

УДК 991.2, 556.

The open-access sources of geographical data about river networks of the European Russia

Kharchenko Sergey Vladimirovich – (xar4enkkoff@rambler.ru)
Candidate of Geography. K(V)FU, Researcher.

Ermolaev Oleg Petrovich – Doctor of Geography. K(V)FU, Professor.

Maltsev Kirill Aleksandrovich – Candidate of Geography. K(V)FU, Assistant Professor.

Muharamova Svetlana Sayasovna – Candidate of Biology. K(V)FU, Assistant Professor.

Ivanov Maxim Andreevich – K(V)FU, Teaching Assistant

Abstract: In the article gives the results of comparative analysis of some open-access data-sources about river network of European Russia. The comparison carried by series of quantitative and qualitative signs. It's are particularity of network data, accuracy (as a measure of conformity with reality), parent data for creating the river network data, attributive information. This signs has effect on applicability of different sources for scientific and practical issues.

Keywords: river network, open-access data, European Russia, comparative analysis.

Открытые источники географических данных о структуре речной сети Европейской части России

Харченко Сергей Владимирович – (xar4enkkoff@rambler.ru)
Кандидат географических наук. К(П)ФУ, научный сотрудник.

Ермолаев Олег Петрович – Доктор географических наук. К(П)ФУ, профессор.

Мальцев Кирилл Александрович – Кандидат географических наук. К(П)ФУ, доцент.

Мухарамова Светлана Саясовна – Кандидат биологических наук. К(П)ФУ, доцент.

Иванов Максим Андреевич – К(П)ФУ, ассистент.

Аннотация: В работе приведены результаты сравнительного анализа нескольких открытых источников информации о гидрографической сети Европейской части России. Сравнение проводится по ряду

количественных и качественных признаков как-то: подробность данных (детальность сети), точность (степень совпадения с действительной ситуацией), исходные материалы, использованные при создании того или иного источника, наличие или отсутствие атрибутивной информации. Эти параметры определяют применимость различных источников для решения научных и прикладных задач.

Ключевые слова: речная сеть, открытые источники данных, Европейская часть России, сравнительный анализ.

Введение. Европейская часть России занимает площадь чуть менее чем 4 млн. км². Дренаж территории такой большой площади осуществляется через сложную и разветвленную сеть, состоящую из десятков тысяч рек, малых рек и ручьев. В подтверждение этого приведем пример. Согласно данным Водного реестра России только бассейн р. Волги включает 8875 рек и 688 ручьев [1]. Естественно предположить, что малое количество ручьев связано лишь с генерализацией данных, а действительно количественно соотношение явно в пользу ручьев.

Часто географы при решении самых разных задач (например, при гидрологическом или геоморфологическом моделировании, прогнозировании стока, выявлении геологических структур и т.д.) сталкиваются с проблемой подбора корректной информации о гидрографической сети. Совершенно ясно, что ни один из источников – вне зависимости от того, открытый он или «служебный» – не является абсолютно достоверным. Любой электронный или аналоговый (в т.ч. и бумажные карты) образ гидрографической сети – всего лишь ее модель, характеризующая тем или иным уровнем абстракции. Задача исследователя при подборе источника информации о «гидросети» для решения какой-либо своей задачи – определить степень применимости каж-

дого из доступных источников именно для этой задачи. В данной работе приводятся результаты сравнения различных открытых источников информации о структуре речной сети, которые могут быть использованы географами при работах по территории Европейской части России. Некоторые из этих источников охватывают существенно большую площадь, что будет указано в тексте настоящей работы дополнительно.

Материалы и методы. В статье анализируются 6 источников открытой информации о структуре гидрографической сети. Эти источники: ЦТК России [2], VMap0 [3], OpenStreetMap [4], ССМ 2.1 [5], Ecrins [6], HydroSheds (вместе с HydroBasins) [7]. Они имеют разное покрытие, и для территории России все они покрывают лишь европейскую ее часть (при этом — не севернее 60° с.ш.). На азиатскую часть распространяются лишь 4 источника из 6 (VMap0, ЦТК России, OpenStreetMap, HydroSheds). Европейскую часть России планарно покрывают только 3 источника (VMap0, ЦТК России, OpenStreetMap). В подавляющем большинстве случаев (и — что важно — в «первоисточниках») эти данные распространяются в виде векторных файлов, используемых в ГИС-приложениях (в частности, файлы формата *.shp).

