

52. Enjalbert H. Les montagnes calcaires du Mexique et du Guatemala // Annales de Géographie. 1967. № 413. P. 29–59.
53. Coke J.G. IV, Perry E.C., Long A. Sea level curve // Nature. 1991. V. 353. P. 25.
54. Geomorphology and Global Environment Change. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2009. 434 p.
55. Коржуев С.С. Древний карст и циклы карстообразования Сибирской платформы / Карст в карбонатных породах // Тр. МОИП. М.: Изд-во МГУ, 1972. Т. XLVII. С. 141–151.
56. Козырева Е.А., Трещинский Ю.В., Мазаева О.А. Карстово-оползневые и карстово-эрозионные процессы в локальных геосистемах береговых зон Братского водохранилища // Геоморфология. 2008. № 1. С. 36–42.

Поступила в редакцию 28.04.2015

KARST TERRAIN OF THE YUCATAN PENINSULA AND ITS MOUNTAIN FRAME (MEXICO, GUATEMALA, BELIZE)

E.V. LEBEDEVA

Summary

Multilayered karst systems of both above- and underground types were formed on the Yucatan Peninsula at the absolute heights from -150 m offshore to more than 2000 m in the surrounding mountains. Several floors of karst topography were identified: shelf (Mesoamerican Reef) with flooded caves and cenotes; coastal areas with shallow caves and cenotes and dense network of flooded tunnels; the transition zone – sloping plain with deeper cenotes, caves and rare tunnels; hilly northern central part with the rare deep cenotes and caves and polje; Peten plateau with fragments of dry valleys, polje, caves; hilly-low mountains framing with inselberg karst, caves and partially underground rivers; mountains with numerous waterfalls, systems of extremely deep caves, underground rivers, polje. Multi-floor structure of underground karst forms are mainly due to fluctuations of sea level: a periodic drainage of the territory and changes of erosion basis had led to incise of surface and underground watercourses. As a result karst process extended to the entire zone of active water exchange. The most rapid formation of cavities was in the areas of halocline fluctuations. Numerous fractured zones of different origins were a decisive in the rise, development and spatial features of karst systems.

Keywords: karst, Yucatan Peninsula, cenote, underwater (flooded) caves, sea level fluctuation, fractured zone.

doi:10.15356/0435-4281-2015-4-60-79

УДК 551.435.122(282.247.415)

© 2015 г. Н.Н. НАЗАРОВ, С.В. КОПЫТОВ

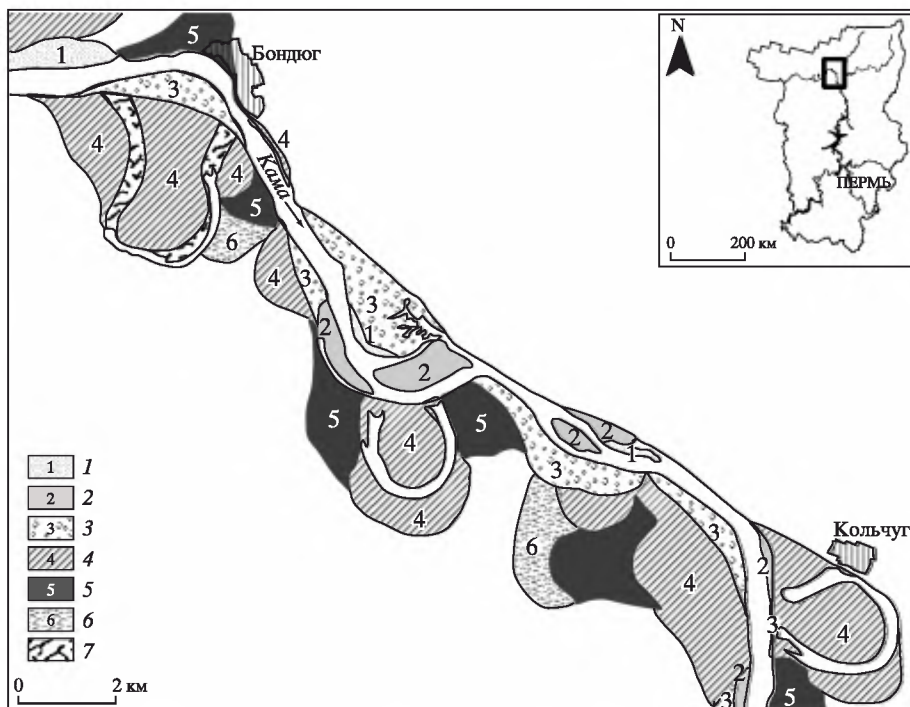
ОЦЕНКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬЕФА ПОЙМЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЕЕ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ГЕНЕРАЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕЙ КАМЫ)¹

