УДК 625.731.8 (571.15)

ЕФИМЕНКО ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор,
svefimenko_80@mail.ru
ЕФИМЕНКО СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, докт. техн. наук, доцент,
svefimenko80@gmail.com
СУХОРУКОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, канд. техн. наук,
av_suhar@mail.ru
Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ОСНОВЕ ПРИЗНАКОВ ГЕОКОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Показаны методические аспекты дорожного районирования в таксономической системе «зона – подзона – дорожный район». Рассмотрены принципы формирования информационной базы, включающей признаки геокомплекса зонального, интразонального и регионального характера. Приведены сведения о последовательности моделирования элементами геокомплекса при назначении границ территориального расположения таксонов «зона», «подзона», «дорожный район» на примере Тюменской области. Полученные результаты районирования сопоставлены с рекомендациями действующих норм, а также с предложениями других авторов.

Ключевые слова: геокомплекс; дорожное районирование; таксономическая система; информационная база; опорный пункт; автомобильная дорога.

VLADIMIR N. EFIMENKO, DSc, Professor,
svefimenko_80@mail.ru
SERGEI V. EFIMENKO, DSc, A/Professor,
svefimenko80@gmail.com
ALEKSEY V. SUKHORUKOV, PhD,
av_suhar@mail.ru
Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia

GEOCOMPLEX-BASED TERRITORY DIFFERENTIATION FOR ROAD DESIGN

The paper presents methodical aspects of road zoning in zone – subzone – road district taxonomic system. The formation principles of the data base are considered including the zonal, intrazonal and regional geocomplexes. On the example of the Tyumen region, the sequential modeling using geocomplex elements is described when establishing the boundaries of territorial location of zone, subzone, and road district taxonomic units. The obtained results on zoning are compared with standard recommendations as well as with other authors' proposals.

Keywords: geocomplex; road zoning; taxonomic system; information base; point of reference; road.

© Ефименко В.Н., Ефименко С.В., Сухоруков А.В., 2017

Введение

Обширное пространство, занимаемое Российской Федерацией, определяет разнообразие сочетаний на её территории природно-климатических условий. Её размах по меридиану превышает 4000 км, а по параллели составляет около 10 000 км. Территория России размещена в четырёх климатических поясах, от арктического и субарктического на Севере до умеренного и субтропического на Юге. При детальном анализе разнообразных сочетаний признаков географического комплекса чётко видна их разнородность по особенностям природы. Не является исключением в этом отношении и Западно-Сибирский регион, занимающий площадь в 2451,1 тыс. км^2, что составляет почти 15 % от территории Российской Федерации.

Специалисты [1, 2] отмечают, что существующее дорожно-климатическое районирование, разработанное в середине прошлого столетия, нельзя считать полностью удовлетворяющим требованиям обеспечения качества проектирования и строительства транспортных сооружений. Практически все дорожно-климатические зоны (за исключением V) имеют значительную протяжённость, являются единым географическим целым и объединяют районы европейской части России и Зауралья, характеризуемые различными климатическими и грунтово-гидрологическими условиями.

Решение задач, связанных с районированием отдельных территорий, например, для целей, направленных на обеспечение качества проектирования транспортных сооружений, исследователи реализуют путём применения опыта покомпонентного наложения картографических схем распространения признаков геокомплекса в таксономической системе «зона – подзона – район» [3]. В такой системе таксон «дорожный район» является однородной территорией, которая характеризуется типичными, свойственными только ей климатическими, геологическими, геоморфологическими признаками, соответствующими исследуемой местности [4]. На территории дорожного района земляное полотно и дорожная одежда в однотипных природно-климатических условиях, как правило, обладают прочностью, отличия значений которой незначительны [5]. При этом дорожные конструкции могут выдерживать нагрузки, при которых деформации не превосходят критических значений. Таксономическое понятие «подзона» впервые выделено Л.С. Бергом [6] и соответствует территории, характеризуемой однородными признаками вертикальной зональности орографии или геоморфологии. Понятие «зона», по его мнению, соответствует области вытянутой приблизительно по климатическим поясам в широтном направлении и отличающейся тем, что по всему протяжению общий облик природы остаётся более или менее постоянным [7].

