

М.П. ТЕНТЮКОВ^{1,2}¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина», г. Сыктывкар, Российская Федерация² Институт сельского хозяйства Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Российская Федерация**Д.А. ТИМУШЕВ**

Физико-математический институт Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Российская Федерация

ОЦЕНКА ПОГОДНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ГИБРИДА КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ

Приведены результаты ретроспективного анализа влияния гидротермических условий на урожайность перспективного гибрида картофеля. Выполнены расчеты гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) применительно к Сыктывкарскому агроэкологическому региону среднетаежной зоны северо-восточного Нечерноземья России. Расчет ГТК осуществляли как для конкретного года наблюдений, так и за период 1967 по 2018 годы. Данный период использовался в качестве эталона сравнения гидротермических условий при сопоставлении фаз формирования урожая перспективного гибрида картофеля в разные годы наблюдений. При сравнении временной изменчивости ГТК использовали медиану и квартили. Удобство медианы в том, что она мало чувствительна к попаданию в выборку отдельных экстремальных значений. Медиана устойчивее средней арифметической в условиях эксцессивных (островершинных) распределений и, главное, совершенно не зависит от закона распределения случайной величины, поскольку ее положение не изменяется при любых вычислительных преобразованиях изучаемого параметра. Сопряженный анализ величин ГТК и урожайности перспективного гибрида картофеля показал, что высокие урожаи зафиксированы в 2014, 2015 и 2016 годы – 2,64, 2,10 и 2,28 соответственно. Все они не «укладываются» в эталонный межквартильный интервал многолетних медианных значений ГТК, поскольку в данные годы фазы формирования урожая перспективного гибрида картофеля совпали с периодом избыточной влажности. Вместе с тем, низкие урожаи перспективного гибрида картофеля отмечены в 2017 и 2018 годы, для которых соотношение тепла и влаги было оптимальны. Значения ГТК в период формирования урожая составляли 0,97 и 1,28 соответственно. Сопоставление величин ГТК с изменчивостью урожайности перспективного гибрида картофеля в разные годы свидетельствует о его большей чувствительности к температуре, нежели к избыточному увлажнению. Выявленное обстоятельство позволяет рекомендовать новый гибрид картофеля к выращиванию в пределах территорий, для которых характерно превышение количества выпавших осадков над их испарением.

Гидротермический коэффициент Селянинова, Нечерноземье России, селекция картофеля, урожайность картофеля.

Введение. Отмечается, что наблюдаемые в настоящее время существенные изменения климата на значительной территории России, проявляются в общем повышении температуры и увеличении числа погодных аномалий [1, 2]. При этом суммарное потепление за период с 1976 по 2007 годы составило по России 1,33°C, тогда как глобальная температура за последнее столетие возросла только на 0,74°C. Между тем известно, что

в качестве критерия устойчивости растения к воздействию внешней среды могут выступать ростовые процессы, среди прочих физиологических процессов более чувствительные к температуре и влажности. При ростовых процессах скорость клеточных делений больше зависит от температуры, тогда как для растяжения клеток существенное значение имеет обеспеченность влагой [3]. Иначе говоря, гидротермические условия выращивания

могут определенным образом влиять на уровень и структуру урожайности картофеля. Поэтому при работе с селекционным материалом при выведении новых сортов и гибридов картофеля для северных регионов селекционеры-исследователи ориентируются на отбор растений, отличающихся ранним созреванием, поскольку короткий вегетационный период накладывает определенные требования к селекционной работе на Севере. Однако следует принять во внимание, что в условиях глобального потепления климата ареал выращивания позднеспелых сортов будет смещаться на север. Это позволит селекционерам расширить спектр используемых сортов и гибридов картофеля при производстве конкурентоспособных семян.

Цель данной работы – выполнить оценку погодной пластичности селекционного перспективного средне-позднеспелого гибрида картофеля применительно к среднелетней зоне северо-восточного Нечерноземья России.