*Пермский государственный национальный исследовательский
университет, Россия; nazarov@psu.ru*

Введение

Интерес к изучению речных пойм со стороны представителей естественных и гуманитарных наук охватывает самые различные направления. Для геоморфологов (гидрологов, палеогеографов) комплексные исследования пойм в последние годы направлены преимущественно на реконструкцию морфологии речных русел и характера русловых деформаций в прошлом [1–7]. Для археологов и историков интерес к поймам

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-41281).



Развитие разновозрастных пойменных генераций на верхней Каме (с. Бондюг – устье р. Вишеры) (по [12])
Разновозрастные пойменные поверхности (генерации): 1 – ПГ1, 2 – ПГ2, 3 – ПГ3, 4 – ПГ4, 5 – ПГ5, 6 – ПГ6;
 7 – древние ложбины стока

чаще всего связан с решением проблем заселения и использования человеком приречных территорий в голоцене. По результатам этих исследований проводится привязка разновозрастных стоянок людей к определенным пойменным геосистемам, делаются заключения об особенностях уклада и типах хозяйствования [8–11].

В большинстве случаев в качестве операционной территориальной единицы исследователями выбирается пойменная генерация (ПГ) – группа элементарных геосистем, сформировавшихся в определенный период голоцена и отличающихся от смежных с ними природно-территориальных комплексов набором микроформ, характером растительности, степенью увлажнения и некоторыми другими особенностями состояния природных компонентов.

Выделение разновозрастных ПГ обычно проводится с помощью дистанционных методов. Приемы, которыми руководствуются исследователи при их вычленении, включают анализ геометрических характеристик (рисунка) объектов, оптических свойств и структуры изображения на аэро- и космоснимках, а границы между соседними геосистемами проводятся по линии наибольшего контраста признаков, задействованных при дешифрировании [4, 12].

Относительный возраст каждой ПГ определяется ее взаимоотношением (последовательной очередностью переработки пойменных сегментов) с другими группами ПГ и отмечается местом (номером) в ряду разновозрастных генераций: от самой молодой – первой (ПГ1) до более древних – второй (ПГ2), третьей (ПГ3), четвертой (ПГ4) и т. д.

Как показала практика, процессы диагностирования и выделения ПГ отличаются трудоемкостью, а в отдельных случаях неопределенностью в установлении их относительного возраста из-за естественных ограничений, свойственных дистанционным методам. К числу последних можно отнести как комплекс чисто технологических мо-

ментов (низкое качество и неудовлетворительный масштаб снимков, наличие облачности и др.), так и отсутствие материалов на отдельные участки речной долины.

С целью поиска дополнительных оснований и возможностей для объективного выделения ПГ, исключающих сложности при осуществлении их картографирования с помощью только дистанционных исследований, было проведено изучение морфолого-морфометрических характеристик рельефа ПГ на ключевом участке камской поймы. Предлагается использовать данные характеристики в качестве своего рода дополнительных маркеров – количественных индикаторов ПГ определенного возраста.

Исследование проводилось на участке от с. Бондюг до устья р. Вишеры, где ранее уже были выделены шесть ПГ [12] (рисунк). В качестве морфометрических показателей, отражающих своеобразие рельефа геосистем той или иной ПГ, использовались абсолютные и относительные отметки высот, соотношение между меженным уровнем р. Камы и урезом водной поверхности старичных озер, а также некоторые из характеристик палеоизлучин, стариц, грив и межгривных понижений (“измерителей”, по терминологии И.В. Попова [13, 14]).