Более чёткое определение таксону «зона» приведено в работе [8]: «Географическая зона (ландшафтная зона, природная зона суши) – одна из высших ступеней физико-географического районирования земной поверхности, обособляемая в пределах географического пояса. Характеризуется общностью термических условий и увлажнения, благодаря чему биологические компоненты ландшафта и почвы, а также экзогенные геоморфологические процессы сходны…»

Методы

Разрабатываемая методология исследований направлена на обеспечение качества проектирования транспортных сооружений за счёт учёта природно-климатических условий отдельных территорий России и состоит из двух стадий. Первая стадия включает операции, направленные на выделение однородных территорий (дорожных районов) в административных образованиях Российской Федерации в таксономической системе «зона – подзона – район» [9]. Реализация операций в этой стадии исследований предполагает три этапа.

Первый этап рассматриваемых работ направлен на формирование информационной базы для моделирования показателями геокомплекса зонального, интразонального и регионального характера. В пределах реализации этапа осуществляют изучение природных условий применительно к территории исследования, например, административного образования в Западно-Сибирском регионе. Выявляют особенности зональных, интразональных и региональных признаков геокомплекса (рис. 1).

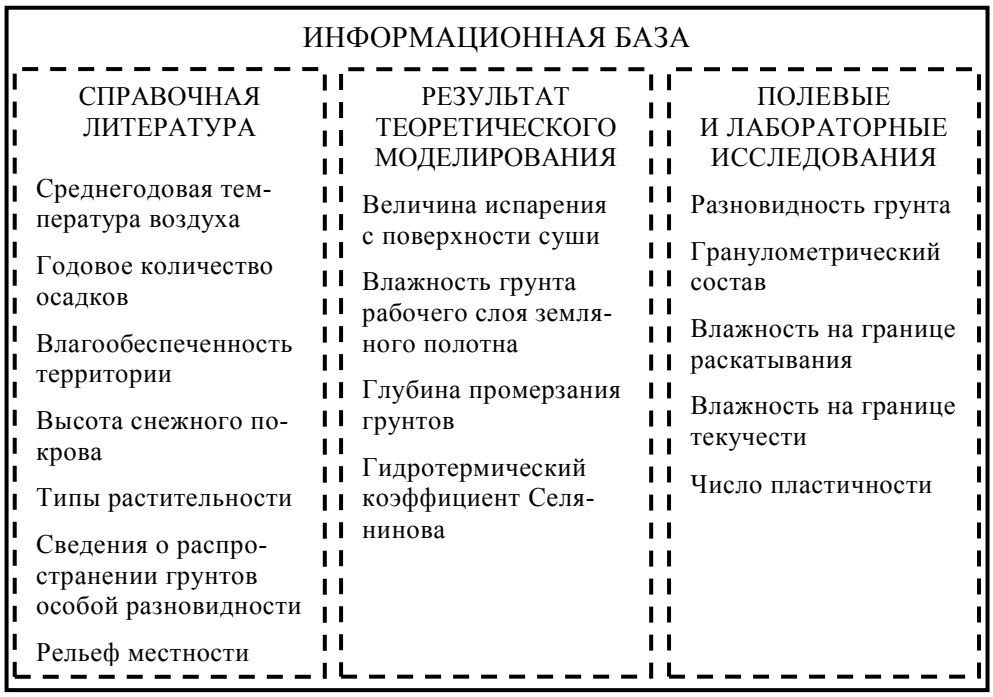

Рис. 1. Группы показателей информационной базы данных, сформированные по способу их получения

Среди зональных признаков, принятых при формировании базы исходных данных для моделирования элементами природно-климатических условий, выделяют показатели климата, характеризуемые среднемноголетними значениями, например среднегодовую температуру воздуха, годовое количество атмосферных осадков, высоту снежного покрова, величину испарения с поверхности суши [3], величину влагообеспеченности территории (гидро-

термический коэффициент Г.Т. Селянинова) [10, 11]. Очевидно, что число факторов, характеризующих таксон «зона», может быть расширено. К интразональным признакам отнесены: рельеф местности (равнинный, холмистый, гористый); тип грунта; граница текучести; граница раскатывания; число пластичности; гранулометрический состав (процентное содержание песчаной, пылеватой и глинистой фракций) [12].

