

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН ПОЛУОСТРОВА МУРАВЬЕВА-АМУРСКОГО (МОРФОСТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ)

## GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE MURAVIEV-AMURSKY PENINSULA COASTAL ZONES (MORPHOSTRUCTURAL ASPECTS)

### МЯСНИКОВ Е.А.

Старший научный сотрудник лаборатории геоморфологии Тихоокеанского института географии ДВО РАН, к.г.н., г. Владивосток, kvv@tig.dvo.ru

### КОРОБОВ В.В.

Младший научный сотрудник лаборатории палеогеографии Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Владивосток, kvv@tig.dvo.ru

### СОРОКИН П.С.

Младший научный сотрудник лаборатории морских ландшафтов Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Владивосток, paveleco@mail.ru

### MYASNIKOV E.A.

A senior staff scientist of the Geomorphology Laboratory of the Pacific Institute of Geography of the FEB RAS, candidate of science (Geography), Vladivostok, kvv@tig.dvo.ru

### KOROBOV V.V.

A junior staff scientist of the Paleogeography Laboratory of the Pacific Institute of Geography of the FEB RAS, Vladivostok, kvv@tig.dvo.ru

### SOROKIN P.S.

A junior staff scientist of the Sea Landscapes Laboratory of the Pacific Institute of Geography of the FEB RAS, Vladivostok, paveleco@mail.ru

### Ключевые слова:

геологические и геоморфологические условия; опасные геологические процессы; экспресс-районирование; морфоструктурная основа; полуостров Муравьева-Амурского; Приморский край; Южное Приморье; объекты 24-го Саммита Азиатско-Тихоокеанского экономического сообщества (АТЭС) 2012 г.

### Key words:

geological and geomorphological conditions; dangerous geological processes; express zoning; morphostructural base; Muraviev-Amursky peninsula; Primorskiy Krai; Southern Primorye; objects of the 24th Summit of the Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) of 2012.

### Аннотация

На основе совместного анализа известных и выявленных авторами геологических и геоморфологических условий освоения прибрежных зон урбанизированных территорий полуострова Муравьева-Амурского, расположенного на юге Приморского края, составлены схемы экспресс-районирования типовых участков. На морфоструктурной основе выделены локальные участки возможного аномального развития обвалов, оползней и других опасных геологических процессов, а также места возможного переувлажнения грунтов в условиях техногенной нагрузки, главным образом при эксплуатации объектов 24-го Саммита Азиатско-Тихоокеанского экономического сообщества (АТЭС) 2012 г. Размещение и характер проявлений опасных геологических процессов контролируются прежде всего морфоструктурными (морфотектоническими) факторами, но эти процессы могут усиливаться разными видами и степенью антропогенного вмешательства в природную среду. Даны соответствующие рекомендации по их нейтрализации.

### Введение

Актуальность исследований геологических и геоморфологических условий освоения прибрежных зон очевидна, т.к. определяется неустанным стремлением людей там безопасно жить, работать, строить и отдыхать [12, 15]. Однако, например, инженерно-геологическая изученность прибрежных зон урбанизированных территорий (УТ) Дальнего Востока России (ДВР), в частности полуострова Муравьева-Амурского, остается недостаточной, особенно в условиях начавшегося в последнее время интенсивного целевого освоения отдельных УТ [1, 7, 8]. В качестве примера можно отметить объекты 24-го Саммита Азиатско-Тихоокеанского экономического сообщества (АТЭС), состоявшегося в 2012 г. в г. Владивостоке, возведенные в рекордно короткие сроки, но, к сожалению, без должного инженерно-геологического обоснования. В результате многие объекты только начали функционировать или даже еще не сданы в эксплуатацию, а уже имеются примеры проявлений опасных геологических и техногенных процессов, часть из которых широко освещена в средствах массовой информации (оползни и небольшие обвалы вдоль новой автомагистрали Седанка — Патрокл, отседания грунта на путепроводе «Спутник» и др.).

Уже названы и основные причины «ошибки проектирования и строительства» [4]. Сложные природные условия и техногенные нагрузки всегда создавали и будут создавать экстремальные ситуации. Однако некоторые из них можно предвидеть и предупреждать исходя, например, из особенностей геоморфологических, геологических и антропогенных условий строительства. К сожалению, соответствующие исследования во взаимосвязи друг с другом и с другими факторами традиционно не проводятся в должной мере.

В условиях слабо и неравномерно изученных урбанизированных территорий, по мнению авторов, на пер-

### Abstract

Express-zoning schemes of typical areas were constructed on the basis of joint analysis of geological and geomorphological conditions (known and revealed by the authors) of development of urbanized territories in the Muraviev-Amursky peninsula coastal zones (the Southern Primorye). Local areas of potential anomalous development of landfalls, landslides and other hazardous geological processes as well as sites of potential soil overwetting under antropogenic load (mainly during operation of the objects of the 24th Summit of the Asia-Pacific Economic Cooperation of 2012) were singled out on the morphostructural base. The location and development character of hazardous geological processes are first of all controlled by morphostructural (morphotectonic) factors. But these processes can be intensified by antropogenic intervention of different types and degrees into the environment. Corresponding recommendations for neutralization of them are given.



вом этапе необходим комплексный анализ всех имеющихся (часто немногочисленных и неполных) геоморфологических, геологических и геоэкологических данных на морфоструктурной основе и экспресс-районирование типовых участков прибрежных зон полуострова Муравьева-Амурского в инженерно-геологических целях, а затем, на следующем этапе, требуется детальное инженерно-геологическое районирование.

В связи с этим основной задачей первого этапа являлось комплексное исследование, включавшее: (1) анализ антропогенного освоения территорий прибрежных зон; (2) анализ связей современного состояния морфоструктур с геологическими процессами, а также антропогенными нагрузками; (3) экспресс-анализ и районирование типовых участков прибрежных зон по геологическим и геоморфологическим условиям их освоения на морфоструктурной основе.

