

РАЗДЕЛ 3. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО–ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 556.04

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАССЕЙНА Р. МАЙМА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ): ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В.В. Зуев, С.А. Кураков, В.А. Уйманова

Дано описание автономного распределенного комплекса «Майма», установленного в Горном Алтае для дистанционного мониторинга погодно-климатического и гидрологического режима водосборного бассейна р. Майма, который расположен в нескольких точках по течению реки Майма, начиная от ее истоков и функционирует в бассейне реки Майма уже больше года. Информация со всего измерительного комплекса собирается дистанционно и поступает в реальном масштабе времени на сервер Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. Каждая точка наблюдения имеет свой набор датчиков. Они контролируют основные метеорологические и некоторые гидрологические параметры. Также поступает информация о свойствах грунта для оценки его впитывающей способности. Данные регистрируются каждый час. Выбор места размещения точек был основан на территориальном различии в типах почв, грунте и растительности, а также их однородности. Был проведен анализ первых результатов, полученных с помощью комплекса «Майма» за вторую половину 2016г. и первую половину 2017г. Анализ первых результатов мониторинга бассейна реки Майма показал эффективность комплексного подхода при исследовании уровня режима. Вся проделанная работа нужна для создания современной информационно-измерительной системы для прогнозирования гидрологического поведения рек Горного Алтая.

Ключевые слова: река Майма, Горный Алтай, уровень воды, дистанционный автономный комплекс, мониторинг.

ВВЕДЕНИЕ

Современная ситуация, касающаяся гидрометеорологической обстановки в Горном Алтае, характеризуется неполным и непостоянным количеством данных о погодно-климатических и гидрологических изменениях в бассейнах горных рек. Внезапные изменения погодных условий (ливни, сели и др.) могут привести к таким разрушительным бедствиям, как наводнения. Поэтому горные территории, требуют более пристального изучения гидрологического режима рек во взаимодействии с погодно-климатическими особенностями.

Алтайский край относится к числу наиболее подверженных риску наводнений регионов Сибири. Формирование высоких паводков и селей обычно связано с выпадением ливневых осадков, частота которых увеличивается с потеплением климата. На территорию Верхней Оби с 80-ых годов приходится более 30 случаев высоких паводков с зафиксированным ущербом. Наибольшее увеличение их суммарной продолжительности характерно для рек, формирующих сток в горах Алтая [1]. К числу таких рек относится Майма – правый приток Катуня.

За период с 1939-2014 гг. по данным гидрологических ежегодников наиболее сильный

подъем воды на р. Майме наблюдался в 1945 г. – 406 см, в 1958 г. – 548 см, в 1961 г. – 402 см, и в 1969г. – 426 см, при среднем уровне воды - 214 см. Последнее наводнение произошло в конце мая - начале июня 2014. Максимальный уровень воды наблюдался 30 мая и составлял 444 см. Ожидалось, что после мягкой и малоснежной зимы талые воды будут свободно впитываться в почву. Однако взаимодействие таяния снегов с аномально высоким дождевым паводком на территории Республики Алтай стало катастрофическим явлением по масштабам наводнения и величине ущерба. Вероятно, дополнительным фактором усиления паводка послужило промерзание грунта, препятствующее впитыванию талого снега, что было характерно для того периода [2].

По последним данным, от стихии пострадало более 38 тысяч человек в Алтайском крае, Республике Алтай, Хакасии и Туве. Было снесено свыше 330 мостов и переходов, разрушено более 430 км дорог и затоплено 15 тысяч домов [3].

