

УДК 556.16+556.33/.44

## ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОДЗЕМНОГО ПИТАНИЯ РЕК И РОДНИКОВОГО СТОКА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*А.Н. Шарифуллин, В.И. Мозжерин, В.В. Мозжерин, А.П. Двинских,  
Р.Р. Денмухаметов, С.Г. Курбанова*

### Аннотация

С 1990 года подземное питание рек изучено более чем по 2600 створам. Средняя площадь бассейна, приходящегося на один створ, составляет около 25 км<sup>2</sup>, а по юго-востоку Республики Татарстан (РТ) – 10–12 км<sup>2</sup>. Выявлено, что в пространственном распределении средневзвешенных значений нормы подземного питания рек хорошо отражаются гидрогеологические особенности территории РТ. Изучено более 2000 родников и для многих речных бассейнов РТ определена доля родникового стока в меженном речном водном стоке.

**Ключевые слова:** створ, бассейн, водосборная площадь, водный сток, родники.

### Введение

Наиболее точная информация оценки величины подземного питания рек проводится по результатам меженных гидрометрических съемок крупного масштаба. Эта оценка важна для выяснения обеспеченности населения естественными водными ресурсами пресных подземных вод и является в настоящее время наиболее актуальной задачей в комплексе проблем рационального природопользования.

В 1950-е годы меженный речной сток в пределах ТАССР и смежных территорий Среднего Поволжья был изучен коллективом гидрологов Казанского филиала СевНИИГиМа под руководством одного из крупнейших советских гидрологов Г.Н. Петрова, разработавшего детальную методику изучения меженного речного стока [2].

Целью настоящей работы является определение величины естественных ресурсов подземных вод зоны активного водообмена для различных физико-географических районов Республики Татарстан (РТ) по материалам детальных летних и зимних меженных полевых гидрометрических съемок, а также определение доли родникового питания рек в меженный период.

### 1. Полевые исследования

Сотрудниками кафедры физической географии и геоэкологии Казанского государственного университета по заданию ТГРУ «Татнефть» в 1993–1997 гг. были проведены летние меженные гидрометрические съемки масштаба 1:200 000, в 2000–2001 гг. – масштаба 1:500 000. Средняя площадь исследованных бассейнов составила около 25–30 км<sup>2</sup>.

Эколого-гидрологические съемки масштаба 1:50 000 были проведены в пределах наиболее сильно подвергшихся антропогенному воздействию административных районов: в 1989–1990 гг. – в Альметьевском районе, в 1992 г. – в Лениногорском, в 1995 г. – в Азнакаевском, в 1996 г. – в Ютазинском и Бавлинском, в 1998 г. – в Сармановском, в 1999–2001 гг. – в Бугульминском (рис. 1). При этом детальность исследований возросла: средняя площадь изученных водосборов составила около 10 км<sup>2</sup>. Наиболее детальные гидрометрические съемки проводились по оценке запасов пресных подземных вод для водоснабжения конкретных населенных пунктов: Альметьевска, Чистополя, Нижнекамска, Бугульмы, Заинска, Тетюш, Бавлов, Азнакаево и др. (рис. 2), где по 30–40 створам проводились 2–3-кратные съемки в летние и зимние меженные периоды, при этом в зависимости от гидрологических особенностей исследуемой территории площадь учетных бассейнов обычно не превышала 15–20 км<sup>2</sup>, а по отдельным объектам, где требовалась наиболее детальная разведка, – даже менее 5–7 км<sup>2</sup>.

С 2001 г. расширяется изучение родников для водоснабжения населенных пунктов питьевой водой, отвечающей санитарным нормам, в первую очередь эти исследования проведены по заданию ЗАО «Гидек» (г. Москва) в юго-восточных районах РТ. Проведено обследование родников на 13 ключевых участках в разных физико-географических районах РТ. При этом в пределах изучаемых участков количество родников составляло от 10 до 15–20. На этих же участках одновременно с обследованием родников проводилась детальная гидрометрическая съемка элементарных бассейнов и межстворных пространств на 10–15 створах (рис. 3). По отработанной на ключевых участках методике в августе 2007 г. проведено обследование более 250 родников в западной части Дрожжановского района РТ, изучен меженный речной сток на 38 створах (рис. 2). Это позволило определить долю родникового питания рек и ручьев в меженный период. Обычно доля родниковых вод в межennom речном стоке не превышает 30–35%, остальная часть – подрусовая разгрузка подземных вод.