Ряд показателей, учитываемых при дорожно-климатическом районировании территорий, определяют на основе полевых и лабораторных исследований применительно к опорным пунктам, при назначении которых учитывают наличие в районе исследования гидрометеорологических станций. Другая часть показателей принята для этих же опорных пунктов по справочным источникам и на основе результатов теоретического моделирования (рис. 1), что детально рассмотрено ранее в статье [7].

В качестве опорных пунктов для сбора сведений о признаках географического комплекса в работе приняты населённые пункты на территориях административных образований Западно-Сибирского региона.

Второй этап исследований включает операции по уточнению дислокации границ зон, подзон и дорожных районов на мониторируемой территории с привлечением информационно-вычислительных технологий. Применяемые при этом алгоритмы выделения дорожных районов, однородных по принятым признакам геокомплекса, учитывают операции над векторами, поэтому исходные для моделирования сведения представляют в виде матрицы информации [13]. Исходные данные стандартизируют, позиционируя их в виде числовых, безразмерных величин с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией [7]. На основе метода главных компонент процедуры факторного анализа устанавливают главный фактор, комплексно характеризующий территорию дорожно-климатической зоны, подзоны или района и соответствующий линейной комбинации признаков, применяемых при моделировании элементами гекомплекса. Главный фактор служит основным критерием в принятии решения относительно территориального распространения того или иного таксона.

Далее, по известным значениям фактора в опорных пунктах воспроизводят функцию $f(x, y)$, где x, y – координаты опорного пункта или точки на земной поверхности. В качестве аппроксимирующей функции выбран полином, оценку которого производят методом наименьших квадратов. Затем строят линии уровня функции $f(x, y)$, по которым и определяют границы территорий дорожно-климатических зон. По аналогичной схеме, с учётом признаков интразонального и регионального характера, выделяют подзоны и районы.

Третий этап работ включает в себя операции, направленные на региональное представление результатов исследований (осуществление корректировки положения границ дорожных районов в пределах линий соприкосновения смежно расположенных административных образований) [14]. На этом этапе однородные по доминирующим признакам геокомплекса дорожные районы позиционируют на карте-схеме территории региона, объединяющей по площади земной поверхности несколько административных образований. Необходимость отмеченной операции связана с тем, что картирование положения границ для смежно расположенных территорий, например, админи-

стративных образований, как правило, не совпадает на пограничных отрезках (случаи региональных исследований, предполагающих наличие нескольких областных или краевых административных единиц).

Результаты

Результатом работ, выполняемых в рамках первой стадии методологии, является карта-схема распространения границ таксонов с разделением их на подзоны и однородные по признакам геокомплекса дорожные районы и текстовые комментарии (легенда) с характеристикой территорий, занимаемых таксонами.

Сравнивая результаты дорожно-климатического районирования территории Тюменской области, полученные на основе математического моделирования (рис. 2), с отражёнными в нормах проектирования автомобильных дорог, можно сделать вывод, что линия границы II–III дорожно-климатических зон, обозначенная в таблице 20 СНиП 2.05.02–85* опорными (населёнными) пунктами Кыштым – Томск – Канск, фактически проходит на 60 км южнее в западной части области и почти совпадает в её восточной части. Свод правил СП 34.13330.2012 в табл. Б.1 приводит несколько иное описание границы II–III ДКЗ, указывая следующие опорные пункты: Ижевск – Томск – Канск. При этом фактически граница II–III ДКЗ будет проходить в среднем на 23 км севернее линии, нормированной сводом правил.