К неблагоприятным изменениям гидрологического режима в связи с потеплением климата относятся и участвовавшие в последние годы маловодия в период летней межени,

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАССЕЙНА Р. МАЙМА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ): ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ущерб от которых особенно возрос на предгорных участках рек территории Алтайского края. За последние 18 лет на реках юга Западной Сибири было 38 случаев зафиксированного ущерба от экстремально низкой межени [1]. Большинство периодов экстремально низководий приходится на последние годы и общая продолжительность неблагоприятной низкой межени в Республике Алтай с 2006 года составляет 152 суток, а на реках Алтайского края за 2002-2008 гг. составила 735 суток, что является «рекордом» для субъектов РФ. Маловодия с зафиксированным убытком наблюдались на Бие, Чарыше, Ануе в их нижних течениях. Отсутствие случаев экстремально низководий на Катуне обязано регулируемому влиянию меженного и минимального стока ледниками, которое сохраняется, несмотря на сокращение их площади и запасов воды под влиянием современного потепления [1].

Изменения уровня режима рек есть следствие совокупности погодно-климатических и гидрологических изменений на территории водосборного бассейна. Для их контроля в Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН) создан автономный распределенный комплекс "Майма". Он установлен в нескольких точках по течению реки Майма, начиная от ее истоков. Информация со всего измерительного комплекса собирается дистанционно и поступает в реальном масштабе времени на сервер ИМКЭС СО РАН.

В настоящей статье анализируются первые результаты комплексного мониторинга погодно-климатического и гидрологического режимов водосборного бассейна р. Майма во второй половине 2016г. и первой половине 2017г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Майма — река на севере Республики Алтай, правый приток Катунь. Протекает на территории одноименного Майминского района. Длина реки — 60 км, площадь водосборного бассейна — 780 км²[4]. Река берёт своё начало на хребте Иолго рядом с безымянной вершиной (1144 м), к югу от села Урлуаспак (Урлу-Аспак) на юге Майминского района. Далее она проходит в северо-западном направлении через сёла Урлуаспак, Александровка, Бирюля, Кызыл-Озёк, Майма, а также через столицу региона — Горно-Алтайск. Здесь на левому берегу Маймы расположена гора Ком-

сомольская (427 м). В черте города в реку впадает Улалушка, а в районе села Майма река впадает в Катунь (Рис. 1а).

Бассейн р. Майма характеризуется дефицитом гидрометеорологической информации. Имеется замыкающий створ (гидро-пост в с. Майма) и одна длительно функционирующая метеостанция, также расположенная в низовьях бассейна (с. Кызыл-Озёк). По ее данным среднегодовые температура составляет +1,0°C, сумма осадков — 795 мм. Период со среднесуточной температурой ниже 0°C — 170 дней. Устойчивый снежный покров образуется в первую декаду ноября. Среднемноголетние высота снежного покрова — 68 см, период с устойчивым снежным покровом — 167 дней [5].

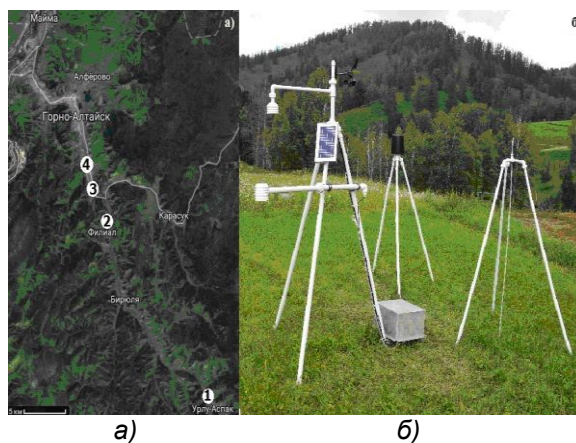


Рисунок 1 - а) схема бассейна р. Майма с расположенными точками дистанционного наблюдения; б) расположение датчиков на примере точки наблюдения №1

Бассейн р. Майма характеризуется относительным единством условий формирования стока с точки зрения геоморфологической и высотной организации. Здесь господствуют низкогорные ландшафты и низкогорный ярус рельефа, лесной высотный пояс. Поэтому бассейн р. Майма является перспективным модельным объектом для ландшафтно-гидрологических исследований в условиях дефицита гидрометеорологической информации, репрезентативным для всего Алтая.