Проведено районирование территории РТ по условиям формирования питания родников.

Все эти работы были проведены главным образом в южной половине Республики Татарстан. Эта часть Татарстана характеризуется достаточно своеобразными условиями формирования подземного питания рек. Она расположена южнее изолинии коэффициента увлажнения, равного 1. В Закамье по левобережным террасам рек Камы и Волги широко развиты суглинисто-песчаные неоген-четвертичные отложения, что не способствует подземному питанию рек в меженные периоды. Такие же невысокие (0.1–0.5 л/с км<sup>2</sup>) модули меженного стока наблюдаются на юге Предволжья Татарстана из-за преобладающего развития мезозойских, преимущественно глинистых, отложений в зоне активного водообмена дренируемых бассейнов. К тому же сказывается сложное влияние антропогенного фактора. Чаще всего оно локально, но учитывая исключительно высокую промышленную нагрузку на природные комплексы (Набережно-Челнинской, Альметьевско-Бугульминской агломераций; районов нефтедобычи на юго-востоке Республики Татарстан), сельскохозяйственную освоенность (распаханность водосборов достигает часто 80 и более процентов), большую плотность сельского населения (особенно на юго-западе Республики Татарстан,



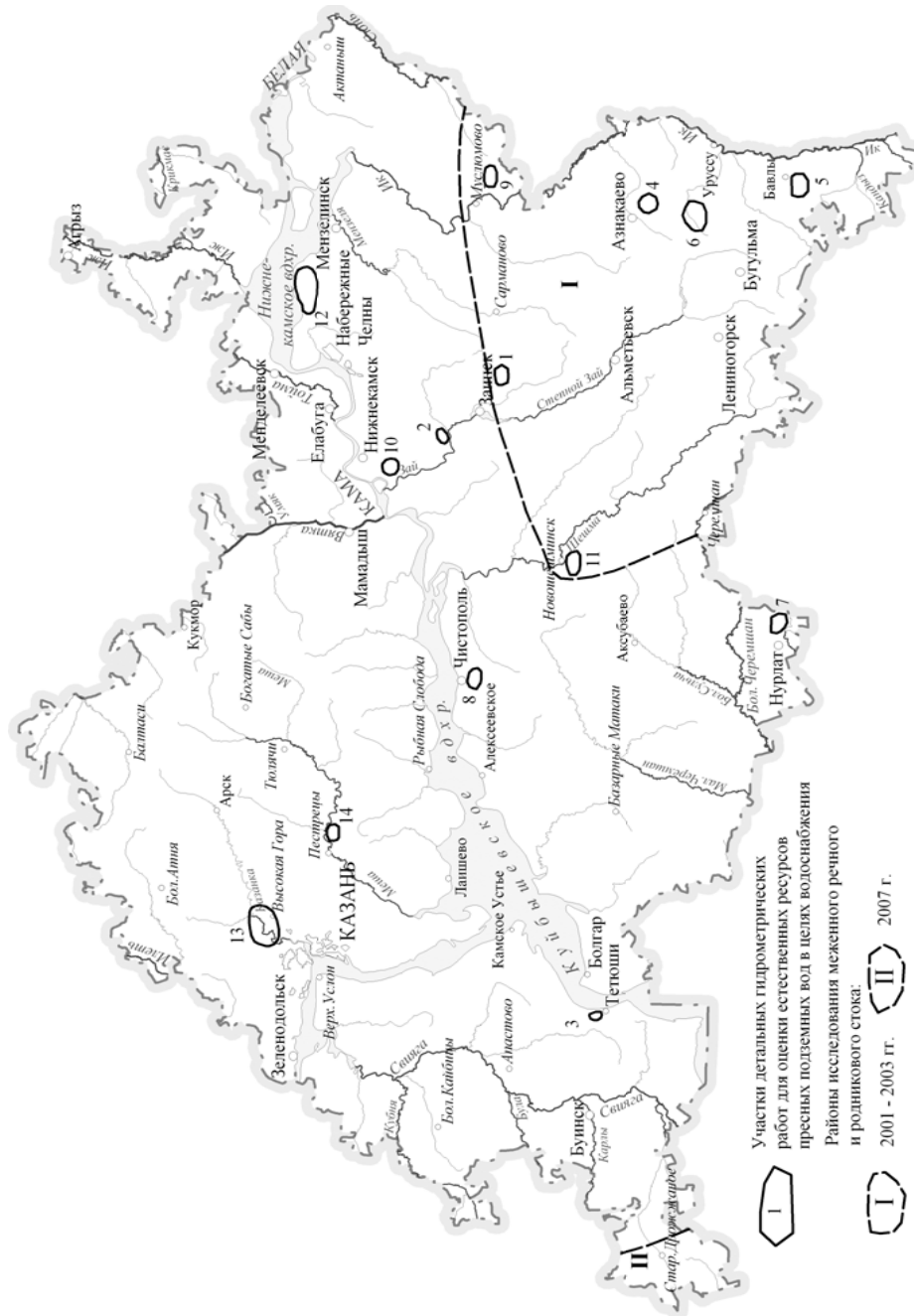


Рис. 2. Карта участков детального изучения меженного речного и родникового стока. 1 – Лесной-1; 2 – Лесной-2; 3 – Тетюшский; 4 – Азнакаевский; 5 – Бавлинский; 6 – Уруссу-Ютазинский; 7 – Нурлатский; 8 – Чистопольский; 9 – Муслумовский; 10 – Нижнекамский; 11 – Новошешминский; 12 – Набережно-Челнинский; 13 – Высокогорский; 14 – Пестречинский