Поясним смысл некоторых из используемых в данной статье терминов:

- *морфоструктуры* — геологические структуры, выраженные в рельефе;
- *морфоструктурный анализ* — анализ, объектом изучения которого являются морфоструктуры Земли; в его «сферу действия» попадают не только собственно морфоструктуры со свойственными для них морфологией (рельефом) и геологическим «содержанием», но и все факторы и процессы, связанные с их формированием и длительным геологическим развитием (вплоть до наших дней) [16].

Для качественной оценки крутизны склонов в статье используются уклоны, град.:

- <1 — очень пологие;
- 1–10 — пологие;
- 10–20 — умеренные;
- >20 — крутые.

Для качественной оценки расчлененности рельефа авторами выбрана густота речной сети, км/км<sup>2</sup>:

- <1,0 — очень слабая;
- 1,0–1,5 — слабая;
- 1,5–2,0 — умеренная;
- >2 — крутая.

В качестве основных типовых объектов исследования (рис. 1) были выбраны полуостров Шкота (А) и южная часть полуострова Муравьева-Амурского (Б).

### Антропогенная освоенность прибрежных зон полуострова Муравьева-Амурского

Степень антропогенной освоенности и технодинамической нагрузки крупномасштабных объектов урбанизированных территорий прибрежных зон наиболее полно отражает интегральный показатель, отражающий, с одной стороны, функциональную специализацию и плотность застройки, а с другой — геохимическое загрязнение грунтов и водной среды (в том числе акваторий). Соответствующие материалы по отдельным показателям в разное время были собраны специалистами научно-исследовательских институтов (ТИГ ДВО РАН и др.) и производственных организаций (таких как Приморгражданпроект, Приморгидромет, Примгеология и др.) [2, 6, 10, 11, 13]. Авторы настоящей статьи попытались проанализировать эти и собственные данные комплексно и в инженерно-гео-

логических и геоэкологических целях. Краткие результаты такого анализа изложены ниже.

В пределах полуострова Муравьева-Амурского по интегральному показателю выделяются три основные прибрежные зоны: Уссурийского залива; пролива Босфор Восточный; Амурского залива (см. рис. 1).

*Прибрежную зону Амурского залива* авторы подразделили на четыре подзоны (которые, в свою очередь, делятся на еще более низкоранговые участки).

1. **А.СП.** — *селитебно-промышленная подзона* (комплекс производств, связанных с морским и железнодорожным транспортом) с городским типом застройки и наиболее высокими значениями суммарного показателя загрязнения ( $32 < СПЗ \leq 128$ ), расположенная между мысами Токаревского и Фирсова. Это подзона максимальной технодинамической нагрузки.

2. **А.РК.** — *смешанная рекреационно-курортная подзона* с преимущественно сельским и локально городским типами застройки и умеренными значениями загрязнений ( $8 \leq СПЗ < 16$ ), находящаяся между мысами Фирсова и Дальний. Она отличается умеренной технодинамической нагрузкой.

3. **А.РС.** — *рекреационно-садоводческая (дачно-коттеджная) подзона* с сельским типом застройки и суммарным показателем загрязнения  $8 < СПЗ \leq 36$ . Она располагается между мысом Дальний и поселком Трудо-



вое и характеризуется минимальной технодинамической нагрузкой.

4. **А.ПС.** — производственно-складская подзона с сельско-промышленным типом застройки (16<СПЗ<64). К этой подзоне относятся территории поселков Трудовое и Угловой.

**Прибрежную зону Уссурийского залива** слагают три подзоны.

1. **У.ИР.** — участок строящегося игрового и развлекательного комплекса (в прибрежной зоне бухты Муравьиная). Здесь имеется повышенное загрязнение (16<СПЗ<32) и ожидается относительно повышенная технодинамическая нагрузка.

2. **У.РО.** — рекреационно-оздоровительная территория от мыса Геллера до бухты Горностай, включая территории международного детского лагеря «Океан» и пансионатов бухты Лазурная. Здесь наблюдается умеренное загрязнение (8<СПЗ<16), а технодинамическая нагрузка относительно слабая.

3. **У.СП.** — селитебно-производственная территория от бухты Горностай до полуострова Басаргина, включая ТЭЦ-2 с золоотвалами и другие объекты. На этом участке наблюдается максимальное загрязнение (32<СПЗ<128), технодинамическая нагрузка наиболее высока для прибрежной зоны Уссурийского залива.

**Прибрежную зону пролива Босфор Восточный** на данном этапе исследований целесообразно пока не подразделять на подзоны, а рассматривать в целом. Данная территория имеет умеренную степень загрязнения (16<СПЗ<32) и техногенной освоенности.

Подчеркнем, что в целом степень освоенности самая большая в прибрежной зоне Амурского залива, умеренная — на прибрежной территории пролива Босфор Восточный, относительно низкая — в зоне Уссурийского залива. При этом она относительно более высока в пределах береговых частей (благоприятных для портовых сооружений), а на склонах и водоразделах она ниже. Кроме того, имеет место и более дробное деление подзон, освоенность которых весьма сильно зависит от особенностей их геологического строения и рельефа.

Забегая вперед, отметим достаточно характерную для всех прибрежных участков урбанизированной территории полуострова Муравьева-Амурского черту антропогенного освоения — концентрацию жилой и производственной застройки разных типов, зачастую пространственно приближенную или располагающуюся в самих зонах повышенной раздробленности и трещиноватости земной коры с большими мощностями рыхлых образований и зачастую выположенными формами рельефа. Там, конечно, более дешевое и удобное строительство,



Рис. 2. Фрагмент геологической карты территории г. Владивостока по [17] (пояснения в тексте)



но на таких участках часто концентрируются геодинамически опасные зоны развития эндогенных и некоторых экзогенных геологических процессов. Кроме того, в таких местах зачастую проявлены или потенциально возможны подъем уровня грунтовых вод и увеличение их напорности, а в случае совмещения с геохимическим загрязнением могут также возникать дополнительные интегральные угрозы геоэкологического характера.