В бассейне преобладают склоны теневых (С + СВ + СЗ) экспозиций, что обеспечивает меньшее испарение, более равномерный сток и менее выраженный паводок. По крутизне в бассейне р. Майма доминируют пологие и покатые склоны (4-20°), усиливая проявление экспозиционных различий, обеспечивая значительный дренаж территории и высокую степень добегаемости воды по склонам [6].

МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

Для успешного решения задач климатического и экологического мониторинга необходимо иметь сеть станций сбора характеристик окружающей среды, удовлетворяющих следующим требованиям: низкое энергопотребление, широкий набор интерфейсов подключе-

ния датчиков, широкий диапазон условий эксплуатации, дистанционно управляемый режим работы. Этим требованиям соответствуют различные модификации системы автономного мониторинга состояния окружающей среды, разработанного в ИМКЭС СО РАН [7]. Автономный комплекс «Майма» установлен и функционирует в бассейне реки Майма уже больше года (рис. 1б).

Таблица 1 - Получаемые данные с автономного комплекса «Майма» ИМКЭС СО РАН

	№1	№2	№3	№4
Получаемые данные	1) Высота снежного покрова, мм; 2) Атмосферное давление мм.рт.ст.; 3) Жидкие осадки, мм; 4) Температура почвы, на глубине до 1,1 м (15 точек с различным шагом измерения), °С; 5) Влажность воздуха, 2,0, %; 6) Температура воздуха, °С. 7) Солнечная радиация, Вт/м ² 8) Скорость ветра, м/с 9) Направление ветра, град	1) Высота снежного покрова, мм; 2) Атмосферное давление мм.рт.ст.; 3) Уровень воды, мм; 4) Жидкие осадки, мм; 5) Температура почвы, на глубине до 1,1 м (15 точек с различным шагом измерения), °С; 6) Влажность воздуха, 2,0, %; 7) Температура воздуха, °С. 8) Температура воды, °С	1) Высота снежного покрова, мм; 2) Атмосферное давление мм.рт.ст.; 3) Жидкие осадки, мм; 4) Температура почвы, на глубине до 1,1 м (15 точек с различным шагом измерения), °С; 5) Влажность воздуха, 2,0, %; 6) Температура воздуха, °С. 7) Скорость ветра, м/с 8) Направление ветра, град 9) Температура грунта, 0,1 см, °С 10) Влажность грунта, 0,1 см, %	1) Уровень воды, мм; 2) Температура воды, °С

Система наблюдения на р. Майма распределена в нескольких точках по местности (рис. 1а). Каждая точка наблюдения (№ 1, 2 и 3) имеет свой набор датчиков (см. таблицу 1), передающих данные дистанционно в реальном масштабе времени по мобильной связи. Данные регистрируются каждый час. Также имеется точка №4 (рис. 1а), по которой данные снимаются оператором на носитель. Выбор места размещения точек был основан на территориальном различии в типах почв, грунте и растительности, а также их однородности. Как видно из таблицы 1, датчики контролируют как основные метеопараметры, атмосферное давление, жидкие осадки, температуру и влажность воздуха, так и гидрологические параметры, уровень воды, температура воды, высота снежного покрова и т.д. Важно получение информации о свойстве грунта для оценки его впитывающей способности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Автономный комплекс «Майма» ИМКЭС СО РАН был установлен в бассейне реки Майма в августе 2015 г. В июле 2016 г. было проведено обновление системы. Данные для первых результатов наблюдения были взяты в период с 10.07.2016г. по 22.05.2017г. по точке №2. В связи со сбоем программного обеспечения базы данных, имеется отсутствие данных с 17.12.2016 - 21.12.2016г.