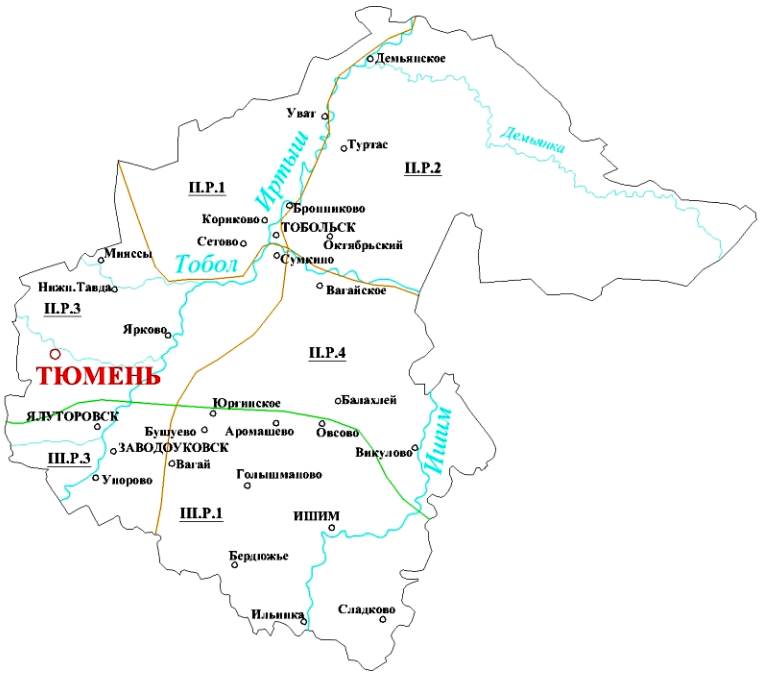

Рис. 2. Карта-схема таксонов системы «зона – подзона – дорожный район» территории Тюменской области:
II и III – номера дорожно-климатических зон; Р – обозначения подзон по преобладающему типу рельефа (равнинный); *1–4* – номера выделенных дорожных районов

Обсуждение

Для оценки достоверности результатов назначения границ таксонов, объединяющих однородные территории по признакам геокомплекса, на примере административного образования Тюменская область выполнен сравнительный анализ полученной нами карты-схемы дорожно-климатического районирования с картой «оценки природных условий Тюменской области для дорожного строительства», которая была разработана специалистами МГУ на основе метода покомпонентного районирования территорий (рис. 3) [15]. При её разработке во внимание были приняты следующие элементы геокомплекса: величина влажности глинистых грунтов; заболоченность территорий; среднемесячная температура зимних месяцев; сроки паводков на реках области. В результате обработки этой информации авторами работы [15] было выделено 4 дорожных района по степени сложности природных условий для строительства автомобильных дорог.

