

УДК 629.113

В.С. Макаров, Д.В. Зезюлин, А.М. Беляев, П.О. Береснев, В.И. Филатов, В.В. Беляков

КЛАССИФИКАЦИЯ БЕРЕГОВЫХ ЗОН КАК ПОЛОТНА ПУТИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН И КОМПЛЕКСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается необходимость движения транспортно-технологических машин и робототехнических комплексов по береговым зонам. Приведена их классификация с точки зрения этих поверхностей как полотна пути. Выделены следующие классификационные группы: с точки зрения геологии, с точки зрения теории движения транспортных средств, по размерам водного объекта, по типу грунта, по наличию растительности, при движении в зимнее (снежное) время года, по наличию подъезда и съезда к берегу, по наличию и размеру поперечного уклона, по постоянству характеристик движения, по изменению влажности в зависимости от близости к воде, по изменчивости во времени, с точки зрения формирования.

Ключевые слова: прибрежная зона, классификация, автономный мобильный робототехнический комплекс.

В рамках проекта, проводимого в НГТУ им. Р.Е. Алексеева, ведется разработка автономного мобильного робототехнического комплекса (АМРК) мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды береговой зоны с использованием радиолокационных средств измерений, транспортируемых беспилотными внедорожными машинами. Такие системы идеально подходят для долгосрочного развертывания, так как они дают возможность непрерывного получения данных, охватывая несколько сотен метров от береговой линии, позволяют изучать прибрежные территории в различных временных и пространственных масштабах [1-5].



Рис. 1. Общий вид АМРК, разработанного в НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Создание таких комплексов на базе обычных дорожных транспортных средств (ТС) ограничивает их применение относительно ровной поверхностью и благоприятным климатом, поэтому было выбрано шасси, на которое устанавливается исследовательское оборудование, а в зависимости от условий движения, ТС может оснащаться сменными движителями (колесный гусенично-модульным, роторно-винтовым).

Для оценки проходимости АМРК необходимо знать ряд показателей, характеризующих как машину, так и среду, с которой эта машина взаимодействует. Для формирования полных исходных данных о местности необходимо знать следующие характеристики грунтов: влажность, объемную плотность грунта; модуль деформации; угол внутреннего трения; внутреннее сцепление в грунте;

толщину мягкого слоя. Грунты неоднородны, прежде всего, по влажности и по плотности. Также необходимо учитывать рельеф местности, по которой должен передвигаться АМРК. Отметим, что общепринятой классификации береговых зон не существует. Если рассматри-

вать береговые зоны с точки зрения полотна пути для ТС (в том числе для АМРК), то можно выделить некоторую классификацию. Первое что можно выделить – это то, что эти поверхности подчиняются все тем же особенностям, что и другие типы дорог, такие как макро- и микропрофиль, опорные и сдвиговые характеристики грунтов. Второе – это специфические требования, характерные именно для береговых зон. В соответствии с данным положением приведем *обоснование и видение классификации береговых зон как полотна пути для транспортно-технологических машин и комплексов (ТТМиК)*:

С точки зрения геологии [6, 7], можно различать эти зоны по следующим признакам: морфологическая – берега крутые, со шtrandом, низменные и т. п.; структурная — берега продольные, поперечные, диагональные; динамическая, учитывающая исходный рельеф, уклоны дна, интенсивность и направление волн, геологическое строение и баланс наносов; генетическая, в основу которой положены разнообразные принципы [6, 7].

Рассмотрев классификацию чисто геологическую, рассмотрим особенности опорных поверхностей, характерных для ТТМиК. Опорные поверхности классифицируются: по макропрофилю, определяющему холмистость, микропрофилю, важному для оценки плавности хода, и несущим и сдвиговым характеристикам грунта, определяющим возможность движения всякого ТС, в том числе АМРК.

Далее можно выделить береговые зоны по размерам водного объекта – это река, озеро, море, океан. Причем данное разделение должно быть, так как оно характеризует масштабность.