Сравнение производилось в ГИС MapInfo. Заведомо более точными «эталоном», с которыми сравнивались разные варианты представления гидрографической сети, были выбраны карты масштаба 1:25 000, а также подгруженные в ГИС космические снимки Google Maps (съемка спутников DigitalGlobe и GeoEye).

Учитывая возможные разночтения в проведении границ Европейской части России (далее — ЕЧР), отдельно отметим используемое нами понимание границ

этого крупного региона. Граница «Европейской части России» нами проводится по арктическому побережью материка (исключая арктические острова), затем по государственной границе страны (исключая п-ов Крым, острова в Балтийском, Азовском, Черном морях и Каспийском море-озере) до пересечения границы России и Казахстана с главным водоразделом Уральских гор — хребтом Урал-Тау. Затем по этому хребту и главному водоразделу хребта Пай-Хой до арктического побережья России.

Результаты и обсуждение. ЦТК России. В границах ЕЧР гидрографическая сеть ЦТК России представлена линейным (водотоки) и полигональным (водоемы) слоями. Первый включает почти 62 000 сегментов сети. Большая часть сети разбита на элементарные сегменты, т.е. участки водотоков, заключенные между устьями впадающих в него притоков. Иными словами, только водотоки 1 порядка (по любой из распространенных классификаций [8-11], исключая классификации Гравелиуса [12] и Хортона [13]) представлены 1 сегментом, прочие водотоки представлены 2 и более сегментами. Однако такой подход выдержан создателями ЦТК России не везде — в редких случаях впадение притока в главную реку почему-то не служит основанием для разбиения ее в точке впадения. Это создает затруднения при автоматизированной классификации водотоков в структуре речной сети (вычислении их порядков). Большим плюсом базы является наличие в атрибутивной информации кириллических названий рек. В общей сложности более 24200 сегментов имеют такую подпись. Кроме того, приводятся сведения о судоходности водотоков. Слой водоемов включает более чем 27200 объектов. Кириллические названия из них имеют 1160

объектов — но это не только озера и водохранилища, но еще и озеровидные расширения речных русел крупных рек, выраженные в масштабе карты. Заявляемый масштаб картографирования при создании ЦТК России — 1:1 000 000.

VMap0. Гидрографическая сеть *VMap0* включает два слоя с линейными объектами (реки и «каналы») и один слой с площадными объектами (озера и водохранилища). В границах ЕЧР сеть рек включает 24 890 сегментов, сеть каналов — 108 сегментов. Слой озер и водохранилищ представлен в общей сложности более чем 12 000 объектами. Однако, многие водоемы разделены на части, никак не выраженные в реальных условиях. Это разделение, оценочно, увеличивает формальное количество водоемов в 3-4 раза. В атрибутивной информации естественные водоемы и водохранилища разделены — им соответствуют коды классификатора «Inland Water» (озера, расширения русел) и «Land Subject to Inundation» (водохранилища). Более чем 4400 водотоков и 2300 водоемов (!не географических объектов, а именно объектов в ГИС-слое) имеют подпись в латинской транскрипции. Кроме того, дается информация, постоянный ли это водоем/водоток или спорадический. Заявляемый масштаб (и, следовательно, детальность и точность данных) — 1: 1 000 000. В отличие от ЦТК России, гидрографическая сеть *VMap0* разбита на сегменты корректно.

OpenStreetMap. Данные некоммерческого портала openstreetmap.org – свободной карты мира – также доступны в формате файлов для геоинформационных систем [4]. Весьма высокая детальность «гидросети» OSM объясняется тем, что сама карта по сути и наполнению во многом соответствует топографическим кар-