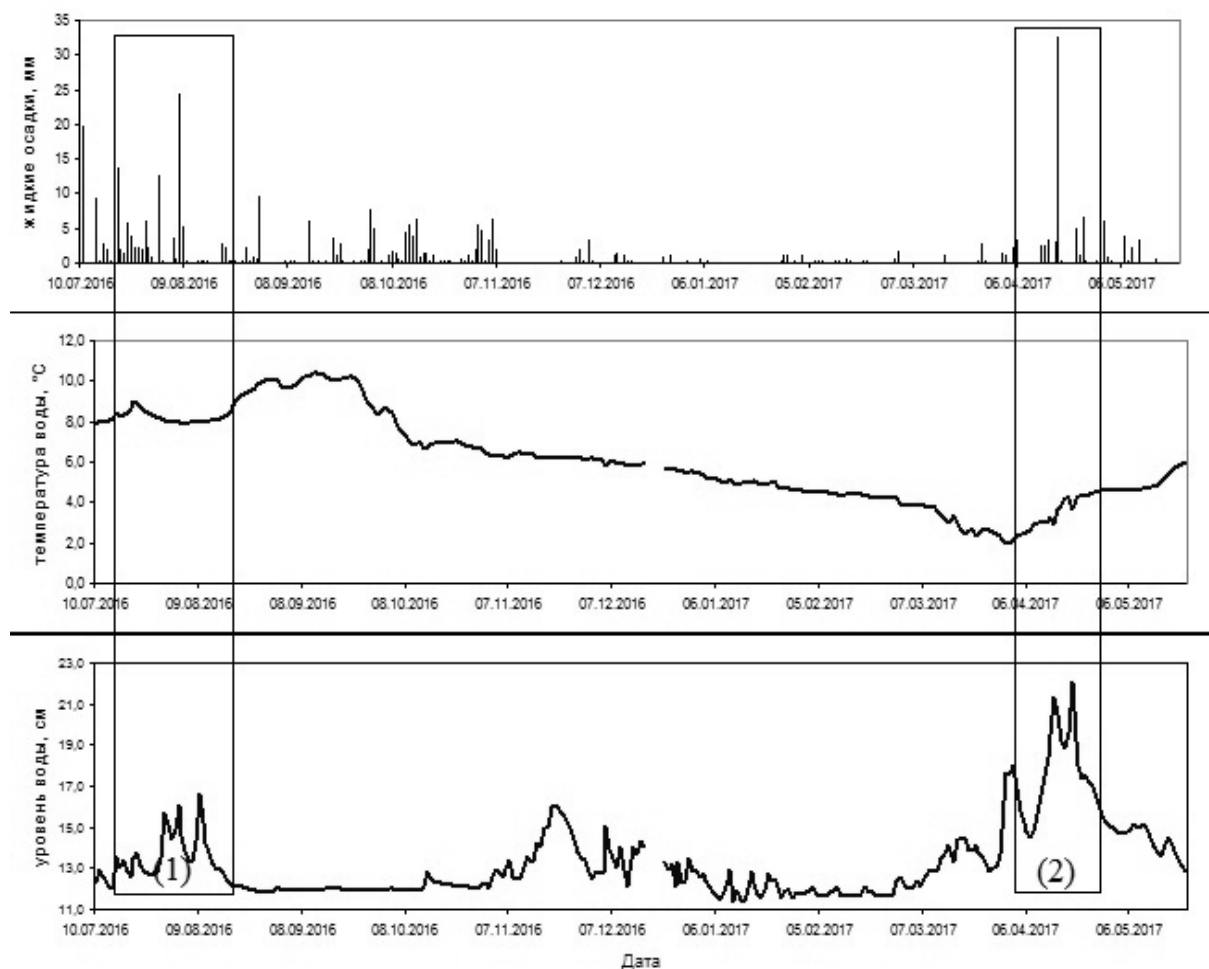
Скачки уровня воды в июле и августе 2016г. (рис.2) обусловлены выпадением жидких осадков или так называемыми паводками. Они могут многократно повторяться в различные сезоны года, характеризуюсь интенсивным увеличением расходов и уровней воды. Например, после выпадения 24,4 мм жидких осадков 8 августа произошло повышение уровня воды с 13,3 до 16,6 см 9 августа (рис.2, область 1), а после выпадения 32,6 мм жидких

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАССЕЙНА Р. МАЙМА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ): ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

осадков (рис.2, область 2), в период половодья, уровень воды достиг максимальной отметки в 22,1 см. Интенсивные осадки в обоих случаях вызвали понижение температуры воды почти на 1°C.

