping of individual relief forms, defining basic morphometric parameters and detecting reliably the remote decryption features of the conditions for glacial, marine and other types of relief formation. On the basis of these and the Russian and international experience results, the existing controversial issues of medium-geomorphological mapping are considered: theoretical, methodological, and organizational mapping. Herewith, in the Yamal Peninsula's case study, of greatest interest is the development of the methods for solving the fundamental problems of the history of relief, in particular, the study of Pleistocene marine transgressions and glaciation on the Yamal Peninsula, their spatial and temporal relations, as well as the manifestation in the relief (based on remote indication).

Ключевые слова: Ямал, геоморфологическое картографирование, ЦМР, дистанционное зондирование.

Keywords: the Yamal Peninsula, geomorphological mapping, DEMs, remote sensing.

Введение. История развития рельефа на полуострове Ямал вот уже несколько десятилетий вызывает споры между приверженцами ледниковой и морской (ледниково-морской) концепций [1, 2]. За последние годы в ходе многочисленных полевых исследований и на основе современных методов датирования (OSL) были получены фактические данные, подтверждающие существование здесь в позднем плейстоцене как покровных оледенений [3], так и морских трансгрессий [4]. Полученные результаты во многом учитываются в ходе масштабных работ по обновлению и актуализации геологических и геоморфологических карт среднего и мелкого масштаба, проводимых в том числе силами ВСЕГЕИ в пределах территории России [5].

В большинстве исследований, посвященных методам геоморфологического картографирования, в качестве фактической основы для создания карт указывается необходимость использования аэрофото- и космических снимков земной поверхности [6, 7].

Среднемасштабные геоморфологические карты и карты четвертичных отложений по мере готовности становятся доступны широкому кругу пользователей [8], что дает возможность провести независимую оценку результатов на основе современных пространственных данных, полученных дистанционными методами.

Целью данной работы является рассмотрение дискуссионных вопросов актуализации методики среднемасштабного (1:200 000—1:1 000 000) геоморфологического картографирования и поиск путей оптимизации, повышения производительности и достоверности итоговых картографических произведений.

Материалы и район исследований. В рамках данного исследования в качестве модельного района был выбран полуостров Ямал, поскольку территория достаточно хорошо изучена, в том числе в геоморфологическом отношении. Ежегодно на различных участках проводятся как прикладные, так и фундаментальные полевые исследования, что позволяет получить наземные подтверждения или опро-

вержения результатов обработки дистанционных данных по материалам независимых друг от друга научных коллективов.

Несмотря на многолетнюю историю изучения полуострова, здесь до настоящего времени существуют неразрешенные фундаментальные проблемы генезиса рельефа, которые приводят к разработке значительно отличающихся подходов при решении прикладных крупномасштабных геоморфологических задач (оценка динамики эрозионных процессов, картографирование отдельных геоморфологических форм и др.).

Необходимость однозначной трактовки геоморфологических обстановок обусловлена не только природными особенностями, но и необходимостью безопасного хозяйственного освоения территории, масштабы которого неуклонно увеличиваются с вводом в эксплуатацию новых производственных мощностей по добыче и транспортировке углеводородов.

Территория полуострова имеет явные природные границы, что определяет дискретность рельефообразующих процессов, за исключением границы с северным Уралом, где происходит интерференция форм горного и покровного оледенений. Размеры полуострова, с учетом современных информационных возможностей, позволяют рассмотреть его полностью в среднем масштабе. При этом практически на любой участок доступны дистанционные данные крупных масштабов.

Актуализация методики среднемасштабного картографирования связана, в первую очередь, с введением в практическую деятельность современных источников пространственных данных с акцентом на материалы, получаемые дистанционными методами, т. е. не испытывающие субъективного влияния наблюдателя. К таким материалам можно отнести:

— мультиспектральные космические снимки (МКС) — результат многозональной съемки земной поверхности с космических аппаратов, находящихся на низкой околоземной орбите. В сегменте среднего пространственного разрешения, соответствующего средним картографическим масштабам, существует возможность бесплатного получения материалов съемки вплоть до детальности 10 м/пикс. [9];

— цифровые модели рельефа (ЦМР) — регулярные растровые сетки, содержащие информацию об абсолютной высоте для каждой ячейки как проекции участка земной поверхности. Преимущество отдается моделям, созданным путем непосредственных инструментальных измерений, поскольку вторичная интерполяция высотной информации топографических карт вносит существенные искажения и сопровождается потерей

детализации. Основными способами получения ЦМР являются автоматическая обработка оптических стереоизображений [10] и интерферометрическая обработка радиолокационных данных [11].