там наиболее крупных масштабов – 1:10 000 или 1:25 000. Карта создается энтузиастами по данным спутниковых снимков, фотографий, GPS-треков и другой пространственной информации. Как и в двух предыдущих случаях, данные о речной сети представляют совокупность данных о водотоках и водоемах. Количество объектов-водотоков в границах ЕЧР – 224 600, т.е. в 3,5-4 раза больше, чем на ЦТК России и почти в 10 раз больше, чем на VMap0. Водотоки подразделяются на два типа – «stream» (122 100 объекта) и «river» (102 500 объектов). Несмотря на меньшее количество объектов типа «river», средняя их длина в 3 раза больше, чем длина объектов типа «stream». Показатель максимальной длины отличается уже в 6 раз. Эти отличия, а также положение объектов типа «stream» в структуре сети позволяет думать, что к ним создатели относят преимущественно ручьи и малые реки верхних звеньев речных систем. Почти 59700 объектов имеют подписи. Как и в случае с ЦТК России, немалая часть водотоков не разбита на элементарные сегменты, что может затруднить задачу автоматизированной классификации потоков по порядковому положению в сети.

Слой водоемов OSM на территорию ЕЧР включает более 352 800 объектов — это озера и водохранилища («water»), болота («wetland»), расширения русел рек, выраженные в масштабе («riverbank»). Более чем 24 900 объекта имеют наименования, причем как имена собственные, так и – реже – нарицательные (вида «пруд» и т.п.).

Все три описанных источника данных имеют топологическую особенность, отличающую их от трех других источников – наличие «кольцевых» образований, бифуркаций (река разветвляется на протоки, а за-

тем снова сливается), что также не позволяет производить автоматизированную классификацию, например, по А. Штралеру [8]. Потенциальным решением может послужить предложенный Н. И. Алексеевским принцип условных порядков, примененный им для определения порядкового положения (соответствующего водности потока) протоков в разветвленных руслах и в дельтах рек [14]. Однако пока этот принцип не получил широкого распространения даже в России. Как минимум один из источников – ЦТК России – имеет «кольцевые» образования, не существующие в реальной речной сети. Встречаются ситуации, когда, например, два смежных притока реки берут исток в одной точке, что не соответствует реальности.

Три другие источника — ССМ 2.1, *Ecrins* и *HydroSheds* — по сути, представляют собой не сети рек, а сети тальвегов любых линейных водосборных понижений. В условиях гумидного климата эти понятия часто идентичны, но в семи-аридных и аридных ландшафтах часто встречаются «суходолы» представляющие собой в лучшем случае «каналы» для временных водных потоков в периоды снеготаяния или дождей. Эти сети построены по данным морфометрического анализа глобальных цифровых моделей рельефа SRTM и GTOPO.

ССМ 2.1 и *Ecrins* представляют собой почти идентичные сети. Их территориальный охват — вся Зарубежная Европа и большая часть ЕЧР, исключая бассейн р. Печоры. Водоемы в этих наборах данных выделяются отдельно, но и главный линейный слой — водотоков — также не разрывается наличием озер или водохранилищ на реках, а включатся по их осевым линиям в общую сеть как подобие тальвегов. Каждая речная сеть

имеет явную древовидную структуру, «кольцевые» образования отсутствуют.

В пределах территории ЕЧР данные ССМ разбиты на ряд «макро-бассейнов», названных «Волга», «Дон», «Балтика», «Днепр» и «Урал» и имеющих свои числовые шифры. Четыре из пяти названий соответствуют главным рекам четырех крупных речных систем ЕЧР, и можно было бы подумать, что данные ССМ разграничены именно по разделам водосборных бассейнов Волги, Дона, Днепра и Урала. Однако, в таком случае, очевидно, не охваченными остаются обширные площади Предкавказья, Балтийского кристаллического щита, материковой Европейской Арктики. Т.е. названия этих «макро-бассейнов» условны и лишь весьма приблизительно характеризуют их положение и границы.

Данные ССМ включают слои с т.н. главными реками («mainrivers»), сегментами речной сети («riversegments»), узлами слияния рек — устьями притоков («rivernodes»), устьями главных рек («seaoutlets») и границами водосборов, смоделированными для каждого из сегментов сети («catchements»). Слой «mainrivers» содержит сеть наиболее крупных водотоков, не разбитых на элементарные сегменты. Для малой части объектов в атрибутах в латинской транскрипции указано название реки. Слой «riversegments» содержит гораздо более детальную пространственную и атрибутивную информацию — исследователям полезными могут оказаться порядки сегментов по А.Штралеру, дренируемая водосборная площадь, длина сегмента и кумулятивная длина от истока и т.д. Общее количество сегментов речной сети ЕЧР по данным ССМ немногим превосходит 400 000.