Материалы и методы. За период 2006-2017 гг. в Институте сельского хозяйства Коми НЦ УрО РАН было исследовано 5889 мини клубней картофеля из более чем 70 селекционных линий, полученных из ФГБНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха. По результатам выделено четыре гибрида (селекционер-исследователь П.И. Конкин), из которых для проверки пластичности к погодным условиям северо-востока Нечерноземья выбран гибрид 1603-7. Его выбор обусловлен тем, что в отличие от остальных, относящихся к средне-раннеспелым селекционным образцам картофеля, выбранный образец является средне-позднеспелым (91-120 дн.).

Материалы наблюдений получены при проведении проверочных испытаний перспективных образцов картофеля с 2014 по 2018 гг. в селекционном питомнике Института сельского хозяйства Коми НЦ УрО РАН, расположенного в пределах Сыктывкарской агроэкологической зоны. Данная территория согласно агрометеоклиматическому районированию Республики Коми [4] относится к Вычегодско-долинному подрайону, который, в свою очередь, входит в состав Центрального района. Для территории сумма биологически активных температур (выше +10°C) составляет 1450-1550°C, а безморозный период на поверхности почвы длится 90-95 дней. Картофель выращивали на среднесуглинистых слабоподзолистых почвах без внесения удобрений. Глубина посадки

8-10 см, густота – 48 тыс. кустов на один га. Технология выращивания включала весеннюю обработку почвы культиватором на глубину до 14 см, предпосадочное формирование неполных (трапецевидных) гребней, посадку клубней в гребни, создание полнообъемных (треугольновидных) гребней по всходам, проведение защитных мероприятий против сорняков (двукратная междурядная обработка культиватором). Уборка картофеля ручная. Закладку урожая осуществляли в хранилище с активной вентиляцией.

Известно, что продуктивность картофеля во многом контролируется сочетанием факторов внешней среды, из которых тепло и влагообеспеченность являются ведущими. Их показателем выступает гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК), который как отмечается [5], удобен для использования и достаточно информативен. Поэтому для оценки влияния погодных условий в период образования клубней картофеля и формирования урожая выбран данный коэффициент. Гидротермический коэффициент Селянинова рассчитывается по формуле: $ГТК = R \times 10 / \Sigma t$, где R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше 10°C, Σt – сумма среднесуточных температур в градусах за то же время, 10 – условный коэффициент. Расчеты выполнены для метеостанции «Сыктывкар» по данным ВНИИ ГМИ-МЦО Росгидромета, находящимся в открытом доступе (<http://meteo.ru/data>). Для работы с ними была написана сервисная программа составления выборки по температуре и осадкам для временных интервалов, ограниченных датами начала цветения и сбора урожая. Расчет значений ГТК выполнен для каждого года наблюдений (2014-2018 гг.). При сравнении временной изменчивости ГТК использовали медиану и квартили.

Обоснование выбора медианы. Удобство медианы в том, что она мало чувствительна к попаданию в выборку отдельных экстремальных значений. Медиана является асимптотически нормальной случайной величиной, и ее теоретическим обоснованием выступает функция Вейбула. Указанная функция лучше характеризует данные, для которых трудно предположить наличие нормального или логарифмически нормального распределения, или какие-либо другие законы распределения. Медиану можно применять, даже если в исследуемой совокупности содержится некоторое количество «нулевых» проб (до 25%). Медиана устойчивее средней

арифметической в условиях эксцессивных (островершинных) распределений и, главное, совершенно не зависит от закона распределения случайной величины, поскольку ее положение не изменяется при любых вычислительных преобразованиях изучаемого параметра. Последнее весьма важно в нашей ситуации, когда заведомо нельзя предположить единый тип распределения ГТК для каждого года наблюдений.