Большое значение имеют архивные (60—70-е гг.) материалы фотосъемок как с летательных, так и с космических аппаратов. В настоящее время доступ к российским архивам съемки затруднен, но существует возможность получения (бесплатного, либо за небольшую плату) съемки с американских разведывательных спутников, вплоть до снимков с разрешением 1,5—2 м/пикс. [12]. Снимки поставляются в виде сканированных растровых изображений исходной фотопленки и после дополнительной обработки применимы для цифрового картографирования в геоинформационных системах (ГИС).

В качестве анализируемых геоморфологических карт выступают листы геологических карт масштабов 1:200 000, 1:1 000 000 [13], а также мелкомасштабные карты четвертичных образований [14] и соответствующие карты из атласов Тюменской области и Ямало-Ненецкого автономного округа [1, 15].

Задача подбора оптимальных исходных пространственных данных является первичной при геоморфологическом картографировании и на примере Ямала подробно рассматривается ниже.

Результаты. Методология геоморфологического картографирования, в том числе с использованием дистанционных данных, довольно подробно рассмотрена в многочисленных работах [6, 16—18]. Не ставя под сомнение высокий теоретический уровень разработанных ранее методик, процесс решения ряда частных картографических задач тем не менее претерпел существенные изменения. В рамках данной работы на примере полуострова Ямал была предпринята попытка актуализации и оптимизации решения отдельных задач в среднем масштабе:

1. Задача обеспеченности дистанционными данными. Наличие в открытом доступе архивных и актуальных материалов МКС среднего пространственного разрешения за весь период работы целевой аппаратуры [9, 19] позволило создать на всю территорию полуострова безоблачные мозаичные спутниковые покрытия со следующими параметрами:

1985 г., 1988—1990 гг. — съемка со спутника Landsat-5, включающая 6 мультиспектральных каналов с пространственным разрешением 30 м/пикс., радиометрическое разрешение составляет 8 bit.

2000—2003 гг., съемка со спутника Landsat-7, включающая 6 мультиспектральных каналов с

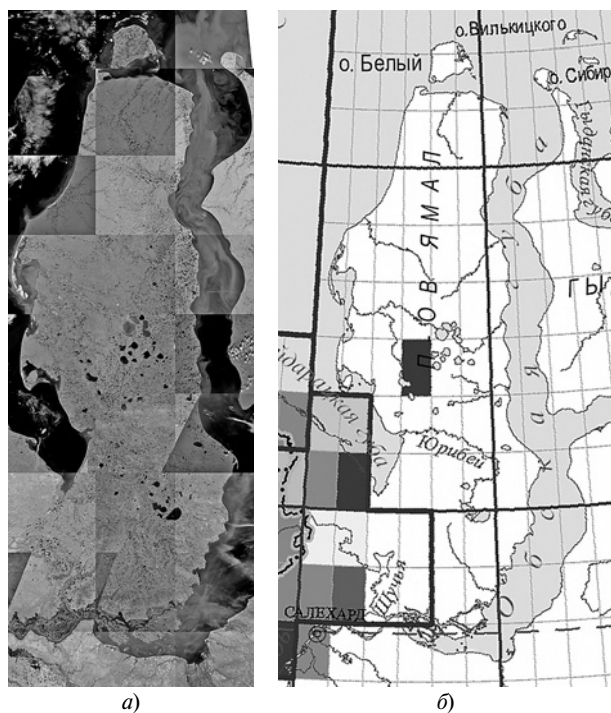


Рис. 1. а — мозаика безоблачных космических снимков со спутника Sentinel-2 [9] за 2016 г. на территорию полуострова Ямал; б — схема обеспеченности ГК-200/2 ДО масштаба 1:200 000 по состоянию на 01.07.2016 г. [13]

пространственным разрешением 15 м/пикс., радиометрическое разрешение составляет 8 bit.

2013—2014 гг. (зимний период), 2013—2015 гг., съемка со спутника Landsat-8, включающая 6 мультиспектральных каналов с пространственным разрешением 15 м/пикс., радиометрическое разрешение составляет 16 bit.

2016 г., съемка со спутника Sentinel-2 (рис. 1, а), включающая 4 мультиспектральных канала с пространственным разрешением 10 м/пикс., радиометрическое разрешение составляет 16 bit.

Полученные спутниковые мозаики являются аналогами дистанционной основы, используемой при создании государственных геологических карт. При этом получение подобных мозаик максимально автоматизировано, что позволяет для любого участка в пределах полуострова получить не менее трех разновременных изображений с разницей 10—15 лет. Данный подход практически снимает проблему получения дистанционной основы, которая сохраняется до последнего времени (рис. 1, б).