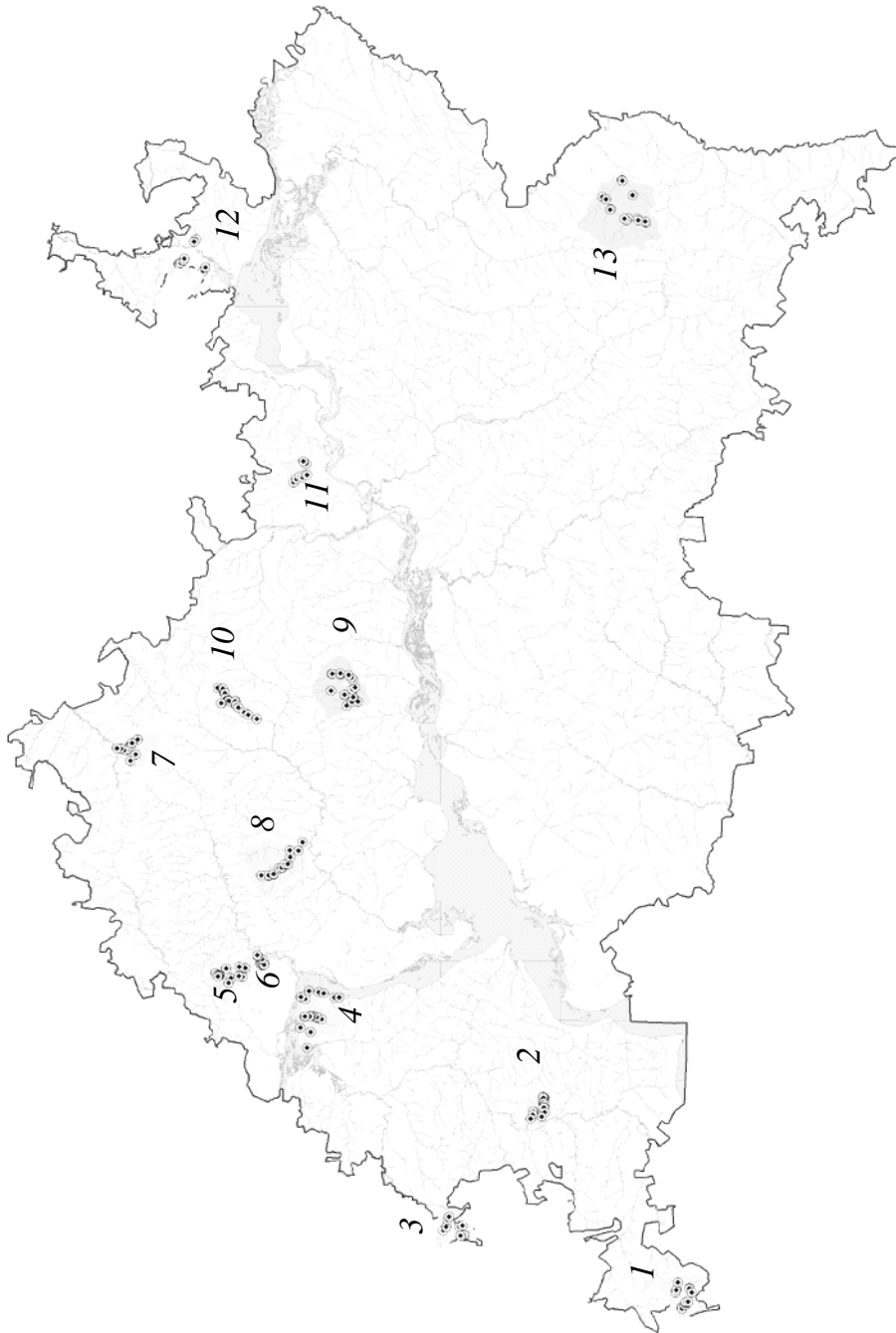


Рис. 3. Схема расположения ключевых участков. 1 – Дрожжаное; 2 – Черки-Дюртили; 3 – Большое Тябердино; 4 – Введенская Слобода; 5 – Семиозерка; 6 – Щербаков; 7 – Нормабаш; 8 – Ленино-Кокушкино; 9 – Машляк; 10 – Богатые Сабы; 11 – Морты; 12 – Шаршад; 13 – Азнакаево

Табл. 1

Количество изученных бассейнов по регионам РТ в 1989–2007 гг.

Регион	Количество створов
Восточное Закамье	1151
Западное Закамье	532
Предволжье	618
Восточное Предкамье	87
Западное Предкамье	215

где довольно остро ощущается дефицит природных вод, отвечающих санитарно-экологическим нормам), вполне оправданным является более детальное изучение в первую очередь наиболее экологически неблагополучных районов РТ. Общее представление об объеме гидрометрических работ на территории РТ дает табл. 1.

Пресные подземные воды развиты в составе четвертичных, плиоценовых, меловых, юрских, верхнепермских отложений. Мощность их зоны обычно не менее 300 м, поэтому описание водоносных комплексов рассматривается прежде всего в этих пределах. Однако необходимо отметить, что в сводах положительных структур пресные воды встречаются и в нижнепермских и даже верхнекаменноугольных отложениях (п. Шугурово) [5, 8].

## 2. Методика определения величины подземного питания

Для определения средней величины подземного питания был выбран наиболее простой и верный метод, используемый при изучении подземного питания малых рек: меженная гидрометрическая съемка – эпизодические измерения