Результаты и их обсуждение. Картофель относят к растениям умеренного климата, хотя и отмечается [6], что эта культура может возделываться повсеместно, поскольку растение характеризуется весьма высокой экологической пластичностью [7, 8]. При этом в различные фазы развития температурная толерантность картофеля различна. Так, почки посаженного в почву клубня начинают прорастать при температуре выше $+5^{\circ}\text{C}$, но наиболее активный их рост наблюдается в температурном интервале $+12...+20^{\circ}\text{C}$. Корни у высаженного в почву картофеля развиваются при температуре не ниже $+7^{\circ}\text{C}$. Начало роста ботвы возможно при невысоких температурах воздуха ($+5...+6^{\circ}\text{C}$), но лучшими являются

$+15...+22^{\circ}\text{C}$. Такой же интервал температур оптимален для цветения картофеля. При высоких температурах ($+28...+35^{\circ}\text{C}$) бутоны и цветки осыпаются, останавливается рост ботвы и клубней. Отмечается, что наиболее интенсивен прирост клубней при температурах $+11...+20^{\circ}\text{C}$. Но он может сильно замедляться при переувлажнении почвы. Картофель очень чувствителен к избыточному увлажнению. Вместе с тем, его потребность к влаге в различные фазы вегетации неодинакова. В фазе прорастания его требования к влаге небольшие. Они возрастают, достигая максимальных значений, при цветении и клубнеобразовании. Поэтому в рамках данной работы при оценке степени тепловлагообеспеченности была принята следующая градация: ГТК $< 0,7$ – засуха; $0,7 \leq \text{ГТК} < 1,0$ – недостаточное увлажнение («сухой» период); $1,0 \leq \text{ГТК} < 2,0$ – достаточное увлажнение; ГТК $\geq 2,0$ – переувлажнение («влажный» период). С учетом вышеизложенного, для сравнительной оценки погодной пластичности перспективного гибрида 1603-7 в качестве индикаторного периода выбраны временные интервалы формирования урожая в разные годы (табл.).

Таблица

Длительность фазы формирования урожая от начала цветения перспективного гибрида картофеля до его уборки в разные годы наблюдений

№ /№	Годы	Временной интервал формирования урожая	Урожайность, т/га	ГТК	Обозначения на рис.
1	2014	26.07-21.08	29,3	2,64	а
2	2015	13.07-27.08	24,8	2,10	б
3	2016	25.07-26.08	32,3	2,28	в
4	2017	05.08-04.09	18,5	0,97	г
5	2018	03.08-30.08	17,4	1,28	д

При определении его длительности было принято во внимание, что начало клубнеобразования совпадает с началом фазы полного цветения [9], а продолжительность фазы формирования урожая ограничена временем уборки картофеля. Для того чтобы оценить, как «укладывается» значение коэффициента Селянинова, рассчитанного для временного интервала формирования урожая картофеля по каждому году (2014-2018 гг.), строились гистограммы для соответствующих фаз за период с 1967 по 2018 гг. (рис.).

Анализ рисунка гистограммы показывает, что распределение гидротермического коэффициента, рассчитанного во временном

диапазоне 26.07-21.08 (а) по многолетним данным (с 1967 по 2018 гг.) очевидно отражает присутствие двух совокупностей, «сухих» и «влажных», и характеризуется сильным разбросом дисперсий. На этом фоне значение ГТК = 2,64 для периода 26.07-21.08.2014 г. выглядит аномальным. Оно сильно смещено вправо и «не вписывается» межквартильный интервал многолетних медианных значений ГТК. Это указывает на то, что период формирования урожая в 2014 г. характеризовался избыточной влажностью.

Для временного интервала 13.07-27.08 (б) распределение ГТК в выборке по многолетним данным, как и в первом случае, явно отражает смешение двух совокупностей,