### **Морфоструктуры прибрежных зон п-ова Муравьева-Амурского и геологические процессы**

Большой объем среднemasштабных морфоструктурных исследований в пределах полуострова Муравьева-Амурского и в целом Владивостокской агломерации был проведен С.М. Тащи, Е.А. Мясниковым [14] и др. Есть также и опыт экспресс-районирования объектов АТЭС-2012 по эколого-геоморфологическим условиям их строительства на морфоструктурной основе [8]. Настоящая работа является их продолжением и направлена в основном на крупномасштабные исследования экзогенных геологических процессов (ЭГП) в пределах типовых районов прибрежных и бухтовых зон п-ова Муравьева-Амурского.

Согласно методическим требованиям морфоструктурного анализа ниже приводится краткая характеристика особенностей геологического и геоморфологического строения территории (сначала высокоранговых, потом низкоранговых морфоструктур), а также морфологические и морфометрические показатели водораздельных, склоновых и долинных типов, форм и элементов рельефа.

Прибрежные территории полуострова в морфоструктурном отношении состоят из *трех основных зон* — *западной, восточной и южной*. Это в целом опущенные крупные тектонические ступени по краям тектонического горста Муравьева-Амурского. Восточная и южная зоны (ступени) сложены в основном нижнепермскими породами поспеловской свиты (песчаниками, алевролитами, диабазами, спилитами, андезитами, риолитами и их туфами) и несколько приподняты относительно западной, в строении которой участвуют главным образом породы владивостокской свиты (туфы, туфобрекчии кислого и умеренного, реже основного состава) (рис. 2) [14, 17]. Поверхности прибрежных (блоковых) зон наклонены в стороны смежных впадин, причем в этих же направлениях усиливается степень деструкции. В настоящее время она наименьшая в западной зоне, средняя в восточной и наибольшая в южной. Последняя представлена грабенами (бухтой Золотой Рог, проливом Босфор Восточный) и остаточными блоками-горстами (полуостровами Диомид, Назимова, Басаргина и в целом южной части п-ова Муравьева-Амурского). Западная, восточная и южная зоны находятся в областях геодинамических влияний глубинных разломов. Это системы блоков (относительных целиков), ограниченных более низкоранговыми оперяющими разломами. В пределах каждой зоны прослеживаются или предполагаются две небольшие узкие ступени, из которых верхняя (приподнятая) располагается на суше, а нижняя (опущенная) — в пределах акватории.

Вся *западная прибрежная зона (зап)* располагается в области геодинамического влияния глубинного Му-

равьевского Западного разлома, который представлен парой крупных разломов северо-восточного простирания. Между последними развиты дуговые, реже диагональные и ортогональные разломы более низкого ранга. Они ограничивают положительные и отрицательные морфоструктурные блоки (элементарные ячейки).

В продольном направлении выделяются две основные подзоны с более дробными подразделениями (районами, участками и т.д.). С юга на север в пределах западной зоны последовательно располагаются следующие районы: полуостров Шкота, включая Спортивную гавань (А.СП.І), район между мысами Лагерный и Фирсова (А.СП.ІІ) и далее до мыса Дальний (А.РК.ІІІ). В пределах *северной подзоны* выделены районы сопряжения с устьями долин рек Богатая (А.РС.ІV) и Саперка (А.ПС.V) (см. рис. 1). Поперечные дизъюнктивные структуры выражены отрицательными формами и элементами рельефа. Ширина и протяженность отдельных звеньев (блоков) западной зоны различны, но в целом с юго-запада на северо-восток возрастает доля площади суши и, соответственно, положительных (приподнятых) блоков, а площадь и порядок (ранг) отрицательных блоков уменьшаются. При этом в целом увеличивается глубина вертикального вреза, возрастают высоты и степень горизонтальной и общей расчлененности склонов.

В пределах западной прибрежной зоны преобладают холмогорный и увалистый типы рельефа. От низкогорной части полуострова зона отделяется системой линейно вытянутых структурно обусловленных отрицательных элементов рельефа: низкопорядковых долин, ложбин, седловин и перегибов склонов. При этом холмогорье тяготеет в основном к восточной (тыловой) границе зоны, а увалы протягиваются прерывистой полосой вдоль фронтальной береговой части. В тыловой части перепады высот и крутизна склонов больше, а их горизонтальная расчлененность меньше. Во фронтальной части, наоборот, склоны становятся более пологими, прямыми и вогнутыми. Распространены овраги, особенно в прибрежной полосе.

Холмисто-увалистая западная зона имеет полигенетическую природу. Между указанной парой высокопорядковых разломов (тыловой и фронтальной границами) сосредоточена система таких форм рельефа, как террасы, террасоувалы, водосборные воронки, поверхности выравнивания линейного типа, овраги, низкие слабовыпуклые междуречья, ложбины, оползни и др. Аналогичные полигенетические поверхности имеют зоны продольных и поперечных разломов низкого ранга.

В целом для западной зоны характерны: выпуклые и уплощенные водоразделы, выпуклые и вогнутые склоны, U-образные и корытообразные долины, слабая и умеренная расчлененность рельефа, а также умеренная крутизна и пологость склонов.

По всем геоморфологическим признакам это зона, в которой относительно недавно имели место аномально высокие скорости денудации. В настоящее время они в целом не так высоки (стадия денудационно-аккумулятивного выравнивания), но в результате возможных 8-балльных землетрясений соответствующие геологические процессы потенциально опасны [9, 11].

**Восточная прибрежная зона (вос)** во многом аналогична западной, но выделяется менее отчетливо. Здесь также обнаруживается пара высокопорядковых

разломов северо-восточного простирания (зона геодинамического влияния Муравьевского Восточного глубинного разлома), а также единичные оперяющие ортогональные и диагональные разломы низкого ранга, но дугообразных почти нет.