Известно, что всякое ТС движется по грунтам, наиболее характерными являются такие, как песчаные (различаются по размеру зерна), глинистые (различаются по пластичности), скальные (каменистые, различаются по размеру гальки), миксты. В данном случае возможны разные классификации. Есть соответствующие ГОСТ [8] и прочие нормативные документы. Для каменных дорог или дорог типа «stone-road» можно применить классификацию из работ [4-8].

Также береговые зоны являются тем местом, где есть растения. С точки зрения поверхностей движения можно выделить участки с растительностью и без. Причем флора может быть различной, так, на участках берегов могут произрастать кустарники и быстрорастущие деревья, представляющие некоторую сложность для движения ТММ, а на некоторых участках иметься только травянистые растения, не представляющие трудности для передвижения. Особенности движения ТС и изменчивость характеристик опорных поверхностей с растительностью (при движении по зарастающим лугам) представлены в работах [9-12].

В зимнее время года сложностью для передвижения являются снег, лед, шуга, льдины. Работами по статистическому анализу распределения снежного покрова в течение зимнего (снежного) периода являются [13-18]. Также в это время важен подъезд к береговой зоне, собственно, как и в другие времена года. Для ТС можно выделить участки с возможностью съезда, труднодоступные и с невозможностью съезда. Для последних возможность движения определяется наличием в приграничных районах смежных участков.

Движение ТС и АМРК практически всегда осуществляется с некоторым креном. Данные режимы будут определяться продольным углом наклона береговой зоны, поэтому можно выделить участки с большим поперечным уклоном, малым и движение по дороге без поперечного уклона.

С точки зрения движения АМРК можно выделить участки по равномерности характеристик движения. Это постоянство (в определенных границах) опорно-тяговых характеристик поверхностей движения, характеристик макро- и микропрофиля, в том числе наличие затопленных участков и бухт.

По мере приближения к воде влажность грунтовой поверхности будет расти, поэтому можно предложить этот классификационный признак.

Очевидно, что многие рассмотренные характеристики будут изменчивы по времени. Так, параметры береговых зон являются величиной периодичной, например, дневной или сезонной. Изменчивость в течение дня будет определяться приливной активностью.

С точки зрения формирования характеристик, а в основном геометрии берега можно выделить естественные и антропогенные (техногенные) факторы. Естественные участки береговых линий могут быть сформированы благодаря циркуляции атмосферы, процессам стока вод, движением волн в прибрежной зоне, а также миграциям растений и животных.

Отметим, что данная классификация может быть дополнена и частично изменена и является видением авторов на проблему передвижения ТТМиК и АМРК в прибрежных зонах.

Для наглядности представим данную классификацию на рис. 2.