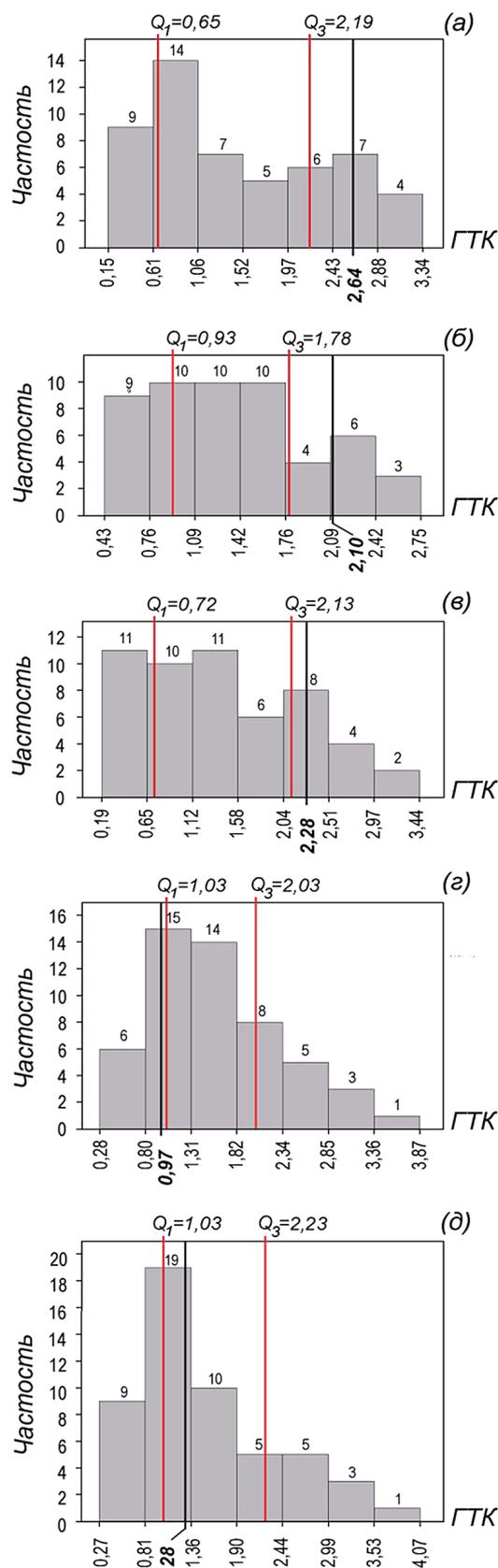
но с более широкой модой в «сухом» периоде. Значение ГТК = 2,10 для периода формирования урожая картофеля в 2015 г. так же, как и в предыдущем смещено вправо и «не укладывается» в межквартильный интервал, что указывает на переувлажненность.

В период 25.07-26.08 (в) распределение ГТК по многолетним данным близко к гиперболическому с правой асимметрией, отличается высокой дисперсией и отражает, по-видимому, наличие в сводной выборке не менее трех совокупностей. В период формирования урожая картофеля в 2016 г. значение ГТК = 2,28, и оно сильно смещено вправо от 75% квартиля, что свидетельствует об излишней влажности.

По сравнению с предыдущими распределение значений гидротермического коэффициента для временного интервала 05.08-04.09.2017 г., рассчитанное по многолетним данным, имеет небольшую дисперсию и характеризуется логнормальным распределением с правой асимметрией. Последнее обусловлено преобладанием в сводной выборке «сухих» периодов. Для интервала 05.08-04.09.2017 г. ГТК = 0,97 и он «не укладывается» в межквартильный интервал, поскольку сильно смещен влево, что указывает на невысокую влажность.

Аналогичная картина для временного интервала 03.08-30.08, где распределение ГТК близко к логнормальному, и также с невысокой правой асимметрией вследствие присутствия совокупностей, связанных с «сухими» периодами. Для интервала 03.08-30.08.2018 ГТК = 1,28, что свидетельствует об оптимальных гидротермических условиях.

В целом гидротермические условия в периоды формирования урожая картофеля в 2014-2016 годы характеризовались избыточной влажностью и превышали многолетние значения ГТК. В 2017 и 2018 годах обеспеченность теплом и влагой в аналогичный период была оптимальна. Между тем, сопоставление данных ГТК с результатами урожайности (табл.) показало приуроченность высоких показателей урожайности картофеля к периодам (2014-2016 гг.), характеризующимся переувлажнением. Тогда как в 2017 и 2018 годах в оптимальных условиях по температуре и влажности показатели урожайности были существенно ниже, что может свидетельствовать о большей чувствительности нового средне-позднеспелого гибрида к температуре, чем к избыточному увлажнению.