Данные Ecrins на территорию ЕЧР уже не дробятся на пять участков, как в случае с ССМ (Ecrins — продукт развития и уточнения ССМ). В атрибутивных данных слоя водотоков содержится вся информация, которая имеется и в базе ССМ. Общее количество сегментов речной сети превышает 352 000. Кроме того, доступны слои водосборных бассейнов, озер и водохранилищ.

Заявляемый масштаб обоих источников данных — 1: 250 000. Детальность «прорисовки» гидросети соответствует этому масштабу. И ССМ, и Ecrins построены на основе данных SRTM (южнее 60° с.ш.) и GTOPO (севернее 60° с.ш.), приведенных методами интерполяции до разрешения SRTM.

HydroSHEDS — сеть тальвегов, построенная на всю площадь суши, покрытую данными SRTM. Цифровая модель рельефа перед отрисовкой водотоков была заглублена до разрешений 15 угловых секунд в пикселе и 30 угловых секунд в пикселе. И данные HydroSHEDS, соответственно, распространяются на двух уровнях детальности. В первом варианте (15 угловых секунд / пиксел) сеть содержит чуть менее 106 400 сегментов. Разбиение на сегменты корректное, потому HydroSHEDS допустимо использовать для расчета порядков тальвегов/водотоков. Однако у этих данных есть другой недостаток — ортогональность всех линий, которыми отображены тальвеги. Отдельные отрезки, имитирующие плановую конфигурацию русла, расположены только под углами 0, 45, 90 и 135°. Такая особенность сильно ограничивает возможности, например, линеаментного анализа речной сети для выявления разломной тектоники. В атрибутивных данных для каждого из сегментов сети записано количество ячеек цифро-

вой модели рельефа выше по течению данного сегмента, т.е. параметр, с некоторой степенью свободы соотносимый с расстоянием от истока.

Минимальная длина отрезка ломаной, которыми в HydroSHEDS аппроксимируются тальвеги – около 500 м. Соответственно, структура гидрографической сети в этих данных передана как минимум не хуже, чем на бумажных картах масштаба 1: 1 000 000.

На рисунке 1 показано взаимное пространственное соотношение различных вариантов гидросети в верховьях реки Тим (бассейн р. Дон) в Тимском районе Курской области, где в условиях расчлененного, эрозионного рельефа Среднерусской возвышенности следует ожидать хорошего сходства плановой морфологии речной сети, отрисованной по разным источникам.