В продольном направлении (с юго-запада на северо-восток) выделяются четыре основных района (блока) с мелкогорно-холмистым типом рельефа: между мысами Басаргина и Трех Камней (**У.СП.І**), далее до мыса Энгельма (**У.РО.ІІ**), затем до бухты Муравьиная (**У.РО.ІІІ**) и, наконец, последний участок ограничивается бухтой Муравьиная (**У.ІР.ІV**) (см. рис. 1).

Для района **У.СП.І** характерны: уплощенные и выпуклые водоразделы, прямые и выпукло-вогнутые склоны, U- и корытообразные долины, умеренная и слабая расчлененность рельефа, умеренные и реже крутые склоны. В пределах района **У.РО.ІІ** преобладают: уплощенные и выпуклые водоразделы, вогнутые и прямые формы склонов, корытообразные долины, очень слабая и слабая расчлененность, пологие склоны. Для района **У.РО.ІІІ** характерны выпуклые и гребневидные водоразделы, выпуклые и прямые формы склонов, U и V-образные долины, умеренная и повышенная расчлененность, крутые и умеренно крутые углы склонов. Район **У.ІР.ІV** отличается тем, что вдоль побережья протягивается узкая (до 0,5 км) полоса с почти плоской поверхностью с системой отдельных мелких вершин. Долины мелких водотоков имеют здесь в поперечнике корытообразную форму, а в верховьях — U- и V-образную. Таким образом, по геоморфологическим признакам степень разрушения восточной прибрежной зоны меньше, чем западной, но современная активность ЭГП выше в восточной зоне.

**Южная прибрежная зона (южн)** в основном состоит из трех ступеней на юге полуострова Муравьева-Амурского. Она ограничена с севера бухтой Золотой Рог и долиной реки Объяснения, а с юга — проливом Босфор Восточный. Поверхности ступеней наклонены к акваториям. Их северные склоны в два раза короче южных. Каждая ступень состоит из нескольких блоков — останцов, ограниченных ортогональными разломами, освоенными речными водотоками низкого ранга, узкими логами и хорошо выраженными седловинами.

Самая южная часть прибрежной зоны включает акватории пролива Босфор Восточный, бухт Патрокл, Улисс и Диомид. Сюда же входят полуострова Назимова и Басаргина. Дно пролива корытообразное и представляет собой, по-видимому, систему отрицательных блоковых морфоструктур. Они имеют тектонические границы. Фронтальная граница этой ступени — крутые скалистые берега указанных полуостровов, обращенные к проливу. Она также, по-видимому, совпадает с субширотными и дуговыми разломами.

В целом для южной прибрежной зоны характерны: выпуклые уплощенные водоразделы, прямые и выпуклые формы склонов, корытообразные и U-образные долины, слабая и умеренная расчлененность, умеренные и крутые склоны. Таким образом, относительная степень разрушения и современная активность ЭГП южной зоны занимают промежуточное положение между таковыми для западной и восточной зон.

Общий итог приведенной выше геологической и геоморфологической характеристики морфоструктур при-

брежных зон п-ова Муравьева-Амурского подтверждает и дополняет выводы предыдущих исследований [14]. Разрушение полуострова, по-видимому, связано с общим растяжением земной коры и погружением сопряженных впадин (грабенов) Амурского и Уссурийского заливов. В частности, тектоническое погружение прибрежных зон полуострова подтверждается отсутствием высоких морских террас [3]. Процессы разрушения и выравнивания сосредоточены в основном в зонах разломов. Эндогенные процессы растяжения земной коры тектонически дробят монолитные морфоструктуры на отдельные низкоранговые блоки. В разломных границах последних сосредотачиваются ЭГП. При этом эндогенные геологические процессы контролируют размещение и интенсивность экзогенных, а вместе они ведут к денудационно-аккумулятивному выравниванию.

Общая же (относительная) степень деструкции морфоструктур п-ова Муравьева-Амурского увеличивается с северо-востока на юго-запад. Наиболее активными являются зоны взаимодействия тектонопар «впадина — поднятие».

Достоверность указанных выводов и эффективность методики исследования дополнительно продемонстрируем на примерах типовых объектов прибрежных зон.

### Полуостров Шкота

Морфоструктурный план полуострова Шкота отражен на рис. 3. Вдоль западного побережья п-ва Муравьева-Амурского протягивается узкая полоса (3–4 км) холмисто-увалистого рельефа с фоновыми высотами 80–120 м. Поверхность расчленена многочисленными балками, оврагами и промоинами глубиной до 10 м. Ввиду того что территория сильно освоена, профили склонов и междуречий изменены, сnivelированы. Несмотря на это, сохранились отдельные продолговатые холмы, которые возвышаются на метры — десятки метров. Их наклон составляет 5–7° с возрастанием до 20° в прибрежной полосе, и они часто завершаются скальными береговыми обрывами и откосами.

*Морфоструктура полуострова Шкота*, как указывалось ранее, находится в зоне геодинамического влияния Муравьевского Западного глубинного разлома, который на суше представляет собой систему субпараллельных сближенных трещин северо-восточного, а также дугового и диагонального простирания. По ним развиваются линейные коры выветривания, которые часто сливаются. Отмеченные выше холмы представляют собой небольшие блоки — относительные целики. Овраги и промоины чаще всего формируются по дуговым и диагональным разломам. О насыщенности территории разломами свидетельствует строение южной и северной (района сопки Тигровая) частей п-ова Шкота, где плотность дизъюнктивов по данным не только морфоструктурных, но и геологических съемок велика. Дуговые и диагональные разломы ограничивают ступени низших рангов, которые постепенно спускаются к берегу моря, а также прослеживаются по батиметрическим данным в пределах акватории. Но картина осложняется наличием целиков и бухтовых образований. В целом морфоструктура полуострова является частью верхней опущенной ступени рельефа,



связанной с формированием впадины Амурского залива и бухты Золотой Рог, одновременно представляя собой автономный остаточный горст [14].