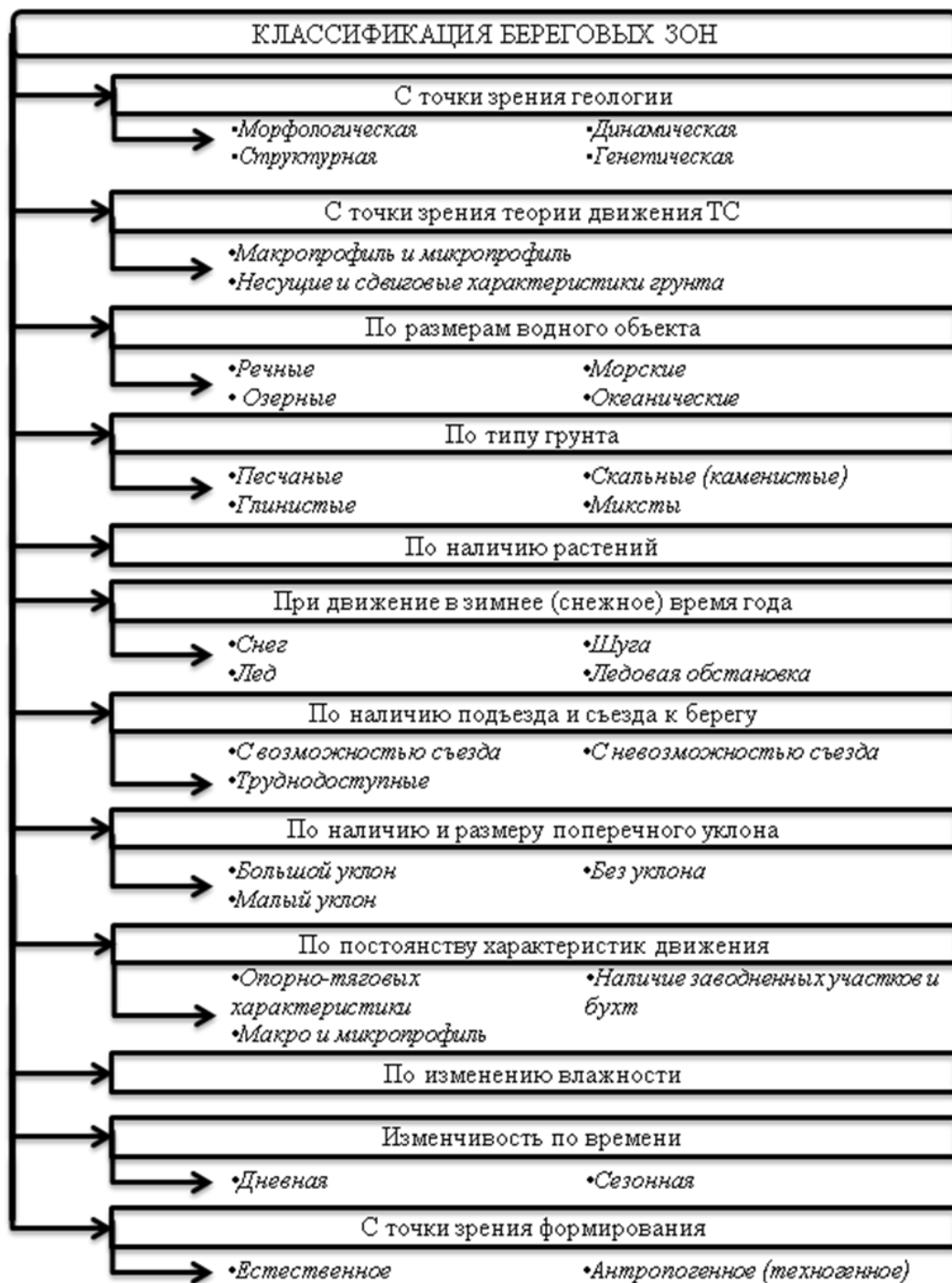


Рис. 2. Классификация береговых зон

Использование данной классификации позволит систематизировать данные о береговых зонах как полотна пути для транспортно-технологических машин и автономных, а также автономных мобильных робототехнических комплексов, что в свою очередь даст возможность спрогнозировать подвижность [19-21] АМРК.

Исследование проведено при поддержке «грантов Президента РФ» по теме: «Экспериментально-теоретическое исследование и разработка статистических моделей грунтовых поверхностей береговых зон для прогнозирования путей повышения эффективности функционирования мобильных робототехнических комплексов мониторинга прибрежных районов». Договор № 14.Z56.16.5854-МК от 14 марта 2016 г.