расходов воды в речном бассейне, проводимые по строгой системе в большом числе створов [2–4, 6]. Гидрометрические съемки проводились в межень, когда реки обычно питаются только за счет подземного питания. Так как результаты меженной гидрометрической съемки какого-либо конкретного года могут весьма существенно отличаться от среднемноголетних значений (нормы) меженного стока рек, то для определения нормы меженного стока рек необходимы сведения за длительный период времени на постах Госгидромета, расположенных в пределах изучаемой территории или же в соседних бассейнах со сходными физико-географическими условиями. Изучены наблюдения по более чем 120 постам-аналогам. Норма годового стока и эмпирические параметры распределения вероятностей стока неоднократно рассчитывались для многих постов. При этом относительные погрешности величины среднемноголетнего расхода воды колеблются в пределах 4–7%.

Суть гидрометрического метода заключается в том, что определяется приращение между расходами воды, измеренными в двух гидрометрических створах, с учетом расхода всех притоков и родников, которые расположены между двумя створами. Г.Н. Петров [2] обращает внимание на ряд основных моментов. Измерение расходов по длине всей речной системы и в устьях всех притоков необходимо производить в наиболее короткий период летней устойчивой межени, когда речной сток преобладающей части сформирован за счет подземного питания и исключается влияние переменных метеорологических факто-