Для детальной оценки динамики экзогенных процессов на отдельные участки в центральной и южной частях полуострова были созданы мозаики архивных панхроматических снимков со спутников программы CORONA (1968—1972 гг., пространственное разрешение 2—5 м/пикс.) [12].

Дополнительно была проведена систематизация топографических карт, которые хоть и не относятся к дистанционным данным, тем не менее являются важным информационным слоем, обеспечивая географическую основу проводимых работ. На всю территорию работ были получены непрерывные растровые покрытия топографических карт масштаба 1:50 000 и 1:200 000 на основе материалов открытых источников [20].

2. *Задача обеспеченности ЦМР.* Незаменимым информационным источником применительно к геоморфологическому картографированию являются ЦМР. В ходе работ на основе открытых источников [10, 19, 21] на весь полуостров были получены следующие модели рельефа:

— AsterGDEM — результат обработки стереоизображений ASTER, размер растровой ячейки составляет 30 м, модель отличается большим количеством артефактов, особенно в северных широтах;

— AlosDEM — результат обработки стереоизображений ALOS PRISM, размер растровой ячейки составляет 25 м, модель отличается наличием пропусков в покрытии, однако является максимально детальной из открытых моделей рельефа на текущий момент;

— TopoDEM — результат оцифровки и гидрологически корректной интерполяции топографических масштаба 1:200 000, размер растровой ячейки составляет 27 м, модель используется в качестве вспомогательной.

Помимо перечисленных ЦМР значительным потенциалом обладает модель на основе данных с радарных спутников TerraSAR-X и TanDEM-X [11]. Модель создана в глобальном масштабе и пока имеет ограниченное распространение. В настоящее время доступны обзорные изображения на весь полуостров, позволяющие оценить только наиболее крупные формы рельефа.

3. *Задача картографирования отдельных форм рельефа.* Выявление отдельных форм рельефа представляет интерес прежде всего с точки зрения поиска индикаторов основных обстановок рельефообразования. В данной работе картографирование отдельных форм рассматривается на примере разработки методики выявления бугров пучения. Основной методический прием заключается в использовании зимних снимков территории, на которых за счет низкого положения Солнца и отсутствия растительности создается визуальный аналог теневой отмывки рельефа. Подобная особенность зимних снимков уже отмечалась в некоторых исследованиях [22, 23], однако на примере Ямала впервые была проведена работа по сплошному картографированию бугров пучения с верификацией большинства объектов

по летним мультиспектральным снимкам среднего и высокого разрешения. Успешность применения полученной методики позволяет экстраполировать ее на другие арктические регионы в рамках работ по уточнению и детализации среднemasштабных карт.

Всего в результате дешифрирования было выявлено порядка 7000 объектов, распределенных по 8 классам, которые с большей или меньшей долей вероятности можно отнести к буграм пучения, сформировавшимся на различных геоморфологических уровнях. Успешность применения полученной методики позволяет экстраполировать ее и на другие арктические регионы в рамках работ по уточнению и детализации среднemasштабных карт.

4. Задача определения базовых морфометрических показателей. Представление пространственных данных в цифровом виде позволяет автоматизировать процесс создания морфометрических карт. Наибольший интерес представляют карты заозеренности, густоты эрозионной сети и водосборных бассейнов. Подобные карты могут служить вспомогательными материалами при выделении границ аккумулятивных озерных равнин, водораздельных участков, а также территорий, не несущих следов ледниковой или морской обработки.

На примере Ямала была разработана методика создания карты заозеренности на основе дешифрирования мультиспектральных снимков Landsat-8, которая включает следующие шаги:

— автоматическое дешифрирование на основе спутниковой мозаики всех водных объектов по состоянию на 2013—2015 гг.;

— векторизация и фильтрация полученных результатов как по типу (удаление русел рек), так и по площади (учитывались объекты не менее 1 га);

— растеризация векторного слоя и расчет средней площади водной поверхности в скользящем окне размером 500×500 м с возвращением центроидов в виде точечных объектов со значением площади в атрибуте;

— интерполяция точечных объектов в виде непрерывного раstra заозеренности с заданным размером ячейки.

Появление готовых для использования баз данных водных объектов [24] позволяет еще более упростить процесс создания подобных карт. Кроме того, появляется возможность расчета параметров заозеренности для определенных временных интервалов с последующей оценкой динамики абразионных и термокарстовых процессов для обширных территорий.