Библиографический список

1. **Беляков, В.В.** Шасси робототехнического комплекса мониторинга прибрежной зоны / В.В. Беляков [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород. – 2014. – №4(106). – С. 353–357.
2. **Куркин, А.А.** Новые тенденции в обследовании цунами / А.А. Куркин [и др.] // Экологические системы и приборы. – 2014. – № 12. – С. 40–55.
3. **Kurkin, A.** Autonomous Robotic System for Coastal Monitoring, Proceedings / A. Kurkin [et al.] // Proceedings of the 12th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST. – 2015. – P. 933–944.
4. **Makarov, V.** Development of chassis of robotic system for coastal monitoring / V. Makarov [et al.] // Proceedings of the 13th European Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems. – 2015. Rome, Italy. – P. 524–529.
5. **Филатов, В.И.** Автономный мобильный робототехнический комплекс для мониторинга прибрежных зон / В.И. Филатов [и др.] // Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы: сборник материалов 94 международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород. – 2016. С. 149–153.
6. Российская геологическая энциклопедия: в 3 т. / гл. ред. Е. А. Козловский, А. А. Ледовских; Федер. агентство по недропользованию РФ (Роснедра). — М.; СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010.
7. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/11391/%D0%9A%D0%9B%D0%90%D0%A1%D0%A1%D0%98%D0%A4%D0%98%D0%9A%D0%90%D0%A6%D0%98%D0%AF
8. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация. – М., 1995.
9. **Вахидов, У.Ш.** Определение характеристик микропрофиля в поймах рек Северного Кавказа / У.Ш.Вахидов, В.С.Макаров, В.В. Беляков // Интеллектуальные системы в производстве. – 2011. – №. – С. 82–87.
10. **Беляков, В.С.** Моделирование трасс движения транспортных средств, характерных для территории Северного Кавказа / В.С. Беляков, У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров //Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2011. – №7. – С. 24–26.
11. **Вахидов, У.Ш.** Математическое описание дорог типа «stone-road» / У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, В.В. Беляков // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3; URL: www.science-education.ru/103-6376.
12. **Макаров, В.С.** Математическая модель поверхности дорожно-грунтовых оснований, насыщенных характерными повторяющимися дискретными препятствиями / В.С. Макаров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5; URL: <http://www.science-education.ru/111-10472>
13. **Макаров, В.С.** Многоуровневая модель снега как полотна пути для транспортно-технологических машин на примере территории Российской Федерации / В.С. Макаров, Д.В.Зезюлин, В.В. Беляков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-2. – С. 270–276.
14. **Макаров, В.С.** Статистический анализ характеристик снежного покрова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1. – С. 147.
15. **Макаров, В.С.** Оценка эффективности движения колесных машин на основании статистических характеристик снежного покрова / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 1 (98). – С. 150–157.

16. **Макаров, В.С.** Формирование снежного покрова в зависимости от ландшафта местности и оценка подвижности транспортно-технологических машин в течение зимнего периода / В.С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – № 2 (99). – С. 155–160.
17. **Макаров, В.С.** Характер изменения снежного покрова как полотна пути с учетом неравномерности его залегания на местности / В.С. Макаров [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4. – С. 33.
18. **Зезюлин, Д.В.** Метод повышения эффективности движения колесных машин по снегу путем выбора рациональных параметров движителей / Д.В. Зезюлин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-6. – С. 1203–1208.

*Дата поступления
в редакцию 10.05.2016*

V.S. Makarov, D.V. Zeziulin, A.M. Belyaev, P.O. Beresnev, V.I. Filatov, V.V. Belyakov

CLASSIFICATION OF COASTAL ZONES AS A ROAD TO TRANSPORTAL AND TECHNOLOGICAL VEHICLES AND SYSTEMS

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R. E. Alexeyev

The article deals with the necessity of movement of transport and technological vehicles and robotic systems along the coastal zones. Their classification from the standpoint of ground surfaces as the path is shown. The following classification groups of coastlines are identified: in terms of geology, from the point of view of the theory of vehicles movement, in terms of size of the water body, in terms of soil type, in terms of presence of vegetation, in terms of when driving during the winter, in terms of presence and size of the cross-slope, in terms of constancy of movement characteristics, in terms of humidity changing and the proximity to the water, in terms of formation.

Key words: coastal zone, classification, autonomous mobile robot.