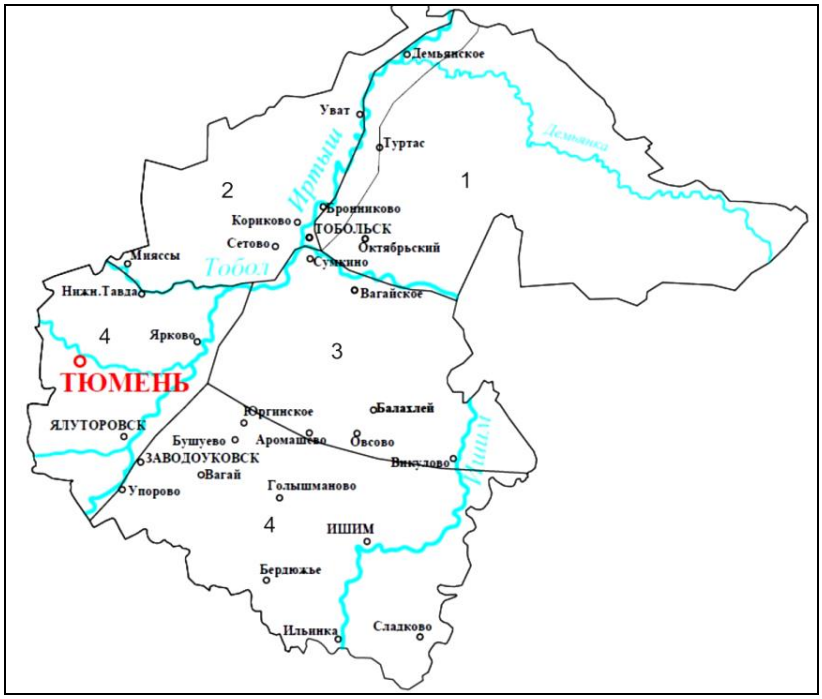

Рис. 3. Карта-схема дорожных районов, выделенных по степени сложности природно-климатических условий территории Тюменской области (по результатам исследований, выполненных специалистами МГУ):
1 – очень сложные; *2* – сложные; *3* – осложненные; *4* – относительно простые

Заключение

Результаты сравнительного анализа показали незначительные отличия по площадям трёх сравниваемых дорожных районов, которые составили от 5 до 8 % (рис. 4). Отметим, что в сравнение не вошли зоны речных долин, отличающиеся небольшой по величине площадью распространения.

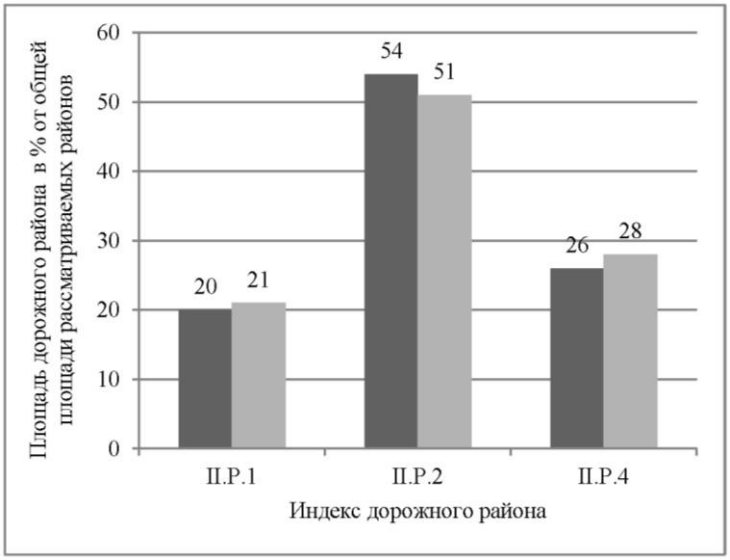

Рис. 4. Результаты сравнительного анализа площадей дорожных районов (II.P.1, II.P.2 и II.P.4), обозначенных по результатам исследований, выполненных в ТГАСУ, с площадями дорожных районов (1, 2 и 3), выделенными специалистами МГУ на территории Тюменской области

В то же время детальный учёт элементов геокомплекса по предлагаемому нами методу дорожно-климатического районирования позволил выделить на территории Тюменской области шесть дорожных районов. То есть помимо трёх районов, принятых к сравнению, нами было выделено ещё три дорожных района, в частности II.P.3 III.P.1 и III.P.3. С нашей точки зрения, детализация районирования территории Тюменской области по разрабатываемой технологии обеспечит качество проектирования транспортных сооружений в регионах с недостаточно развитой инфраструктурой.