5. Задача поиска достоверных дистанционных дешифровочных признаков обстановок ледникового,

морского и иных типов рельефообразования. Анализ литературных источников и изучение особенностей строения рельефа высоких широт, сложившегося в различных условиях, показывает, что существуют устойчивые во времени дистанционные признаки, позволяющие судить о генезисе и пространственных границах распространения основных факторов рельефообразования. На примере Ямала были установлены признаки:

— ледниковой обработки рельефа — характерный линейно-грядовый рельеф, выражающийся как в чередовании положительных и отрицательных форм, так и в характере речной сети, кроме того, выделяются характерные признаки конечных и боковых морен, а также зандровых долин и районов погребенных пластовых льдов;

— морских трансгрессий — следы абразионных процессов на протяженных участках, участки морфологически выраженных проливов и затапливаемых в недавнем прошлом озерно-аллювиальных равнин;

— преобладания речной и овражной эрозии без влияния дополнительных рельефообразующих процессов (оледенений, трансгрессий, термокарста), рельеф подобных участков развивался преимущественно в условиях водной эрозии, осложненной в отдельных местах процессами дефляции.

Отдельно можно отметить установленные признаки эндогенных процессов (поверхностные газопроявления), оказывающих в том числе влияние и на формирование рельефа в виде разрушения бугров пучения, образования хасыреев, активизации оползневых процессов [25].

Выделенные признаки во многом являются дискуссионными и могут подвергаться обоснованным сомнениям [26]. Тем не менее, рассматривая рельеф как консервативный природный компонент, описание и систематизация подобных признаков необходимы для разработки методик экспертного геоморфологического дешифрирования и минимизации субъективного влияния при создании карт.

Обсуждение результатов. Анализ российского и зарубежного опыта геоморфологического картографирования районов древних покровных оледенений показывает, что возросшие технические, информационные и коммуникационные возможности находят широкое практическое применение при создании геоморфологических карт.

Значительный интерес представляют геоморфологические и геологические исследования в Канаде, где перспективы картографирования четвертичных отложений (surficial geology) связаны с внедрением широкого перечня дистанционных данных — оптических (мультиспектральных,

гиперспектральных) и радарных космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения, съемки с беспилотных летательных аппаратов, цифровых моделей рельефа (ЦМР), результатов лазерного сканирования, высокоточных измерений спутниковой навигации [27]. На сайте геологической службы Канады представлены как методические работы по обоснованию использования новых типов пространственных данных при картографировании четвертичных отложений и рельефа, так и официальные картографические материалы в растровом и векторном виде (с географической привязкой и атрибутивной информацией) на большую часть территории [28].

Доступность геологических карт и исходных дистанционных данных можно отметить для территории Аляски (США). Для всех заинтересованных пользователей есть возможность скачивания мультиспектральных космических снимков с пространственным разрешением вплоть до 1 м, а также цифровых моделей рельефа, созданных на основе лидарной съемки, с размером ячейки 5 м. Материалы представлены как в наиболее распространенных форматах, так и в виде специализированного интернет-сервиса — единого портала геологической информации [29].

В качестве примеров российских геоморфологических исследований, в которых используются дистанционные данные (космические снимки и ЦМР), можно привести картографирование ледникового и приледникового рельефа в Псковской и Московской областях [30, 31], а также восстановление истории формирования рельефа в тундрах Колымской низменности [32].

Работы по среднемасштабному геоморфологическому картографированию Ямала осуществляются в настоящее время преимущественно силами ВСЕГЕИ (совместно с подрядными организациями) [33]. Анализ доступных цифровых наборов геологических карт позволяет предположить значительную долю экспертной работы и высокую трудоемкость создания/обновления каждого номенклатурного листа. При этом в открытых источниках не удалось найти ориентировочных сроков создания полных картографических наборов масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000, в частности на территорию Западной Сибири. В открытых источниках также не удалось найти описания методики использования дистанционных данных при создании карт, упоминания цифровых моделей рельефа в методических рекомендациях единичны [34]. Данные обстоятельства представляют возможность для обсуждения вариантов оптимизации процессов среднемасштабного геоморфологического картографирования. В целом можно выделить четыре группы дискуссионных вопросов:

1. Теоретические вопросы — определяются сохранением у исследователей фундаментальных различий в понимании истории развития территории. На примере Ямала наглядно видно, что различные концепции реализуются в принципиально различающемся содержании карт и пояснительных записок. В частности, морские отложения на карте четвертичных отложений третьего поколения листа Q-42 [35], основанной преимущественно на исследованиях и аэрогеологическом дешифрировании 80-х гг. прошлого века, соответствуют ледниковым отложениям на карте четвертичных отложений масштаба 1:2 500 000, созданной с учетом результатов экспедиции QUEEN [36].