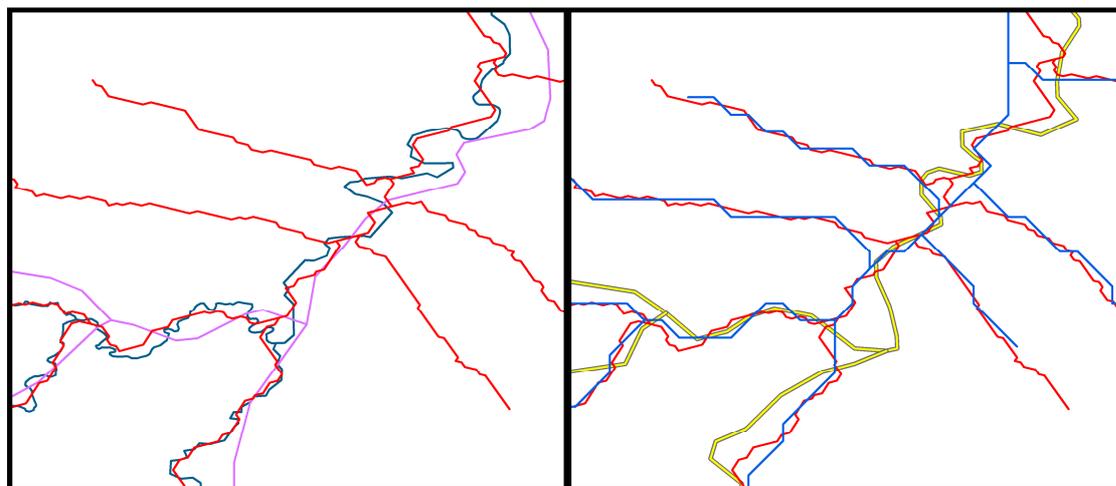


Рис.1. Слева — фрагменты гидрографических сетей по данным VMap0 (фиолетовый), OpenStreetMap (синий) и ССМ 2.1 (красный). Справа — фрагменты гидрографических сетей по данным ЦТК России (желтый), HydroSHEDS 15s (синий) и Ecrins (красный). Размер участка с запада на восток — 9 км.

Налицо относительная «примитивность» морфологии сетей VMap0, в меньшей степени – ЦТК России и HydroSHEDS. Также бросается в глаза описанная выше

ортогональность сети HydroSHEDS, когда отдельные отрезки кривых принимают только дискретные величины азимута ориентировки. Сложной структурой обладают ССМ и Ecrins, показанные красным цветом на левом и правом изображениях соответственно. Легко заметить идентичность их структуры – эти сети отличаются лишь на отдельных участках верхних звеньев речной сети, на слабо расчлененных вершинных поверхностях междуречий. Наибольшей степени соответствия действительной морфологии речной сети отвечают данные OpenStreetMap – об этом говорит наложение речной сети OSM и на топографическую карту масштаба 1:25 000, и на высокодетальные космические снимки. Нужно заметить, что в сети OSM — наиболее подробной из всех рассмотренных – отсутствуют 4 крупных право- и левобережных сегмента (по 2 с каждой стороны), имеющих во всех сетях, смоделированных по цифровым моделям рельефа. Эти сегменты – тальвеги балок, а не постоянные водотоки. Т.е. уже в лесостепной и степной зонах с характерными для них соотношениями осадков и жидкого стока по ЦМР выделяется немало «ложных» водотоков.

Выводы. Различные источники данных о структуре гидрографической сети Европейской части России характеризуются рядом параметров, которые в совокупности определяют применимость того или иного источника для каждой конкретной задачи. В задачах мелко- и отчасти среднемасштабного гидрологического моделирования (основанного на топологической структуре речной сети) удобно применимыми и достаточно достоверными являются сети тальвегов, смоделированные на цифровых моделях рельефа. Однако их использование требует учета климатических условий и отсева

«суходолов». Вместе с этим, тальвеги и устьевые точки, достоверность пространственной привязки которых крайне важна для оконтуривания водосборов, в них отражается довольно точно. Не беря в расчет пространственную точность, большей топологической корректностью обладают данные VMap0, ЦТК России и, тем более, OSM. Эти данные, однако, имеют ряд других недостатков. Среди них – значительное смещение элементов сети относительно их реального положения русел на склоны, а иногда и на междуречья (в основном – у VMap0 и ЦТК России); излишняя и даже вредная для некоторых видов моделирования детальность (замыкания, бифуркации).

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №15-17-10008).

Библиографический указатель:

1. Государственный водный реестр // textual.ru
URL: <http://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 20.07.2015).

2. Цифровые карты Роскартографии в формате ArcInfo // ДАТА+: геоинформационные системы для бизнеса и общества URL: http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2717&SECTION_ID=67&sphrase_id=2894291 (дата обращения: 20.07.2015).

3. Vmap0 — описание данных // ГИС-Лаб: Геоинформационные системы и Дистанционное зондирование Земли URL: <http://gis-lab.info/qa/vmap0-about.html> (дата обращения: 20.07.2015).

4. Данные OpenStreetMap в формате shape-файлов // ГИС-Лаб: Геоинформационные системы и Дистанци-

онное зондирование Земли URL: <http://gis-lab.info/qa/osmshp.html> (дата обращения: 20.07.2015).

5. Catchment Characterisation and Modelling (CCM) // JOINT RESEARCH CENTRE. The European Commission's in-house science service URL: <http://ccm.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=23> (дата обращения: 20.07.2015).

6. European catchments and Rivers network system (Ecrins) // European Environment Agency (EEA) URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-catchments-and-rivers-network> (дата обращения: 20.07.2015).