О строении подводного берегового склона, подножие которого опускается до глубины 20 м, известно мало, но он (по геоморфологическим и геофизическим данным) находится в зоне Муравьевского Западного разлома. Это служит основанием для отнесения данной морфоструктуры к нижней опущенной ступени рельефа, которая является также частью зоны перехода от положительной морфоструктуры к отрицательной. Такую же позицию занимает грабен — бухта Золотой Рог.

### Южная часть полуострова Муравьева-Амурского

Морфоструктурная схема южной части полуострова Муравьева-Амурского изображена на рис. 4. Основная черта его морфоструктурного плана — сложные сочленения зон геодинамического воздействия разломов Муравьевский Восточный и Босфор Восточный. Поэтому здесь сосредоточены выявленные по комплексу геоморфологических, геологических и геофизических данных низкопорядковые дизъюнктивы северо-западного направления (фрагменты разломов грабена Босфор Восточный), субширотного (грабен бухты Золотой Рог, долина р. Объяснения, бухта Улисс, перешейки по-

луостровов Назимова и Басаргина), северо-восточного (Уссурийский залив, бухта Диомид, верховья р. Объяснения и др.), а также субмеридионального простира- ния (долина реки Улисс и др.).

На дне пролива Босфор Восточный система отдельных небольших разрывных нарушений образует в плане единую дуговую разломную зону большого радиуса, обращенную выпуклостью на северо-восток. Разломы здесь имеют преимущественно взброс- сбросовую и сдвиго-сбросовую кинематику. Попереч- ные им разломы северо-восточного простира- ния, как предполагают А.В. Олейников, Н.А. Олейников [11] и другие (по данным геофизики, бурения и геологи- ческого картирования прибрежных территорий), ча- сто оказываются кайнозойскими левосторонними сдвигами с амплитудами до 100 м. В северной части острова Русский упомянутыми геологами ПГО «При- мгеология», а также специалистами Института физи- ки Земли РАН (г. Москва) на п-ове Назимова незави- симо друг от друга были обнаружены палеосейсмо- дислокации, что вместе с инструментальными данны- ми по эпицентрам землетрясений позволяет предпо- лагать фоновую 8-балльную сейсмическую опасность по шкале MSK-64 [9, 11]. В северо-западной части пролива Босфор Восточный закартированы относи- тельно мощные (до 35 м) кайнозойские морские осад-