В ноябре 2016 г. (рис.3, область 1) уровень воды за 7 дней при стабильном падении температуры воздуха с -7,9°C до -29,7°C повы-

сился на 2,5 см. Понижение температуры воздуха после 12 ноября 2016 года до -29,7°C, вероятнее всего, и привело к скачку уровня воды в следствии образования затора или шуги. Существенную роль в процессе ледообразования играет скорость течения воды. Горные реки, как правило, отличаются большими уклонами и бурным течением.



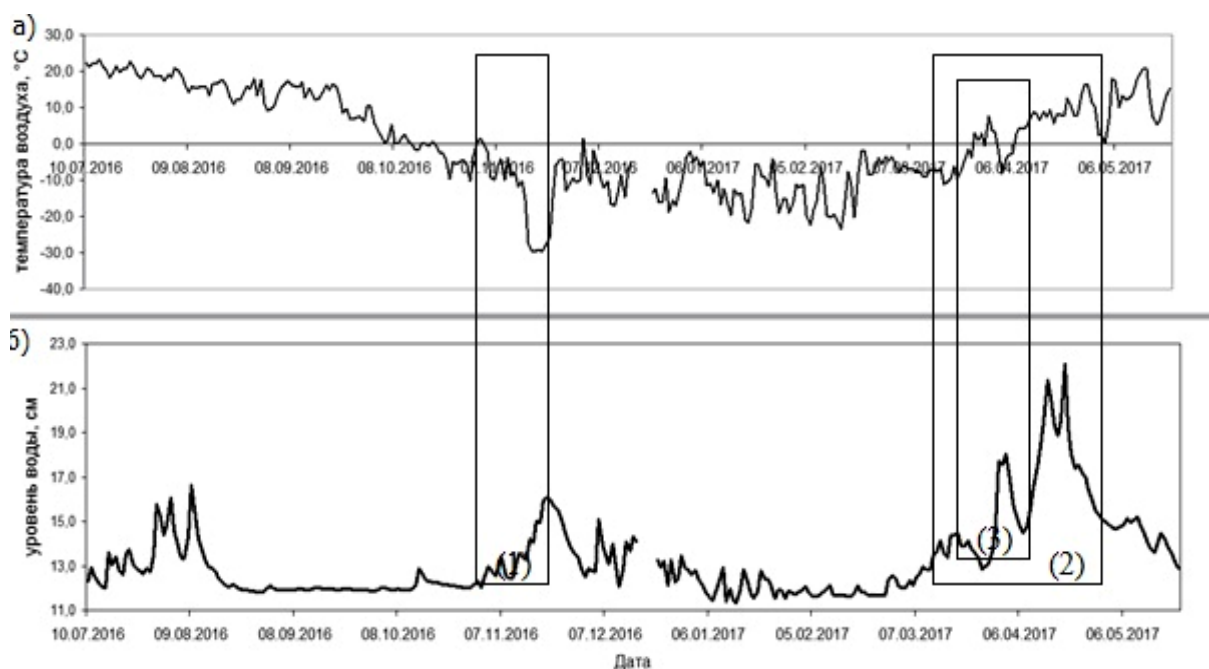
а) сумма осадков за сутки, мм; б) среднесуточная температура воды, °С;
в) среднесуточный уровень воды, см.

Рисунок 2 - Графики зависимостей по точке №2

Большая скорость течения при значительных отрицательных температурах воздуха способствует охлаждению массы воды по всей ее глубине. При этом, если температура в водном потоке понизится хотя бы на сотую долю градуса ниже нуля, в воде возникает внутриводный лед, который, всплывая на поверхность, образует рыхлые скопления, называемые шугой.