Библиографический список

1. *Автомобильные дороги* (Совершенствование методов проектирования и строительства) / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков, М.И. Волков [и др.]. – Киев : Будивельник, 1973. – 278 с.
2. *Ярмолинский, А.И.* Комплексный подход к дорожному районированию территории Сахалинской области / А.И. Ярмолинский, А.П. Пичугов, И.Н. Пугачев. – Условия доступа : http://ad.khstu.ru/files/statja/$file/ statja8.pdf, свободный.
3. *Ефименко, В.Н.* Особенности формирования банка исходных данных при назначении границ дорожно-климатических зон, подзон и районов / В.Н. Ефименко, М.В. Бадина, С.В. Ефименко // Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе : материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию Сибирского государственного университета путей сообщения. Ч. I. – Новосибирск : Изд-во СГУПСа, 2013. – С. 34–36.
4. *Zapata, C.E.* Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design / C.E. Zapata, W.N. Houston // Transportation Research Board. – Washington, D. C., 2008. – 62 p.
5. *Применение информационных технологий* в дорожно-климатическом районировании / В.Н. Ефименко С.В. Ефименко, М.В. Бадина, А.В. Сухоруков // Вестник Казахстанского дорожного научно-исследовательского ин-та. – 2014. – № 3–4. – С. 60–67.

6. *Берг, Л.С.* Природа СССР / Л.С. Берг. – М. : Географгиз, 1955. – 496 с.
7. *Ефименко, С.В.* Дорожное районирование территории Западной Сибири / С.В. Ефименко, М.В. Бадина. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 244 с.
8. *Экология человека* : словарь-справочник / Н.А. Агаджанян, И.Б. Ушаков, В.И. Торошин [и др.]. – М. : КРУК, 1997. – 208 с.
9. *Учёт особенностей распространения геокомплексов* при территориальной организации дорожно-климатического районирования / С.В. Ефименко, В.Н. Ефименко, М.В. Бадина, А.О. Афиногенов // Дороги и мосты. – 2014. – № 31. – С. 42–52.
10. *Хромов, С.П.* Метеорологический словарь / С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974. – 568 с.
11. *К обоснованию территориального распространения границы* II–III дорожно-климатических зон в Западно-Сибирском регионе / В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, А.В. Сухоруков, Т.А. Кожухарь // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 5 (46). – С. 133–142.
12. *Мотылёв, Ю.Л.* Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог в засушливых и пустынных районах / Ю.Л. Мотылёв. – М. : Транспорт, 1969. – 230 с.
13. *Ефименко, С.В.* Информационные технологии выделения территорий, однородных по геокомплексам, при дорожном районировании / С.В. Ефименко, В.Н. Ефименко, А.В. Сухоруков // Роговские чтения. Проблемы инженерной геологии, гидрологии и геоэкологии урбанизированных территорий : мат. Всерос. конф. с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения профессора Геннадия Маркеловича Рогова. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – С. 102–105.
14. *Efimenko, V.N.* Technology for Assignment of Predicted Behavior of Subgrade Soils in the Design of Road Pavements. / V.N. Efimenko, S.V. Efimenko, A.V. Sukhorukov // Key Engineering Materials. – 2016. – V. 683. – P. 250–255.
15. *Звонкова, Т.В.* Карта оценки природных условий Тюменской области для дорожного строительства / Т.В. Звонкова, Н.В. Филанчук // Мелкомасштабные карты оценки природных условий. – М. : МГУ, 1970.