7. HydroSHEDS. Overview // HydroSHEDS URL: <http://hydrosheds.org/page/overview> (дата обращения: 20.07.2015).

8. Strahler A.N. Dynamic basis of geomorphology // Geological Society of America Bulletin. — 1957. — №63. — P. 923–938.

9. Философов В.П. Порядки долин и их использование при геологических исследованиях — Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1959. — 256 с.

10. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. — Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1960. — 238 с.

11. Schreve R.L. Infinite topologically random channel networks // J. Geol. — 1967. — Vol. 75, N 2. — P. 178–186.

12. Gravelius H. Rivers. — Berlin: G.J. Göschen Publishing, 1914. — 179 p.

13. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1948. — 158 с.

14. Алексеевский Н.И., Соколова Ю.В. Структура сети водотоков в русловых и дельтовых разветвлениях и способы ее формализации // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 1999. – № 2. – С. 13–19.

Bibliography:

1. Russian Federal Water Register // textual.ru URL: <http://textual.ru/gvr/> (Retrieved: 20.07.2015).

2. Digital maps from Roscartography in the format of ArcInfo // DATA+: geographical informational system for business and society URL: http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2717&SECTION_ID=67&sphrase_id=2894291 (Retrieved: 20.07.2015).

3. Vmap0 – data description // GIS-Lab: geographical informational system and remote sensing URL: <http://gis-lab.info/qa/vmap0-about.html> (Retrieved: 20.07.2015).

4. OpenStreetMap data in the shape-files format // GIS-Lab: geographical informational system and remote sensing URL: <http://gis-lab.info/qa/osmshp.html> (Retrieved: 20.07.2015).

5. Catchment Characterisation and Modelling (CCM) // JOINT RESEARCH CENTRE. The European Commission's in-house science service URL: <http://ccm.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=23> (Retrieved: 20.07.2015).

6. European catchments and Rivers network system (Ecrins) // European Environment Agency (EEA) URL: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-catchments-and-rivers-network> (Retrieved: 20.07.2015).

7. HydroSHEDS. Overview // HydroSHEDS URL: <http://hydrosheds.org/page/overview> (Retrieved: 20.07.2015).

8. Strahler A.N. Dynamic basis of geomorphology // Geological Society of America Bulletin. – 1957. – №63. – P. 923–938.

9. Filosofov V.P. Valley's orders and its applications for geological surveying. – Saratov: Saratov University Press, 1959. – 256 p.

10. Rzhantsin N.A. Morphological and hydrological regularities of river network organization. – Leningrad.: Hydrometeorological Publishing, 1960. – 238 p.

11. Schreve R.L. Infinite topologically random channel networks // J. Geol. – 1967. – Vol. 75, N 2. – P. 178–186.

12. Gravelius H. Rivers. – Berlin: G.J. Göschen Publishing, 1914. – 179 p.

13. Horton R.E. Erosional development of streams and their drainage basins. – M.: Publishing house of foreign fiction, 1948. – 158 p.

14. Alekseevskiy N.I., Sokolova Yu.V. Organization of streams network in the bifurcations of river channels and deltas and approaches of its formalization // Research's news of the Moscow University. Series 5. Geography. – 1999. – № 2. – P. 13–19.

Об авторах:

Харченко Сергей Владимирович – Кандидат географических наук. К(П)ФУ, научный сотрудник. (har4enkkoff@rambler.ru)

Ермолаев Олег Петрович – Доктор географических наук. К(П)ФУ, профессор.

Мальцев Кирилл Александрович – Кандидат географических наук. К(П)ФУ, доцент.

Мухарамова Светлана Саясовна – Кандидат биологических наук. К(П)ФУ, доцент.

Иванов Максим Андреевич – К(П)ФУ, ассистент.

About the authors:

Kharchenko Sergey Vladimirovich – Candidate of Geography. K(V)FU, Researcher.

Ermolaev Oleg Petrovich – Doctor of Geography. K(V)FU, Professor.

Maltsev Kirill Aleksandrovich – Candidate of Geography. K(V)FU, Assistant Professor.

Muharamova Svetlana Sayasovna – Candidate of Biology. K(V)FU, Assistant Professor.

Ivanov Maxim Andreevich – K(V)FU, Teaching Assistant.