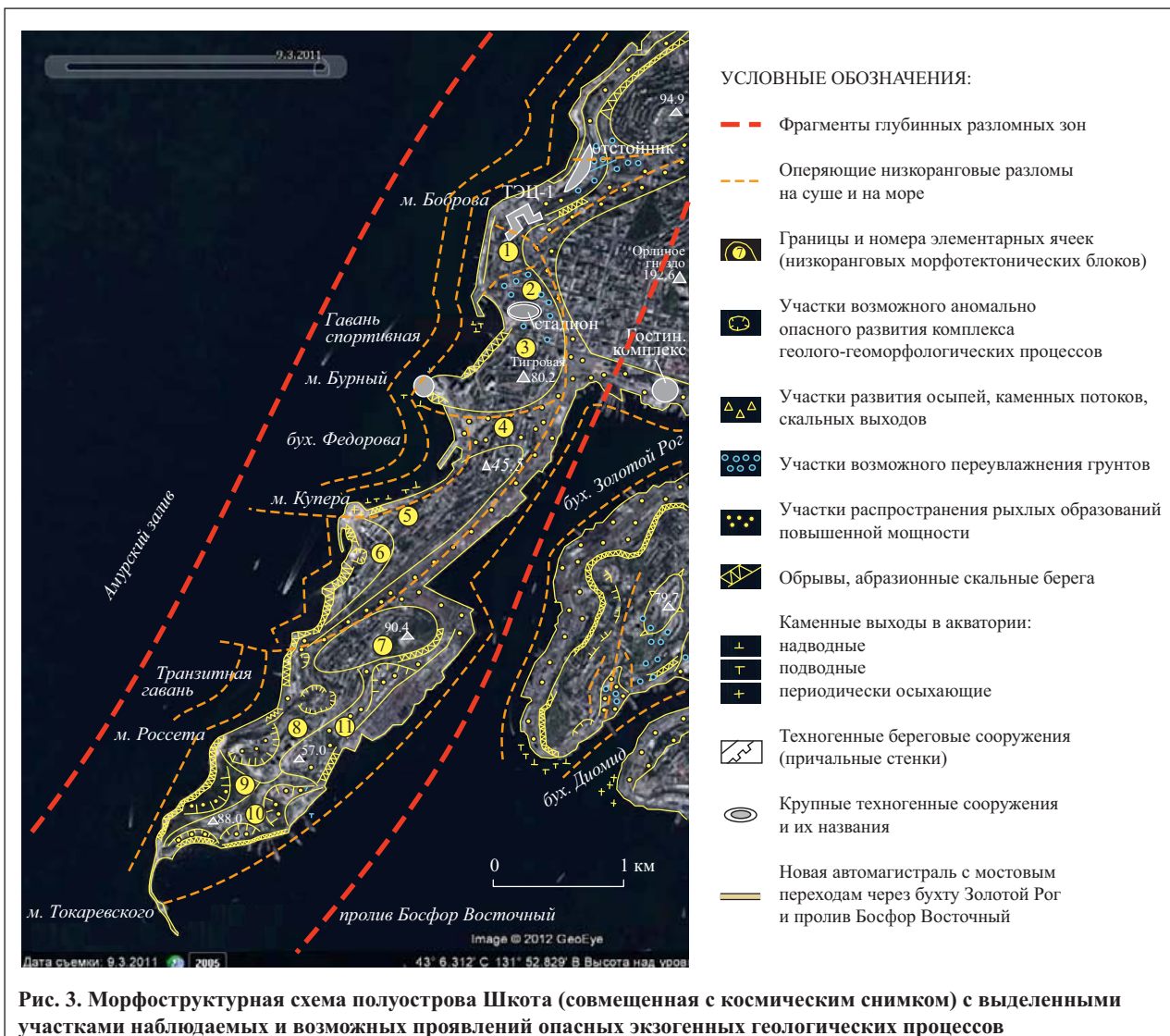
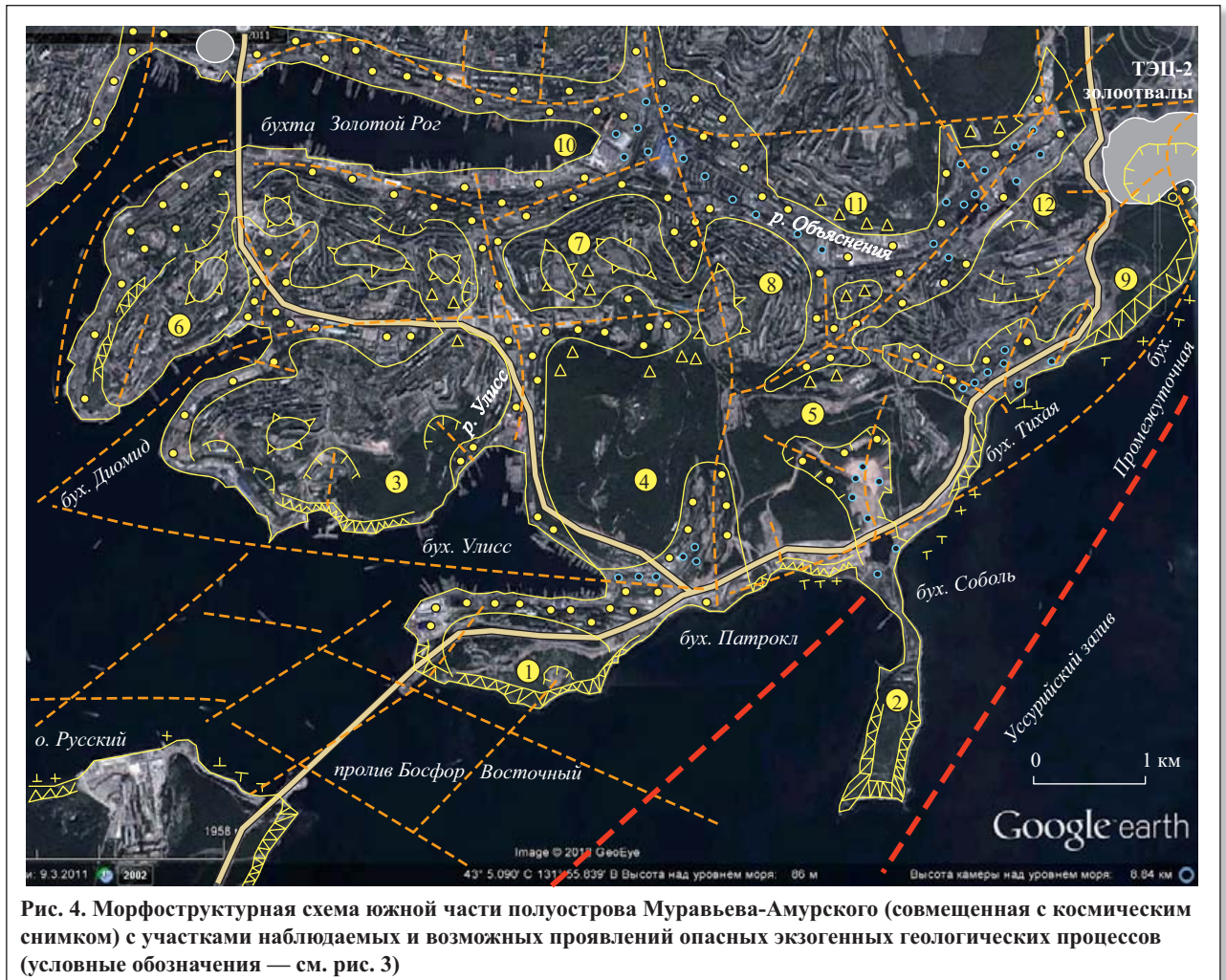


Рис. 3. Морфоструктурная схема полуострова Шкота (совмещенная с космическим снимком) с выделенными участками наблюдаемых и возможных проявлений опасных экзогенных геологических процессов



**Рис. 4.** Морфоструктурная схема южной части полуострова Муравьева-Амурского (совмещенная с космическим снимком) с участками наблюдаемых и возможных проявлений опасных экзогенных геологических процессов (условные обозначения — см. рис. 3)

ки одноименной впадины (грабена), указывающие на ее относительно большее погружение.

Далее к северу от грабена пролива Босфор Восточный последовательно чередуются следующие прибрежные ступени суши (блоки отседания):

- нижняя опущенная ступень зоны полуостровов Назимова (блок 1) и Басаргина (блок 2), сопряженных с соответствующими блоками акватории;
- средняя относительно приподнятая ступень (блоки 3, 4, 5, 9);
- верхняя приподнятая ступень (блоки 6, 7, 8);
- нижняя опущенная ступень залива Золотой Рог и долины р. Объяснения (блоки 10, 11, 12).

Отмеченные блоки сложены верхне-нижнепермскими образованиями поспеловской свиты (преимущественно песчаниками и алевролитами косой слоистости с органическими остатками). Эти осадочные и вулканогенно-осадочные пачки, переслаивающиеся туфами и лавами андезитов, прорваны многочисленными экструзиями и штоками позднего мела (блоки 6, 7, 8 и частично 3). В пределах блоков 9 и 12 закартированы серии даек северо-восточного простирания (диорит-порфиоров позднепермского возраста) [17].