REFERENCE

1. *Sidenko V.M., Batrakov O.T., Volkov M.I., Kaluzhskij Ja.A., Kudrjavcev N.M., Mihovich S.I., Romanenko I.A., Fomin V.A., Gavrilov Je.V.* Avtomobil'nye dorogi (Sovershenstvovanie metodov proektirovanija i stroitel'stva) [Highways (Improvement of methods of designing and construction)]. Kiev: Budivel'nik Publ., 1973. 278 p. (rus)
2. *Yarmolinskii, A.I., Pichugov A.P., Pugachev I.N.* Kompleksnyi podkhod k dorozhnomu raionirovaniyu territorii Sakhalinskoi oblasti [Comprehensive approach to road division into districts of Sakhalin region territory]. Available at: http://ad.khstu.ru/files/statja/$file/statja8.pdf (rus)
3. *Efimenko V.N., Badina M.V., Efimenko S.V.* Osobennosti formirovaniya banka iskhodnykh dannykh pri naznachenii granits dorozhno-klimaticheskikh zon, podzon i rayonov [Database formation for establishing boundaries of road-building climatic zones, subzones and areas]. *Proc. Sci. Conf. 'The 80th Anniversary of Siberian Transport University'*. Novosibirsk: STU Publ., 2013. Pp. 34–36. (rus)
4. *Zapata C.E., Houston W.N.* Calibration and validation of the enhanced integrated climatic model for pavement design. NCHRP report 602. Washington, 2008. 63 p.
5. *Efimenko V.N., Efimenko S.V., Badina M.V., Sukhorukov A.V.* Primenenie informatsionnykh tekhnologiy v dorozhno-klimaticheskom rayonirovanii [Application of information systems in road-climatic zoning]. *Vestnik Kazakhstanskogo dorozhnogo nauchno-issledovatel'skogo in-ta*. 2014. No. 3–4. Pp. 60–67. (rus)
6. *Berg L.S.* Priroda SSSR [Nature of the USSR]. Moscow: Geografgiz Publ., 1955. 496 p. (rus)
7. *Efimenko S.V., Badina M.V.* Dorozhnoe raionirovanie territorii Zapadnoi Sibiri [Road zoning of the West Siberia territory]. TSUAB Publ., 2014. 244 p. (rus)
8. *Agadzhanyan N.A., Toroshin V.I., et al.* Ekologiya cheloveka [Human ecology]. Moscow: KRUK Publ., 1997. 208 p. (rus)
9. *Efimenko S.V., Efimenko V.N., Badina M.V., Afinogenov A.O.* Uchet osobennostei rasprostraneniya geokompleksov pri territorial'noi organizatsii dorozhno-klimaticheskogo raioni-

rovaniya [Geocomplex development at road-building climatic zoning]. *Dorogi i mosty*. 2014. No. 31. Pp. 42–52. (rus)

10. *Khromov S.P., Mamontova L.I.* Meteorologicheskiy slovar' [Meteorological dictionary]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1974. 568 p. (rus)
11. *Efimenko V.N., Efimenko S.V., Sukhorukov A.V., Kozhukhar' T.A.* K obosnovaniyu territorial'nogo rasprostraneniya granitsy II–III dorozhno-klimaticheskikh zon v Zapadno-Sibirskom regione [Rationale for boundaries of climatic zones II–III in West Siberia]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. No. 5. Pp. 133–142. (rus)
12. *Motylev Yu.L.* Ustoychivost' zemlyanogo polotna avtomobil'nykh dorog v zasushlivykh i pustynnykh rayonakh [Subgrade stability in arid and desert areas]. Moscow: Transport Publ., 1969. 230 p. (rus)
13. *Efimenko S.V., Efimenko V.N., Sukhorukov A.V.* Informatsionnye tekhnologii vydeleniya territoriy, odnorodnykh po geokompleksam, pri dorozhnom rayonirovanii [Information technologies in allocation of territories homogenous in geocomplexes in road zoning]. *Proc. All-Rus. Conf. 'Problems of Engineering Geology, Hydrogeology and Geoecology of Urban Areas'.* Tomsk: TSUAB Publ., 2015. Pp. 102–105. (rus)
14. *Efimenko V.N., Efimenko S.V., Sukhorukov A.V.* Technology for assignment of predicted behavior of subgrade soils in road pavement design. *Key Engineering Materials*. 2016. V. 683. Pp. 250–255.
15. *Zvonkova T.V., Filanchuk N.V.* Karta otsenki prirodnykh usloviy Tyumenskoy oblasti dlya dorozhnogo stroitel'stva [Map of natural condition assessment in Tyumen region for road building]. Melkomasshtabnye karty otsenki prirodnykh uslovii. Moscow: MSU Publ., 1970. (rus)