Наличие подобных “измерителей” в качестве геоморфологических критериев для выделения ПГ на других участках камской долины, как нам представляется, делает возможным: 1) осуществление контроля за процессом их картографирования с помощью дистанционных методов и, при необходимости, 2) проведение с помощью морфометрического диагностирования необходимых пространственных и временных корректировок. Кроме того, подробная характеристика ПГ может предоставить дополнительные возможности для реконструкции событий, определивших дифференциацию пойменных геосистем и морфолитогенез речной долины в целом.

Методика исследований

Изучение и сбор данных по морфометрии пойменного рельефа проводились с использованием современных аэро- и космоснимков, а также топографических карт м-ба 1:25000. При подборе снимков особое внимание уделялось их разрешающей способности, которая должна была соответствовать пространственным масштабам изучаемых объектов. Снимок со спутника SPOT-6 (август 2013 г.) с пространственным разрешением панхроматического канала 2 м и спектральных каналов 8 м был получен в период низкой летней межени на р. Каме (уровень воды был ниже среднемноголетнего для этого периода из-за засушливой погоды летом 2013 г.). При таком разрешении отчетливо выявляются веера пойменных грив, хорошо дешифрируются все старичные озера.

Анализ конфигурации и взаимного расположения грив позволил проследить пространственно-временную последовательность искривления палеоизлучин, выделить стадии их развития и оценить соотношение продольного и поперечного перемещений.

Для выявления различий в контрастности рельефа пойменных генераций на всем протяжении участка исследований по единичным отметкам уреза р. Камы проведены расчеты высоты ее меженного уровня на момент создания и корректировки топографических карт (соответственно, 1964 и 1982 гг.) с одновременной фиксацией отметок абсолютных высот (горизонталей) элементов пойменного рельефа, а также уровней водной поверхности старичных озер в пределах пойменных геосистем. Для повышения репрезентативности исходных данных при расчетах также были учтены материалы натурной привязки геолого-геоморфологических разрезов пойменных уступов, полученные в полевые сезоны 2013 и 2014 гг.

Для расчета радиусов кривизны современного русла и палеоизлучин на исследуемом участке камской долины использовались возможности полуавтоматического создания пространственных объектов в среде ArcGIS 9.3. С помощью инструмента “*круг*” на космоснимке размещался центр окружности. Затем указатель перемещался до тех пор, пока дуга вписываемой окружности не совпадала с очертаниями русла в

привершинной части излучины. Линия от указателя до дуги окружности и являлась радиусом кривизны палеоизлучины. В атрибутивной базе данных значения радиусов кривизны увязывались с конкретными генерациями.

Особенности строения и морфометрии пойменных генераций

Особенности развития русловых и собственно пойменных процессов наложили свой отпечаток на “выразительность” рельефа, формируя уровенные поверхности ПГ разной высоты с различной степенью горизонтальной расчлененности. Сравнительный анализ высотных отметок элементов рельефа поймы показал, что наименьшими их средними значениями отличается ПГ1 – самая молодая и всегда располагающаяся вдоль речного русла – 3.8 м (табл. 1). Для других геосистем эти показатели находятся в интервале 5.5–6.3 м, причем максимальные значения среди них характерны для ПГ4 и ПГ6 (самой древней из генераций). Примечательно, что наибольшие и наименьшие отметки поверхностей этих генераций не отличаются большими различиями и находятся в интервале 2.5 м – 7.8–10.3 и 1.0–3.5 м, соответственно.

Показателем, характеризующим не только высотное положение элементов рельефа ПГ, но и в определенной степени их литологический состав (наличие в разрезе глинистых слоев), служит превышение водной поверхности старичных водоемов над урезом Камы на данном участке реки. Минимальные средние значения показателя – 2.6 м – зафиксированы у ПГ2 и ПГ5. Максимальные средние значения – 5.3 м – у ПГ6. Абсолютные максимумы также относятся к ПГ6 – 6.3 и 7.2 м, что говорит о неслучайном характере повышенных значений показателя именно у самой древней генерации. Для ПГ3 и ПГ4 средние значения превышений водных поверхностей стариц над урезом Камы составляют 3.1 м, что является одновременно и средней величиной для всех ПГ.