В результате морфоструктурных исследований авторами были выделены три основных прибрежных участка вдоль берегов бухт Промежуточная, Тихая, Патрокл (по территориям которых проходит новая автомагистраль), потенциально опасных в отношении развития оползней, оплывин, промоин, просадок и других опасных геологических процессов, а также возможного пе-

реувлажнения грунтов (см. рис. 4). 12 июня 2012 г. в пределах одного из этих участков (вдоль бухты Тихая) в блоке 9 сошел оползень, а в сентябре того же года, но немного севернее произошел небольшой обвал и возникли селевые потоки, нарушившие соответствующий участок новой автомагистрали Седанка — Патрокл, что было широко освещено в средствах массовой информации. Последовавший срочный «косметический» ремонт дороги, по мнению авторов, не решил саму проблему, а уверения руководителей, что «все будет хорошо», могут иметь в будущем опасные геоэкологические последствия.

Остановимся только на очевидных с точки зрения авторов примерах недостаточного учета проектировщиками и строителями всей сложности комплекса инженерно-геологических и антропогенных условий строительства автомагистрали на участке побережья бухты Тихая. Судя по сообщениям средств массовой информации, «среди главных причин ЧП были названы отсутствие водоотводов и наличие родников под трассой, не выявленных во время изыскательских работ» [4]. Последние, руководствуясь общими правилами и логикой, обязаны были учитывать работы предшественников (А.И. Бурдэ, В.С. Рынков, и др.<sup>1</sup>), которые еще в 1961 г. закартировали здесь небольшие водотоки и овраги. Тот факт, что в последующем их засыпали, а местами и заасфальтировали, не означает, что соответствующие процессы прекратились. Просто они перешли из разряда поверхностных в скрытые подземные. Поскольку гидрологические данные в пре-



делах г. Владивостока действительно практически отсутствуют, в условиях недостатка информации и слабой инженерно-геологической изученности морфоструктурные построения авторов (в частности, результаты дешифрирования аэрофотоснимков и топокарт совместно с анализом имеющихся инженерно-геоморфологических и геологических материалов) показали, что вышеуказанные водотоки, родники и овраги, по видимому, заложены по небольшим разломам. Следовательно, особенности гидрогеологических условий связаны с ними, при этом водотоки и родники могут иметь как поверхностное, так и подземное питание. На их проявления наложены еще и техногенные факторы.

На рисунках 5, 6 показаны некоторые ландшафтные и геоморфологические признаки соответствующих геологических процессов и явлений, зафиксированные на точечных АФС в первые дни после ЧП, когда строители только начали их устранять. Отчетливо видно, что оползень охватил не только 150 м<sup>2</sup> обрушения дорожного откоса, ограниченного на проезжей части трещиной длиной 20 м и шириной 2 см, как было указано в СМИ [4]. На перспективном АФС видно, что зона проявления оползня совпадает с участком потенциальной

опасности развития экзогенных геологических процессов, отраженным авторами на морфоструктурной схеме вблизи узла разрывных нарушений общей площадью 2 км<sup>2</sup> (см. рис. 4). Кроме того, дешифрируется как само тело оползня (а), так и зоны относительно повышенных (б) и менее значительных (в, г) деформаций откоса (в основном промоины и просадки грунта) с обеих сторон моста (рис. 5). При этом насыпь автотрассы, а также (в меньшей степени) дорожная насыпь грунтовой дороги, ограничивающая водозаборный «ковш» ТЭЦ-2, выступают как своеобразные галереи водоупоров поверхностных и подземных гидродинамических потоков.

В результате авторами были сделаны следующие предварительные (поскольку специальные полевые исследования не проводились) выводы:




- возникновение оползня предопределено комплексом геологических факторов (энтодинамических, экзодинамических и технодинамических);
- потенциальная угроза проявлений опасных геологических процессов остается высокой и будет таковой в ближайшем будущем, если не провести дополнительных изысканий и укрепления дорожного участка;

<sup>1</sup> Указаны авторы источников из геологических фондов.



Alexander Khitrov | alexhitrov.livejournal.com

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

-  Контур участка, потенциально опасного в отношении развития оползней, промоин, просадок и обводнения
-  Происшедшие оползневые деформации техногенной поверхности справа от мостового проема:  
а — наибольшей, б — средней; в — низкой степени
-  Незначительные признаки (промоины) деформации откоса автотрассы слева от мостового проема

**Рис. 5. Общий вид техногенных оползней на откосе автотрассы с габионовой подпорной стенкой на участке бухты Тихая (аэроснимок А. Хитрова)**





Рис. 6. Центральная часть оползня с наибольшей степенью деформаций грунта на участке автотрассы в районе бухты Тихая (фото А. Хитрова)

- примененные строителями новые технологии укрепления полотна габионными сетками (высота сборной стенки составила 30 м) в данном случае себя не оправдали — по-видимому следует установить анкеры или единую железобетонную подпорную стенку с обязательным дренажем;

- в сложившейся ситуации необходим эксплуатационный мониторинг опасных геологических процессов специалистами по инженерной геологии и геоморфологии.

Справедливости ради следует отметить, что подобные и другие нарушения как объектов АТЭС-2012, так и других сооружений, например объектов строящегося в настоящее время нового микрорайона в прибрежной зоне бухты Патрокл (см. блок 5 на рис. 4), отмечались ранее и будут происходить в будущем. Одной из основных причин ЧП (помимо ошибок проектировщиков и строителей) является сложность и специфика инженерно-геологических условий прибрежных зон п-ова Муравьева-Амурского. Например, автотрасса часто слишком приближена к береговой полосе, где бровка дорожного откоса вплотную стыкуется с крутой (до  $65\text{--}70^\circ$ ) стенкой скольжения по плоскостям напластования вулканогенно-осадочных толщ или разломов (рис. 7). В таких случаях смещение слабо связанных грунтов, отдельных глыб и блоков горных пород оказывается под воздействием не только гравитационных экзогенных геологических процессов, но и морского прилива и возможных цунами, что также может иметь опасные последствия инженерно-геологического и геоэкологического характера [5, 11, 14].