ров. Пункты измерения расходов воды по длине реки необходимо располагать как можно чаще. Это обеспечивает взаимный контроль каждого отдельного измерения и позволяет построить график изменения расходов воды по длине реки путем проведения усредняющей линии по точкам измеренных расходов, что может дать сравнительно точную характеристику изменчивости расходов воды в бассейне. Для приведения данных гидрометрической съемки к норме (многолетним значениям) используются переходные коэффициенты. Метод переходных коэффициентов рассмотрен в работах Г.Н. Петрова [2]. По имеющимся данным о средних суточных расходах воды на посту ( $Q_i$ ) в период проведения гидрометрической съемки и норме подземного стока ( $Q_p$ ) для каждой даты гидрометрической съемки определяется переходный коэффициент ( $K_i$ ) по формуле:

$$K_i = Q_p / Q_i.$$

Затем находится норма подземного питания для створа эпизодических наблюдений ( $Q_{ip}$ ) по формуле:

$$Q_{ip} = K_i \cdot Q_i,$$

где  $Q_i$  – расход воды на дату гидрометрической съемки в створе.

Еще одна методика расчета подземного питания была предложена Н.С. Ратнер [7]. По ближайшему посту находится норма подземного питания за длительный период времени. Для получения нормы подземного питания рек по материалам гидрометрических наблюдений строится гидрограф. Для каждой даты съемки строится график. На оси  $X$  откладывается норма подземного питания по всем постам, а по оси  $Y$  – подземное питание на посту на каждую дату периода измерений. Точки, отражающие соотношение величин подземного питания, располагаются близко к одной прямой. Угол наклона прямой отражает отношение между нормой подземного стока и подземным стоком на конкретную дату. Тангенс угла наклона прямой численно равен поправочному коэффициенту на данную дату. Значения поправочных коэффициентов рассчитываются на каждую дату измерений. Измеренные меженные расходы в створах эпизодических наблюдений умножаются на поправочный коэффициент. Модуль стока  $M$  (л/с км<sup>2</sup>) – количество воды, стекающей с единицы площади водосбора в единицу времени, определяется по формуле:

$$M = Q \cdot 1000 / F,$$

где  $Q$  – расход измеренный (м<sup>3</sup>/с),  $F$  – площадь водосбора (км<sup>2</sup>), 1000 – переводной коэффициент.

Для элементарных бассейнов величина модуля меженного стока определяется путем деления измеренных расходов на водосборные площади. Для межстворных пространств сначала определяются приращения расходов между створами. Модуль приращения подземного питания рассчитывается путем деления разности расходов воды на площадь межстворных пространств. Умножив полученные таким образом модульные значения летнего меженного стока на переходные коэффициенты для всех створов, получаем величины средне-многолетних значений нормы подземного питания, тоже выраженные в модулях.

Табл. 2

## Годовой подземный сток в регионах РТ

Регион	Ср. взв., л/с км <sup>2</sup>	Площадь, км <sup>2</sup>	$V$ , км <sup>3</sup> /год	Слой стока, мм/год
Предволжье	0.49	9 321.29	0.15	15.9
Западное Предкамье	1.07	16 930.25	0.62	36.6
Восточное Предкамье	2.28	3 648.49	0.26	72.0
Западное Закамье	0.34	11 504.38	0.12	10.8
Восточное Закамье	1.32	22 983.44	0.97	42.3
Итого по РТ:	1.01	64 387.85	2.12	33.0

Измерения площадей для расчета модуля подземного питания были произведены с помощью дигитайзера и программы «MapInfo Professional».

В пределах физико-географических районов РТ (табл. 2) рассчитаны средневзвешенные величины нормы подземного питания по площади, дающие более реальную по сравнению со среднеарифметическими значениями картину, выраженные в л/с км<sup>2</sup>. Далее был рассчитан годовой объем стока по формуле:

$$W_{\text{год}} = M \cdot F \cdot 31.5 \cdot 10^3,$$

где  $W_{\text{год}}$  – годовой объем стока, выраженный в тыс. м<sup>3</sup>,  $M$  – норма подземного питания,  $F$  – площадь водосбора.

### 3. Анализ полученных результатов

В целом для территории РТ норма подземного стока, рассчитанная по материалам межженных гидрометрических съемок, составляет около 2.12 км<sup>3</sup>/год. В Предволжье это будет 7%, в Западном Закамье – 6%, в Восточном Закамье – 46%, в Западном Предкамье – 29%, в Восточном Предкамье – 12% от общей величины подземного стока РТ (табл. 2).