2. Методические вопросы — связаны со слабой проработанностью методик использования актуальных пространственных (прежде всего, дистанционных) данных. При этом очевидно, что уточнение контуров и пространственного положения участков рельефа единого генезиса на обширных труднодоступных территориях возможно только с использованием дистанционных методов. Их разработка, апробирование и практическое внедрение требуют целенаправленных усилий и наличия собственно дистанционных данных, недостаток которых можно отметить для территории Ямала (рис. 1, б). Несмотря на то что существуют отдельные требования к созданию и обработке материалов дистанционного зондирования (дистанционных основ, ДО) [37], интерпретационная часть (схемы дешифрирования, схемы интерпретации результатов дешифрирования) раскрывается только в общих чертах, предполагая экспертный визуальный и интерактивный анализ материалов аэрофото- и космической съемки с учетом имеющейся геологической, геофизической и другой информации в специализированном программном обеспечении. При этом источником для создания ДО, согласно требованиям [37], являются только оптические космические снимки, за исключением специализированного продукта — ДО с ЦМР, упомянутой только в рекомендациях [34] в качестве способа перехода от работы с двухмерным изображением к трехмерному.

3. Картографические вопросы — касаются преимущественно существующих расхождений фактической ситуации с контурами базовых (элементарных) участков. В большинстве случаев подобные ошибки связаны с квалификацией непосредственного специалиста-картографа и осложняются (при использовании визуальных методов дешифрирования) отсутствием дополнительных источников данных соответствующего или более крупного масштаба (достоверных эталонов де-

шифрования, цифровой модели рельефа, снимков за различные сезоны, снимков с более высоким пространственным разрешением, снимков в радиолокационном диапазоне, архивной аэрофотосъемки и др.).

4. Организационные вопросы — относятся к способам управления полученными фактическими данными. Современные информационные возможности позволяют обмениваться не только аналитическими, но и исходными материалами, включая описания разрезов, результаты бурения, протоколы лабораторных анализов, подробные результаты моделирования, пространственные данные в исходном качестве и др. В качестве примера можно привести портал обмена исходными материалами исследований PANGAEA [38, 39]. Доступ к исходным данным не только существенно повышает качество рецензирования и научного обсуждения, но может способствовать проведению продуктивных обобщений и сравнений региональных особенностей, а также выявлению новых закономерностей для обширных территорий. Открытый доступ к фактуре важен как для архивных, так и для актуальных материалов исследований.

Выводы. Результаты проведенного исследования на примере Ямала показали, что существуют значительные возможности для актуализации методики среднемасштабного геоморфологического картографирования. При этом появление информативных пространственных данных нового поколения позволяет разрабатывать методы ре-

шения фундаментальных геоморфологических проблем. В данном случае перспективы данной работы связаны с исследованием проблематики плейстоценовых морских трансгрессий и покровных оледенений Ямала, их пространственных и временных взаимоотношений, а также выраженности в рельефе (на основе дистанционных признаков).

Прикладная значимость актуализации методики среднемасштабного геоморфологического картографирования определяется не только активным хозяйственным освоением, но и необходимостью оптимизации и повышения эффективности картографических работ. Современные пространственные данные призваны повышать качество итоговых карт и сокращать время и ресурсы на их производство.

Предлагаемые подходы на основе дистанционных методов могут быть применимы как минимум для всего севера Западной Сибири. Учитывая масштабы территории и сложность существующих здесь палеогеографических проблем, оптимизация исследований может обеспечиваться организационно, в том числе за счет объединения усилий и возможностей заинтересованных специалистов, неограниченного доступа к исходным полевым и дистанционным данным, а также широкого обсуждения и поиска консенсуса по основным дискуссионным вопросам.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и Правительства ЯНАО (16-45-890529 p_a).