Замеры радиусов кривизны русла, старичных озер и сухих староречий показали наличие значительной неоднородности в их величинах между ПГ1, ПГ2 и ПГ3–ПГ6. Различия в радиусах могут достигать 314–652 м. Для ПГ3 и ПГ4 они составляют около 85 м. Зафиксировано уменьшение значений этого показателя у ПГ4 относительно ПГ5 почти на 50 м. Подобное соотношение величины радиусов современных и бывших речных излучин может говорить об изменениях гидрологических параметров р. Камы во времени без конкретизации характера и силы воздействия.

Таким образом, изучение морфометрических показателей пойменных генераций позволило выявить их некоторые индивидуальные признаки, по которым может быть установлен, а при необходимости и скорректирован их “номер” – относительный возраст в структуре пойменных геосистем верхней Камы. Наиболее устойчивые признаки геоморфологической индивидуальности (отличимости) присутствуют у ПГ1, ПГ2, ПГ3 и ПГ6. Признаки, допускающие принадлежность элементарной геосистемы к нескольким (чаще двум) ПГ, присутствуют у всех генераций.

Самостоятельное значение среди результатов морфометрического анализа пойменных геосистем имеют данные по сопоставлению средних значений “измерителей” между соседними рангами ПГ. Появляется возможность в первом приближении (до проведения вычислений их весовых характеристик) установить относительные масштабы природных (вероятнее всего гидроклиматических) “возмущений”, послуживших толчком для корректировки темпов (направленности?) формирования поймы на всем протяжении голоцена. Для этого был выбран вариант вычисления таких “возмущений” путем определения соотношения величин “измерителей” между ПГ6 и ПГ5, затем ПГ5 и ПГ4, ПГ4 и ПГ3 и т.д. (табл. 1). Просуммировав значения соотношений анализируемых показателей для переходных периодов каждой пары ПГ (предшествующей и следующей за ней по времени формирования), мы получили информацию, которую можно рассматривать как показатель степени изменения природных условий в этот интервал времени (табл. 2). Расположив суммарные значения соотношений в порядке от наибольших к наименьшим, получили следующий ряд: ПГ5/ПГ6 – ПГ1/ПГ2 – ПГ2/ПГ3 – ПГ4/ПГ5 – ПГ3/ПГ4.

Таблица 1

**Значения анализируемых показателей рельефа пойменных генераций
и превышений уровней водной поверхности**

Параметры		Пойменные генерации					
		ПГ1	ПГ2	ПГ3	ПГ4	ПГ5	ПГ6
ОВР	Среднее значение	3.8	5.8	5.5	6.3	5.8	6.3
	Наибольшее значение	8.1	9.9	7.8	10.3	9.6	8.8
	Наименьшее значение	1.2	2.0	2.5	1.4	1.0	3.5
ПВП	Среднее значение	3.2	2.6	3.1	3.1	2.6	5.3
	Наибольшее значение	3.2	3.0	5.2	7.0	4.9	7.2
	Наименьшее значение	3.2	2.2	0.1	1.4	0.4	2.5
РК	Среднее значение	1174.5	1488.8	837	752.2	801.2	805.2
	Наибольшее значение	2775.9	2791	1148.3	1145.4	1338.4	1118.9
	Наименьшее значение	475.3	594.7	443.2	322.4	338.6	402.7

Примечание. ОВР – относительная высота элемента рельефа поймы, м; ПВП – превышение водной поверхности стариц над уровнем Камы, м; РК – радиусы кривизны русла, старичных озер и сухих староречий, м.

Устойчивый признак геоморфологической индивидуальности (отличимости) ПГ – выделено жирным шрифтом.

Таблица 2

**Степень изменчивости природных условий в переходные периоды
(по величине суммы соотношений анализируемых показателей)**

Параметры	Переходный период				
	ПГ1/ПГ2	ПГ2/ПГ3	ПГ3/ПГ4	ПГ4/ПГ5	ПГ5/ПГ6
ОВР	1.53	1.05	1.15	1.09	1.09
ПВП	1.23	1.19	1.00	1.19	2.04
РК	1.27	1.78	1.11	1.06	1.00
Сумма соотношений анализируемых показателей	4.03	4.02	3.26	3.34	4.13

Примечание. Усл. обозначения см. табл. 1.