Следующее значительное повышение уровня воды (рис.3, область 2) вызвано весенним половодьем. Обильное таяние снега и **ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3 2017**

ледников после первой декады апреля сопровождалось жидкими осадками, как говорилось ранее, что повысило уровень воды до отметки в 22,1 см. Однако, понижение температуры воздуха до -8,3°C в первой декаде апреля (рис.3, область 3) замедлило весеннее снеготаяние и уровень воды с 18 см уменьшился до 14,5 см.



а) среднесуточная температура воздуха, °С, б) среднесуточный уровень воды, см.

Рисунок 3 - Графики зависимостей по точке №2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ первых результатов мониторинга бассейна реки Майма указывает на эффективность комплексного подхода при исследовании уровня режима. Малая протяженность реки и малое количество притоков позволит нам создать простую модель для прогноза динамики уровня режима. В перспективе мы хотим прийти к созданию современной информационно-измерительной системы для прогнозирования гидрологического поведения рек Горного Алтая, которая снабжала бы оперативными данными МЧС, административные структуры и население.

Авторы выражают благодарность д.с.-х.н. Ельчиной О.А. за содействие и помощь в размещении автономного комплекса "Майма" на частных территориях исследуемой местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климова О.В. и др.; Влияние климата на гидрологические и гидрохимические процессы рек Горного Алтая / Электронная конференция: Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. - октябрь 2011.
2. В. В. Зув, Н. Е. Зуева, С. А. Кураков, И. А. Суторихин, Н. Ф. Харламова. Динамика весеннего

подъема уровня бессточных озер (на примере озера Красилковское Алтайского края) // География и природные ресурсы. - 2016. - №4. - с.76-80.

3. Косачёв, А. Научно-практический журнал «Инженерная защита» [Электронный ресурс]. - <http://territoryengineering.ru/vyzov/navodnenie-v-altajskom-krae> (дата обращения 10.11.2016).

4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 15. Алтай и Западная Сибирь. Выпуск 1. Горный Алтай и верхний Иртыш. Часть 1. / Ред. В.А. Семенова - Ленинград: Гидрометеорологическое изд-во, 1969. - 316 с.

5. Модина, Т.Д., Сухова М.Г. Климат и агролиматические ресурсы Алтая. – Новосибирск, 2007. - 177 с.

6. Золотов Д.В., Лубенец Л.Ф., Черных Д.В. Ландшафтные факторы формирования стока в бассейне реки Майма (Северный и Северо-Восточный Алтай) // Мир науки, культуры, образования. - 2012. - №2 (33). - С. 360-369.

7. Кураков С.А. Система автономного мониторинга состояния окружающей среды // Датчики и системы. - 2012. - № 4. - С. 29-32.

8. Новаковский Б.А., Колесникова О.Н., Прасолова А.И. Геоинформационное моделирование наводнений по материалам космической съемки (на примере г. Бийска, Алтайский край) // Геоинформатика. - 2015. - №1. - С. 15-20.

9. Рычков В.М., Рычкова С.И. О борьбе с наводнениями на Алтае / Природные ресурсы Горного Алтая // Геология, геофизика, гидрогеология, геоэкология, минеральные и водные ресурсы. - 2015. - №19. - С. 1-2.

10. Пузанов А.В., Робертус Ю.В., Любимов Р.В., Кивацкая А.В. Гидролого-гидрохими-

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО
РЕЖИМА БАССЕЙНА Р. МАЙМА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ): ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

ческие аспекты поверхностного стока в бассейне реки Майма (Горный Алтай) // Проблемы региональной экологии № 1. – 2015. - С.49-55.

Зуев Владимир Владимирович, чл. корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, тел. 8–3822–492388, e-mail: vvzuev@imces.ru.
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3

Кураков Сергей Анатольевич, н.с. федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН тел.: 8–3822–492352 E-mail: ksa@imces.ru.

Уйманова Валерия Александровна, аспирантка Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, тел.: 8–3822–492388, e-mail: skvaleri91@mail.ru