Библиографический список

1. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. М.: ГУГК, 2004.
2. Грива Г. И. Геоэкологические условия разработки газовых месторождений Ямала. — Томск: Томский государственный университет, 2005. — 352 с.
3. Svendsen J. I., Alexanderson H., Astakhov V. I., Demidov I., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quaternary Science Reviews, 2004, vol. 23, No 11–13, p. 1229–1271.
4. Облогов Г. Е. Эволюция криолитозоны побережья и шельфа Карского моря в позднем неоплейстоцене-голоцене // Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Тюмень, 2016, 197 с.
5. Назаров Д. В., Костин Д. А., Шишкин М. А., Файбусович Я. Э. Карта плиоцен-четвертичных образований. Лист R-42 (п-ов Ямал). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000, СПб., изд-во ФГУП ВСЕГЕИ, 2015.
6. Геоморфологическое картирование. М.: Наука, 1977. 240 с.
7. Колодешникова Н. В., Поздняков А. В. Принципы картографирования рельефа и процессов геоморфодинамики // Вестн. Том. гос. ун-та. 2014. № 378. С. 213–218.
8. [Электронный ресурс] <http://www.vsegei.ru/ru/info/georesource/>, дата обращения: 2018.05.07.
9. [Электронный ресурс] <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, дата обращения: 2018.05.07.
10. [Электронный ресурс] <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/>, дата обращения: 2018.05.07.
11. [Электронный ресурс] <http://worlddem-database.infoterra.de/>, дата обращения: 2018.05.07.
12. [Электронный ресурс] https://lta.cr.usgs.gov/declass_1, дата обращения: 2018.05.07.
13. [Электронный ресурс] <http://webmapget.vsegei.ru/index.html>, дата обращения: 2018.05.07.
14. [Электронный ресурс] <http://www.vsegei.ru/ru/info/quaternary-2500/>, дата обращения: 2018.05.07.
15. Атлас Тюменской области. Вып. 1. Москва—Тюмень: ГУГК, 1971. 198 с.
16. Методика геоморфологического картирования. Геоморфологическая комиссия. М.: Наука, 1965. 176 с.
17. Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование. М.: Недра, 1985. 184 с.
18. Геоморфология / Ю. Г. Симонов. СПб.: Питер, 2005. 427 с.
19. [Электронный ресурс] <http://earthexplorer.usgs.gov/>, дата обращения: 2018.05.07.

20. Картографический портал ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР» [Электронный ресурс] <http://maps.ggc.ru/>, дата обращения: 2018.05.07.
21. [Электронный ресурс] <http://viewfinderpanoramas.org/dem3.html>, дата обращения: 2018.05.07.
22. Grosse G., Jones B. M., 2011. Spatial distribution of pingos in northern Asia. *Cryosphere* 5, 13–33. doi: 10.5194/tc-5-13-2011
23. Сизов О. С. Дистанционный анализ последствий поверхностных газопроявлений на севере Западной Сибири // Геоматика. — 2015. — № 1. — С. 53–68.
24. Pekel J. F., Cottam A., Gorelick N., Belward A. S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 2016, 540, 418–422.
25. Богоявленский В. И., Сизов О. С., Богоявленский И. В., Никонов Р. А. Дистанционное выявление участков поверхностных газопроявлений и газовых выбросов в Арктике: полуостров Ямал // Арктика: экология и экономика, 2016, № 3. С. 4–15.
26. Гусев Е. А., Молодых А. Н., Аникина Н. Ю., Дервянко Л. Г. Происхождение и возраст «водораздельных песков» Енисейского севера // Известия русского географического общества. 2015. Т. 147. № 4. С. 51–64.
27. Harris J. R., Wickert L., Lynds T., Behnia P., Rainbird R., Grunsky E., McGregor R., and Schetselaar E. 2011. Remote Predictive Mapping 3. Optical Remote Sensing — A Review for Remote Predictive Geological Mapping in Northern Canada // *Geoscience Canada* 38 (2): 49–83.
28. Geological Survey of Canada [Электронный ресурс] <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/science/geology/geology-canada/10868>, дата обращения: 2018.05.07.
29. Geologic map of Alaska [Электронный ресурс] <http://mrddata.usgs.gov/sim3340/>, дата обращения: 2018.05.07.
30. Карпухина Н. В. Особенности деградации осташковского ледникового покрова в пределах Чудско-Псковской низменности // Геоморфология. — № 4. — 2013. — С. 38–47.
31. Судакова Н. Г., Карпухин С. С., Алтынов А. Е. Палеогеографические реконструкции ледниковых морфолитоструктур Подмосквья с использованием космической информации // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. — № 74. — М.: GEOS, 2015 — С. 76–89.
32. Веремева А. А., Глушкова Н. В. Формирование рельефа в районах распространения отложений ледового комплекса в тундрах Колымской низменности (по данным космической съемки) // Криосфера Земли, 2016. — т. XX, № 1. — С. 15–25.
33. Известия ВСЕГЕИ. 2011 год. Т. 11 (59). — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014. — 248 с.
34. Методические рекомендации по геологической, геофизической, геохимической изученности и обеспеченности дистанционными материалами для обоснования постановки РГР. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 40 с.
35. Q-42 — Салехард. Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2014 [Электронный ресурс] http://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Zapadno-Sibirskaya/q-42.php
36. Карта четвертичных образований масштаба 1:2 500 000 территории Российской Федерации. Пояснительная записка. 2010. 220 с.
37. Требования к дистанционным основам Госгоскарты-1000/3 и Госгоскарты-200/2. — М. — СПб., ГУП «НИИ-КАМ», 2010, 20 с.
38. Diepenbroek M., Grobe H., Reinke M., Schindler U., Schlitzer R., Sieger R., Wefer G. (2002) PANGAEA — an information system for environmental sciences, *Computers & Geosciences*, 28 (10), 1201–1210, doi: 10.1016/S0098-3004(02)00039-0
39. [Электронный ресурс] <https://www.pangaea.de/>, дата обращения: 2018.05.07.