Данная очередность пар ПГ показывает, что наиболее значимые события, повлиявшие на морфогенез поймы и практически полностью изменившие ход развития русловых процессов на исследуемом участке поймы Камы, произошли в период между окончанием формирования ПГ6 и началом формирования ПГ5, а также в переходные периоды между ПГ3, ПГ2 и ПГ1.

Выводы

1. В качестве морфометрических характеристик пойменного рельефа, отражающих геоморфологические различия и своеобразие разновозрастных ПГ, могут быть использованы абсолютные и относительные отметки его высот, соотношение меженных уровней р. Камы и урезов водной поверхности старичных озер, радиусы кривизны русла, старичных озер и сухих староречий.

2. Наименьшими средними значениями высотных отметок рельефа поймы – 3.8 м – на исследуемом участке долины верхней Камы отличается ПГ1 – самая молодая, располагающаяся вдоль речного русла генерация. Для других геосистем (ПГ2, ПГ3... ПГ6) этот показатель находится в интервале 5.5–6.3 м.

3. Минимальные средние значения превышений водной поверхности старичных водоемов над урезом Камы 2.6 м зафиксированы у ПГ2 и ПГ5. Максимальные средние значения – 5.3 м – у ПГ6.

4. Различия в средних значениях радиусов кривизны русла в пределах ПГ1 и ПГ2 составляют более 300 м, между радиусами излучин ПГ2 и радиусами кривизны старичных озер и сухих староречий ПГ3 – 730 м, различия между ПГ3 и ПГ4 – около 85 м. Зафиксировано уменьшение значений этого показателя почти на 50 м у ПГ4 относительно ПГ5.

5. Наиболее устойчивые признаки геоморфологической индивидуальности (отличительности), по которым может быть установлен, а при необходимости и скорректирован относительный возраст ПГ верхней Камы, присутствуют у ПГ1, ПГ2, ПГ3 и ПГ6. Признаки, допускающие принадлежность элементарной геосистемы к нескольким (чаще двум) ПГ, присутствуют у всех генераций.

6. Наиболее значимые события, повлиявшие на морфогенез поймы и практически полностью изменившие ход развития русловых процессов, произошли в период между окончанием формирования ПГ6 и началом формирования ПГ5, а также в переходные периоды между ПГ3, ПГ2 и ПГ1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернов А.В., Гаррисон Л.М. Палеогеографический анализ развития русловых деформаций широкопойменных рек в голоцене (на примере верхней и средней Оби) // Бюл. МОИП. Отдел геол. 1981. Т. 5. Вып. 4. С. 97–108.
2. Чалов Р.С. Историческое и палеорусловедение: предмет, методы исследований и роль в изучении рельефа // Геоморфология. 1996. № 4. С. 13–18.
3. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Баслеров С.В. и др. Основные этапы истории речных долин центра Русской равнины в позднем валдае и голоцене: результаты исследований в среднем течении р. Сейм // Геоморфология. 2001. № 2. С. 19–34.
4. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Крона, 2009. 684 с.
5. Назаров Н.Н., Черепанова Е.С. Морфодинамические изменения русла верхней Камы (исторический аспект) // Вестн. Удм. ун-та. 2011. Вып.4. С. 119–126.
6. Панин А.В., Сидорчук А.Ю., Чернов А.В. Основные этапы формирования пойм равнинных рек Северной Евразии // Геоморфология. 2011. № 3. С. 20–31.
7. Назаров Н.Н. К вопросу о времени последнего массового спрямления излучин на верхней Каме // Вестн. Удм. ун-та. 2014. Вып. 2. С. 105–111.
8. Karmanov V., Zaretskaya N., Panin A., Chernov A. Reconstruction of local environments of ancient population in a changeable river valley landscape (the middle Vichегда river, Northern Russia) // Geochronometria. 2011. V. 38. № 2. P. 128–137.
9. Карманов В.Н., Чернов А.В., Зарецкая Н.Е. и др. Опыт применения данных палеорусловедения в археологии на примере изучения средней Вычегды (европейский северо-восток России) // Археология, этнография и антропология Евразии. 2013. № 2. С. 83–93.
10. Чернов А.В., Зарецкая Н.Е., Лаптева Е.Г. и др. Применение естественно-научных методов для реконструкции условий обитания древнего человека в долине Верхней Камы (группа Чашкинских стоянок) // Тр. IV (XX) Всерос. археол. съезда. Казань: Отечество, 2014. Т. 4. С. 380–383.
11. Демаков Д.А., Копытов С.В., Лычагина Е.Л. и др. Динамика освоения человеком долины верхней Камы в контексте палеорусловых процессов // Человек и Север: Антропология, археология, экология / Мат-лы Всерос. конф. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2015. Вып. 3. С. 108–111.
12. Назаров Н.Н., Копытов С.В., Чернов А.В. Пространственно-временные особенности формирования разновозрастных генераций поймы верхней Камы // Геогр. вестник. 2014. № 4. С. 4–7.
13. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 328 с.
14. Попов И.В. Методические основы исследований руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 208 с.