В пространственном распределении средневзвешенных значений нормы подземного питания (в среднем по РТ около 1 л/с км<sup>2</sup>, или 33 мм/год слоя стока) наблюдается следующая картина: максимальные значения характерны для прикамских районов и для юго-востока РТ – бассейнов рр. Кичуй, Зай, Мензеля, минимальные же наблюдаются в Западном Закамье – в бассейне р. Кондурча.

В настоящее время наибольший интерес представляет оценка естественных ресурсов пресных подземных вод зоны активного водообмена в пределах административных районов РТ, выявление наиболее перспективных участков для дальнейшей их разработки в целях водоснабжения населения.

### Заключение

В результате обработки материалов детальных полевых межженных гидрометрических съемок и изучения родникового стока выявлены основные закономерности пространственного распределения величин естественных ресурсов подземных вод зоны активного водообмена территории РТ. Средневзвешенная



по площадям изученных водосборов норма (среднее многолетнее значение) подземного питания рек составляет около 1 л/с км<sup>2</sup>, или 33 мм/год. Доля родникового питания в наиболее устойчивом меженном речном стоке составляет 30–35%.

При планировании работ по совершенствованию водопользования в различных регионах РТ необходимо обратить внимание на районы с наименьшей водообеспеченностью – Предволжье и Западное Закамье.

### Summary

*A.N. Sharifullin, V.I. Mozjerin, V.V. Mozjerin, A.P. Dvinskih, R.R. Denmukhametov, S.G. Kurbanova.* Evaluation of Underground River Collecting and Spring Stream Flow in the Republic of Tatarstan.

Since 1990 the underground river collecting has been studied at more than 2600 hydrological stations. The average area of the river basin corresponding to one station is about 25 km<sup>2</sup>, and 10–12 km<sup>2</sup> in the southeast of Tatarstan. The spatial distribution of the river collecting normal average values is proved to reflect hydrological features of the whole Tatarstan territory. More than 2000 springs have been studied. The spring share in low river waterflow is defined for many river basins in Tatarstan.

**Key words:** hydrological station, river basin, drainage area, water yield, springs.

### Литература

1. *Мозжерин В.И., Шарифуллин А.Н., Шлычков А.П.* Поверхностные воды и водные ресурсы // Зеленая книга Республики Татарстан – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1993. – С. 51–55.
2. *Петров Г.Н.* Меженный сток и его изучение (методика исследований на примере малых рек Среднего Поволжья) // Труды Казан. филиала АН СССР. Сер. энергетики и водного хозяйства. – Казань, 1956. – Вып. 1. – 144 с.
3. *Петров Г.Н.* Гидролого-географические исследования для комплексного использования местного стока // Проблемы отраслевой и комплексной географии – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. – С. 148–178.
4. *Петрова Р.С.* Водные ресурсы Татарии и их использование для орошения. – Казань: Тат. кн. изд-во, 1975. – 125 с.
5. Подземные воды Татарии / Под ред. Королева М.Е. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. – 187 с.
6. *Попов О.В.* Подземное питание рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 291 с.
7. *Ратнер Н.С.* Вопросы определения подземного питания // Труды Гос. гидрологического ин-та. – 1977. – Вып. 182. – С. 51–73.
8. *Шуликов Е.С., Диденко А.Н., Смелков В.М., Королев М.Е.* Минерально-сырьевые ресурсы // Зеленая книга Республики Татарстан. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1993. – С. 13–36.

Поступила в редакцию  
28.01.08

---

**Шарифуллин Амир Нуруллаевич** – кандидат географических наук, заведующий кафедрой физической географии и геоэкологии Казанского государственного университета.

E-mail: ggf@mail.ru

**Мозжерин Владимир Ильич** – доктор географических наук, профессор кафедры физической географии и геоэкологии Казанского государственного университета.

**Мозжерин Вадим Владимирович** – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии Казанского государственного университета.

**Двинских Александр Петрович** – старший преподаватель кафедры физической и экономической географии Казанского государственного университета.

**Денмухаметов Рамиль Рафаилович** – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии Казанского государственного университета, директор Центра содействия занятости студентов и трудоустройству выпускников КГУ.

E-mail: *cstvkgu@mail.ru*

**Курбанова Сания Гасимовна** – кандидат географических наук, доцент кафедры физической и экономической географии Казанского государственного университета.