DEBATABLE ISSUES OF THE METHODOLOGY ACTUALIZATION OF MEDIUM-SCALE GEOMORPHOLOGICAL MAPPING: THE YAMAL PENINSULA CASE STUDY

O. S. Sizov, Senior Researcher, Institute of Oil and Gas Problems of the RAS (Moscow); kabanin@yandex.ru

References

1. *Atlas Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous District]. Moscow, GUGK, 2004. [in Russian].
2. Griva G. I. *Geoekologicheskiye usloviya razrabotki gazovykh mestorozhdeniy Yamala* [Geoecological conditions of the development of gas fields in the Yamal Peninsula]. Tomsk, Tomskiy gosudarstvennyy universitet, 2005. 352 p. [in Russian].
3. Svendsen J. I., Alexanderson H., Astakhov V. I., Demidov I., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia. *Quaternary Science Reviews*, 2004, Vol. 23, No. 11–13. P. 1229–1271.
4. Oblogov G. Ye. *Evolutsiya kriolitozony poberezh'ya i shel'fa Karskogo morya v pozdnem neopleystotsene-golotsene* [The evolution of the permafrost zone and coastal shelf of the Kara Sea in the late Pleistocene-Holocene. *Ph. D. thesis*]. Tyumen, SB RAN. 2016. 197 p. [in Russian].
5. Nazarov D. V., Kostin D. A., Shishkin M. A., Faybusovich Y. E. *Karta plitsen-chetvertichnykh obrazovaniy. List R-42 (p-ov Yamal). Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000000* [Map of Pliocene-Quaternary. Sheet R-42 (the Yamal Peninsula). State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000]. St. Petersburg: FGUP VSEGEI, 2015. [in Russian].
6. *Geomorfologicheskoye kartirovaniye* [Geomorphological mapping]. Moscow, Nauka, 1977. 240 p. [in Russian].
7. Kolodeshnikov A. V., Pozdnyakov A. V. The principles and processes of mapping the relief of geomorphodynamics. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk State University]. 2014. No. 378. P. 213–218. [in Russian].
8. Electronic resource, evaluable at <http://www.vsegei.ru/ru/info/georesource/> access date 2018.05.07.
9. Electronic resource, evaluable at <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> access date 2018.05.07.