Поступила в редакцию 23.06.2015

EVALUATION OF THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE FLOODPLAIN TO DISTINGUISH IT'S DIFFERENT-AGE GENERATIONS (THE UPPER KAMA AS AN EXAMPLE)

N.N. NAZAROV, S.V. KOPYTOV

Summary

Researches of floodplain relief were surveyed on the upper Kama from the Bondyug village to the Vishera mouth. Current aerial photographs, space images and topographic maps were used. An absolute and relative elevation, the ratio of low levels of Kama river and the edges of the water surface of oxbow lakes, the radii of curvature of oxbow lakes, old river beds and dry ones can be used as morphometric characteristics of floodplain topography, reflecting the geomorphological differences and the uniqueness of different age floodplain generations. The most stable geomorphological indications of identity, by which one may establish and if necessary adjust relative age of the floodplain generations are present in the first, third and sixth generations.

Keywords: floodplain, floodplain generation, morphometry, Kama river

doi: 10.15356/0435-4281-2015-4-79-85

УДК 551.4.03

© 2015 г. С.В. ПОПОВ

ГИПСОГРАФИЧЕСКАЯ КРИВАЯ ПОДЛЕДНО-ПОДВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ¹

ПМГРЭ, СПб., Ломоносов, Россия; sporov67@yandex.ru

Введение

Исследования полярных областей нашей планеты за последние два десятилетия ознаменовались большими достижениями. Особенно значимые результаты были получены при изучении рельефа территорий, перекрытых ледником. Ведущая роль при этом, принадлежит работам на острове Гренландия и в Антарктиде. Изучение подледно-подводного рельефа последней выполнялось в рамках международного проекта *BEDMAP* ("Топография коренного ложа Антарктики"). Он был завершен в 2000 г. созданием базы данных и изданием карты высот подледно-подводной поверхности [1, 2]. Эти материалы стали основой геоморфологической интерпретации, приведенной, в частности, в [3–6].

В 2011 г. была инициирована вторая генерация проекта *BEDMAP*, *BEDMAP2*, завершившаяся в 2012 г. обновлением базы данных и предыдущих карт [7]. Появление новых данных о высотах подледно-подводной поверхности Антарктиды [7, 8] требует обновления существующих геоморфологических карт этого континента и необходимости создания отсутствующей ныне [9–11] единой системы районирования по высотному признаку, которая учитывает скрытый подо льдом рельеф скального основания полярных регионов. При этом нельзя ограничиваться лишь Антарктидой. В Арктике также имеются достаточно мощные и обширные ледники. Прежде всего это о-в Гренландия, архипелаги Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и Северная Земля, а также острова Девон и Элсмир, входящие в состав Канадского арктического архипелага.

В качестве первого шага в создании системы районирования автор видит анализ высот подледно-подводной поверхности нашей планеты и составление новой гипсографической кривой. Она и методика ее построения излагаются в настоящей работе.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-00234-а).