Распределение гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) по многолетним данным (с 1967 по 2018) во временных интервалах формирования урожая перспективного гибрида картофеля (пояснения в тексте)

Выводы

В целом гидротермические условия в периоды формирования урожая перспективного гибрида картофеля в 2014-2016 годы характеризовались избыточной влажностью и превышали многолетние значения ГТК. В 2017 и 2018 годах обеспеченность теплом и влагой в аналогичный период была оптимальна. Между тем, сопоставление данных ГТК с результатами урожайности перспективного гибрида (табл.) показало приуроченность высоких показателей его урожайности к периодам (2014-2016 гг.), характеризующимся переувлажнением. Тогда как в 2017 и 2018 годах при более высокой температуре, но при оптимальной влажности, показатели урожайности гибрида были несколько ниже, что может свидетельствовать о большей чувствительности нового средне-позднеспелого гибрида картофеля к температуре, чем к избыточному увлажнению. Следовательно, новый гибрид картофеля можно рекомендовать к возделыванию в пределах северных территорий, для которых характерно превышение количества выпавших осадков над их испарением.

Работа выполнена в рамках государственного задания № ГЗ 0412-2018-0016.

Библиографический список

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Общее резюме. – М.: Росгидромета, 2014. – 60 с.
2. Оценочный доклад об изменениях климата (техническое резюме). – М.: Росгидромет, 2008. – 89 с.
3. **Симаков Е.А., Склярова Н.П., Яшина И.М.** Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. – М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. – 70 с.

M.P. TENTYUKOV

¹ Federal state budgetary educational institution of higher education «Syktyvkar state university named after Pitirim Sorokin», Syktyvkar, Russian Federation

² Institute of the Komi agriculture of the scientific center of the Ural branch of the Russian academy of sciences, Syktyvkar, Russian Federation

D.A. TIMUSHEV

Physical-mathematical institute of Komi science centre of the Ural branch of the Russian academy of sciences, Syktyvkar, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE WEATHER STABILITY OF THE PERSPECTIVE POTATO HYBRID FOR AGRICULTURAL PRODUCTION UNDER CONDITIONS OF MIDDLE TAIGA ZONE OF THE NORTH-EASTERN NECHERNOZEMJE OF RUSSIA

There are given results of the retrospective analysis of the influence of hydrothermal conditions on the productivity of the prospective potato hybrid. There are made calculations of the Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC) for the Syktyvkar agro-ecological region

4. **Воеводова З.И., Втюрин Г.М.** Агро-мезоклиматическое районирование Республики Коми. / Научные доклады. РАН, Урал. отд-ние, Коми науч. центр; Вып. 383). – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1996. – 32 с.

5. **Stadler S.J.** Aridity index. The Encyclopedia of Climatology / Ed. by J.E. Oliver R.W. Fairbrige; Van Nostrand Reinold old Company. New York, 1987. P. 102-106.

6. **Будин К.З., Кузнецов А.И., Фомин И.М., Шабуров Н.В.** Производство раннего картофеля в Нечерноземье. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1984. – 239 с.

7. **Лорх А.Г.** Экологическая пластичность картофеля. – М.: Колос, 1968. – 32 с.

8. **Маркаров А.М., Головки Т.К., Табаленкова Г.Н.** Морфофизиология клубнеобразующих растений. – СПб.: Наука, 2001. – 231 с.

9. **Табаленкова Г.Н., Головки Т.К.** Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. – СПб.: Наука, 2010. – 208 с.

Материал поступил в редакцию 19.01.2019 г.