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:



Области концентрации ЭГП и аккумуляции отложений (с пояснениями)



$65^\circ$  Угол падения плоскостей скольжения

Рис. 7. Обвально-осыпной склон в зоне волноприбойного воздействия вблизи автотрассы в юго-западной части бухты Тихая (фото В.В. Коробова)



## Заключение

Проведенный анализ и экспресс-районирование типовых прибрежных зон полуострова Муравьева-Амурского позволяют сделать следующие выводы.


Прибрежные территории полуострова Муравьева-Амурского представляют собой области геодинамического воздействия глубинных разломных зон (разломов Муравьевский Западный, Муравьевский Восточный и Босфор Восточный). Они находятся в так называемых переходных зонах между основными высококоранговыми тектонопарами «поднятие (горст Муравьева-Амурского) — опускание (грабены Амурского и Уссурийского заливов, а также пролива Босфор Восточный)». При этом локальные морфоструктуры прибрежных зон наследуют не просто смежные структурно-геоморфологические элементы высококоранговых морфоструктур, а особенно те, которые оставались длительное время тектонически активными с зачастую разнонаправленными интенсивными движениями. В настоящее время они также развиваются в целом унаследованно.

Внутренняя инфраструктура прибрежных территорий образуется системой останцов (целиков), разделенных тектоническими понижениями. Последние почти полностью покрыты преимущественно линейными коврами выветривания, которые могут свидетельствовать о рассеянном типе растяжений. Интенсивность раздробленности пород в пределах целиков значительно слабее, чем в смежных понижениях. Именно такие зоны повышенной раздробленности и трещиноватости подвергаются наиболее интенсивной денудации с аномально высокими скоростями выноса материала.

Прибрежные зоны полуострова Муравьева-Амурского в основном испытывают тектоническое погружение, о чем свидетельствует, в частности, отсутствие высоких морских террас и активное разрастание смежных грабенообразных впадин. В осевых частях останцовых блоков возможны слабые компенсирующие восходящие движения.

На основании совместного анализа геоморфологических, геологических и антропогенных проявлений на морфоструктурной основе выделены локальные участки аномального развития обвалов, оползней и других опасных геологических процессов, а также участки возможного переувлажнения грунтов. Их размещение и характер проявлений контролируются прежде всего морфотектоническими факторами, а техногенные факторы их усиливают. Эти закономерности использованы при экспресс-районировании слабоизученных в инженерно-геологическом отношении урбанизированных территорий.

В дальнейшем, по мнению авторов, наиболее актуальным является детальный анализ процессов и явлений в пределах всех потенциально опасных участков в отношении эндо-, экзо- и технодинамического риска разрушения как отдельных объектов, так и в целом сложившейся инфраструктуры урбанизированных территорий.

Авторы данной статьи считают, что в методологическом плане перед детальным инженерно-геологическим районированием следует проводить комплексную геоморфологическую и геологическую оценку прибрежных зон на морфоструктурной основе, особенно в пределах слабоизученных урбанизированных территорий Дальневосточного региона. 

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов П.Я. Структурные особенности и стадии развития приморских территориально-акваториальных хозяйственных комплексов // Методологические проблемы комплексного хозяйственного освоения океана и прибрежных районов: материалы конференции «Экономика океана», Владивосток, 1978 г. Вып. 6. С. 25–27.
2. Карта оценки экологического состояния Владивостока. Масштаб 1:25 000 / под ред. А.И. Бурого. Владивосток: Дальнаука, 1995.
3. Кулаков А.П. Четвертичные береговые линии Охотского и Японского морей. Новосибирск, 1973. 187 с.
4. Кожин С. Габионовый скандал // Аргументы и факты. 2012. № 26. С. 5.
5. Короткий А.М., Коробов В.В. Районирование прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море) // Исследование и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири. Владивосток: Дальнаука, 2005. Вып. 6. С. 128–158.
6. Кофф Г.Л., Фарафонов А.Э., Беккер А.Т., Аникеев В.В. Априорный анализ сейсмической уязвимости жилой застройки г. Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 2008. 206 с.
7. Мясников Е.А. Геоэкология: комплексная геодинамическая опасность урбанизированных территорий Дальневосточного региона России // Инженерная экология. 2009. № 5. С. 3–21.
8. Мясников Е.А., Невский В.Н. Об эколого-геоморфологических условиях строительства объектов Азиатско-Тихоокеанского экономического саммита в г. Владивостоке // Экология урбанизированной территории. 2010. № 1. С. 45–50.
9. Овсюченко А.Н., Новиков С.С. Новые данные о сейсмической опасности района г. Владивостока по материалам геологических исследований // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии: материалы Косыгинских чтений. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2011. С. 417–420.
10. Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 1998. 216 с.
11. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология. Владивосток: Дальнаука, 2009. 164 с.
12. Осипов В.И. Геоэкология — наука об экологических проблемах геосфер // Геоэкология. 1993. Т. 1. С. 4–18.
13. Свинухов В.Г. Экология атмосферы городов Приморского края. Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 1997. 140 с.
14. Тащи С.М., Мясников Е.А. Геолого-геоморфологические системы территории агломерации Владивосток — Артем. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003. 181 с.
15. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И. Современная парадигма геологии и теоретические задачи инженерной геологии // Геоэкология. 2000. № 2. С. 174–183.
16. Уфимцев Г.Ф., Онухов Ф.С., Тимофеев Д.А. Терминология структурной геоморфологии и неотектоники. М.: Наука, 1979. 255 с.
17. Geologic map of Vladivostok and its environs. Scale 1:125000 / edited by A. Khanchuk. Vladivostok: Dalnauka, 1994.