10. Electronic resource, evaluable at <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/> access date 2018.05.07.
11. Electronic resource, evaluable at <http://worldDEM-database.infoterra.de/> access date 2018.05.07.
12. Electronic resource, evaluable at https://lta.cr.usgs.gov/declass_1 access date 2018.05.07.
13. Electronic resource, evaluable at <http://webmapget.vsegei.ru/index.html> access date 2018.05.07.
14. Electronic resource, evaluable at <http://www.vsegei.ru/ru/info/quaternary-2500/> access date 2018.05.07.
15. *Atlas Tyumenskoy oblasti. Vypusk 1* [Atlas of the Tyumen Region. Issue 1]. Moscow-Tyumen, GUGK, 1971. 198 p. (in Russian).
16. *Metodika geomorfologicheskogo kartirovaniya. Geomorfologicheskaya komissiya* [Method of geomorphological mapping. Geomorphological Commission]. Moscow, Nauka, 1965. 176 p. [in Russian].
17. Spiridonov A. I. *Geomorfologicheskoye kartografirovaniye* [Geomorphological mapping]. Moscow, Nedra, 1985. 184 p. [in Russian].
18. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. Y. G. Simonov, Ed. St. Petersburg, Piter, 2005. 427 p. [in Russian].
19. Electronic resource, evaluable at <http://earthexplorer.usgs.gov/> access date 2018.05.07.
20. Electronic resource, evaluable at <http://maps.ggc.ru/> access date 2018.05.07. [in Russian].
21. Electronic resource, evaluable at <http://viewfinderpanoramas.org/dem3.html> access date 2018.05.07.
22. Grosse G., Jones B. M., 2011. Spatial distribution of pingos in northern Asia. *Cryosphere* No. 5, P. 13–33. doi: 10.5194/tc-5-13-2011
23. Sizov O. S. Remote analysis of the effects of surface gas shows in the north of Western Siberia. *Geomatika* [Geomatics]. 2015. No. 1. P. 53–68. [in Russian].
24. Pekel J. F., Cottam A., Gorelick N., Belward A. S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 2016, 540. P. 418–422.
25. Bogoyavlenskiy V. I., Sizov O. S., Bogoyavlenskiy I. V., Nikonov R. A. Remote identification of areas of surface gas shows and gas emissions in the Arctic Yamal Peninsula. *Arktika: ekologiya i ekonomika* [Arctic: the environment and the economy]. 2016. No. 3. P. 4–15. [in Russian].
26. Gusev Y. A., Molodkov A. N., Anikina N. Y., Derevyanko L. G. The origin and age of the “watershed sands” Yenisei north. *Izvestiya russkogo geograficheskogo obshchestva* [Proceedings of the Russian Geographical Society]. 2015. Vol. 147. No. 4, P. 51–64. [in Russian].
27. Harris J. R., Wickert L., Lynds T., Behnia P., Rainbird R., Grunsky E., McGregor R., and Schetselaar E. 2011. Remote Predictive Mapping 3. Optical Remote Sensing — A Review for Remote Predictive Geological Mapping in Northern Canada. *Geoscience Canada* No. 38 (2). P. 49–83.
28. Electronic resource, evaluable at <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/science/geology/geology-canada/10868> access date 2018.05.07.
29. Electronic resource, evaluable at <http://mrdata.usgs.gov/sim3340/> access date 2018.05.07.
30. Karpukhina N. V. Features of the Ostashkovskii degradation of the ice cover within the Pskov-Peipsi Lowland. *Geomorfologiya* [Geomorphology]. No. 4, 2013. P. 38–47. [in Russian].
31. Sudakova N. G., Karpukhin S. S., Altynov A. Ye. Paleogeographic reconstruction of glacial morfolitostruktur suburbs using space data. *Byulleten' Komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda* [Bulletin for Quaternary Research Commission]. No. 74. Moscow, GEOS, 2015. P. 76–89. [in Russian].
32. Veremeyeva A. A., Glushkova N. V. Formation of a relief in areas where sediments of ice complex in the tundra of the Kolyma Lowland (according to satellite imagery). *Kriosfera Zemli* [Earth's Cryosphere]. 2016, Vol. XX, No. 1, P. 15–25. [in Russian].
33. *Izvestiya VSEGEI* (Proceedings of the VSEGEI). 2011. Vol. 11 (59). St. Petersburg, VSEGEI, 2014. 248 p. [in Russian].
34. *Metodicheskiye rekomendatsii po geologicheskoy, geofizicheskoy, geokhimicheskoy izuchennosti i obespechennosti distantsionnykh materialami dlya obosnovaniya postanovki RGR* [Guidelines on the geological, geophysical, geochemical study and provide remote study materials for GCW statement]. St. Petersburg, VSEGEI, 2014. 40 p. [in Russian].
35. *List Q-42—Salekhard* (Map Q-42—Salekhard). VSEGEI. http://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Zapadno-Sibirskaya/q-42.php [in Russian].
36. *Karta chetvertichnykh obrazovaniy masshtaba 1:2500000 territorii Rossiyskoy Federatsii. Poyasnitel'naya zapiska* [Map of Quaternary formations, scale 1: 2500000 in the Russian Federation. Explanatory note]. 2010. 220 p. [in Russian].
37. *Trebovaniya k distantsionnym osnovam Gosgsolkarty-1000/3 i Gosgsolkarty-200/2* [Requirements for Remote basics Gosgsolkarty-1000/3 and Gosgsolkarty-200/2]. Moscow-St. Petersburg, NIIKAM, 2010, 20 p. [in Russian].
38. Diepenbroek, M., Grobe, H., Reinke, M., Schindler, U., Schlitzer, R., Sieger, R., Wefer, G. (2002) PANGAEA — an information system for environmental sciences, *Computers & Geosciences*, No. 28 (10). P. 1201–1210, doi: 10.1016/S0098-3004(02)00039-0.
39. Electronic resource, evaluable at <https://www.pangaea.de/> access date 2018.05.07.