Сведения об авторах

Тентюков Михаил Пантелеймонович, доктор геолого-минералогических наук, доцент, ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, профессор кафедры геологии Института естественных наук; 167001, г. Сыктывкар, Октябрьский просп., 55, e-mail: tentukov@yandex.ru

Тимушев Дмитрий Анатольевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Физико-математический институт КНЦ УрО РАН; 167000, г. Сыктывкар, ул. Оплеснина, 4; e-mail: timushev@gmail.com

of the middle taiga zone of the north-eastern Nechernozemje (Nonblack Soil Region) of Russia. The calculation of the HTC was carried out both for a particular year of observations and for the period 1967 to 2018. This period was used as a standard for comparing hydrothermal conditions when comparing phases of crop formation of the perspective potato hybrid in different years of observation. During comparing the HTC temporal variability there was used a median and quartiles. The convenience of the median (*Me*) is that it is not very sensitive to getting into the selection of some extreme values. The median is steadier than an arithmetic mean under the conditions of excessive (peaked) distributions and, which is the main thing, it does not depend on the law of distribution of a random value as its location does not change under any computational transformation of the studied parameter. The conjugate analysis of the HTC values and crop productivity of promising potato hybrid showed that high yields were recorded in 2014, 2015 and 2016-2.64, 2.10 and 2.28, respectively. All of them do not «meet» the standard interquartile interval of HTC long-term median values since in these years formation phases of the promising potato hybrid yield coincided with the period of excessive humidity. At the same time, low yields of the promising potato hybrid were marked in 2017 and 2018 for which the ratio of heat and moisture was optimal. The HTC values during the period of crop formation were 0.97 and 1.28 respectively. Comparison of the HTC values with the variability of the promising potato hybrid yield in different years testifies to its greater sensitivity to temperature than to excessive moisture. This circumstance allows us to recommend a new hybrid of potatoes for cultivation within the territories which are characterized by an excess amount of precipitation over their evaporation.

Selyaninov hydrothermic coefficient, Nechernozemje (Nonblack soil region) of Russia, potato breeding, potato productivity.

References

1. Vtoroj otsenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federatsii. Obshchee rezyume. – M.: Rosgidromet, 2014. – 60 s.
2. Otsenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata (tekhnicheskoe rezyum). – M.: Rosgidrom, 2008. – 89 s.
3. **Simakov E.A., Sklyarova N.P., Yashina I.M.** Metodicheskie ukazaniya po tehnologii selektsionnogo protsessa kartofelya. – M.: OOO «Redaktsiya zhurnala «Dostizheniya nauki i tehniki APK», 2006. – 70 s.
4. **Voevodova Z.I., Vtyurin G.M.** Agromezoklimaticheskoe rajonirovanie Respubliki Komi. / Nauchnye doklady. RAN, Ural. otdnie, Komi nauch. Tsentr; Vyp. 383). – Syktyvkar: Komi NTS UrO RAN, 1996. – 32 s.
5. **Stadler S.J.** Aridity index. The Encyclopedia of Climatology / Ed. By J.E. Oliver R.W. Fairbrige; Van Nostrand Reinold Comp. New York, 1987. P. 102-106.
6. **Budin K.Z., Kuznetsov A.I., Fomin I.M., Shaburov N.V.** Proizvodstvo rannego kartofelya v Nechernozemje. – L.: Kolos. Leningr. otdnie, 1984. – 239 s.

7. **Lorh A.G.** Ekologicheskaya plastichnost kartofelya. – M.: Kolos, 1968. – 32 s.

8. **Markarov A.M., Golovko T.K., Tabalenkova G.N.** Morfofiziologiya klybneobrazuyushchih rastenij. – SPb.: Nauka, 2001. – 231 s.

9. **Tabalenkova G.N., Golovko T.K.** Produktionny protsess kulturnyh rastenij v usloviyah holodnogo klimata. – SPb.: Nauka, 2010. – 208 s.

The material was received at the editorial office
19.01.2019 g.

Information about the authors

Tentyukov Mikhail Panteleimonovich, doctor of geological and mineralogical sciences, associate professor, Syktyvkar State University named after Pitirim Sorokin, professor of the department of geology of the Institute of natural sciences; e-mail: tentukov@yandex.ru

Timushev Dmitry Anatolyevich, candidate of physical and mathematical sciences, Physical-mathematical Institute of Komi science centre of the Ural branch of the Russian academy of sciences, senior researcher. 167000, Syktyvkar, st. Oplesnina, d. 4; e-mail: timushev@gmail.com