МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ

XIV Международный научный конгресс

Международная научная конференция

**«ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ, МОНИТОРИНГ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ГЕОЭКОЛОГИЯ»**

Т. 1

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2018

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры
фотограмметрии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. П. Гук

Доктор физико-математических наук, и.о. зав. лабораторией
математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере
Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

Г. А. Платов

Доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией
обработки изображений Института вычислительной математики
и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

В. П. Пяткин

Доктор технических наук, зав. кафедрой
фотограмметрии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. В. Комиссаров

- С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. Т. 1. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – 311 с.

В сборнике опубликованы материалы XIV Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь», представленные на Международной научной конференции «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» (секции «Современные методы анализа, обработки, интерпретации и визуализации геопространственных данных по материалам аэрокосмических, лидарных, радарных, тепловых, спектрозональных и гравиметрических съемок», «Мониторинг Земли: технологии, алгоритмическое и программное обеспечение обработки и анализа данных дистанционного зондирования», «Мониторинг и математическое моделирование процессов в атмосфере, гидросфере и литосфере Земли»).

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 502:528.7

© СГУГиТ, 2018

РАССЕИВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ ОТ ВЫСОТНЫХ ИСТОЧНИКОВ В УСТОЙЧИВО СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ АТМОСФЕРЕ

Эльза Андреевна Пьянова

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник, e-mail: pyanova@ommgp.sccc.ru

Владимир Викторович Пененко

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, профессор, зав. лабораторией, e-mail: penenko@sscc.ru

Лариса Михайловна Фалейчик

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672014, Россия, г. Чита, ул. Недорезова, 16а, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, e-mail: lfaleychik@bk.ru

Представлено описание системы моделирования, состоящей из новой версии негидростатической модели гидротермодинамики атмосферы и модели переноса загрязняющих примесей. Модели адаптированы с применением ГИС-технологий к природным условиям Красноярского индустриального района. На базе этой системы выполнены расчеты распространения примесей в г. Красноярске от высотных источников. Рассмотрены два типичных зимних сценария устойчивой атмосферы: с отсутствием и наличием инверсионных условий. Расчеты выполнены на вложенных сетках. Результаты моделирования согласуются с современными представлениями о механизмах формирования мезоклиматов и качества атмосферы в критических ситуациях Красноярска.

Ключевые слова: гидротермодинамика и качество атмосферы, математическое моделирование атмосферных процессов, природоохранное прогнозирование.

THE DISPERSION OF IMPURITIES FROM THE HIGH-ALTITUDE SOURCES IN THE STABLY STRATIFIED ATMOSPHERE

Elza A. Pyanova

Institute of the Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., e-mail: pyanova@ommgp.sccc.ru

Vladimir V. Penenko

Institute of the Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 6, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Professor, Head of Laboratory, e-mail: penenko@sscc.ru

Larisa M. Faleychik

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, 16a, Nedorezov St., Chita, 672014, Russia, Ph. D., Associate Professor, Senior Researcher, e-mail: lfaleychik@bk.ru

A description of the modeling system consisting of a new version of the nonhydrostatic model of hydrothermodynamics of the atmosphere and a model of transport of contaminants is presented.

With the use of GIS technologies, the models are adapted to the natural conditions of the Krasnoyarsk industrial district. Based on this system, the calculations of impurity distribution in Krasnoyarsk from the high-altitude sources have been performed. Two typical winter scenarios of the stable atmosphere are considered: in the absence and presence of inversion conditions. Calculations are performed on the nested grids. The results of simulation are consistent with modern concepts of the mechanisms of mesoclimate formation and the quality of the atmosphere in critical situations in Krasnoyarsk region.

Key words: atmospheric dynamics, air quality, mathematical modeling of atmospheric processes, environmental prediction.

Водохранилища и летом и зимой оказывают существенное влияние на формирование мезо- и микроклимата окружающих территорий. В зимний период это влияние в большей мере связано с наличием незамерзающей полыньи. Ярким примером является полынья Красноярского водохранилища, которая участвует в формировании мезоклимата г. Красноярска. Изучению процессов в городском пограничном слое Красноярска посвящены работы [1, 2] и др.

Мы также проводим цикл работ по исследованию особенностей формирования городских мезоклиматов [3, 4]. Особое внимание уделяется математическому моделированию условий формирования экстремально опасных ситуаций, при которых возможно возникновение высоких концентраций от выбросов местных загрязнителей.

В данной работе моделируются процессы распространения загрязняющих примесей в черте г. Красноярска. Рассматривались два типичных зимних сценария, когда атмосфера устойчива без инверсионного распределения температуры и при инверсионных условиях.

Для описания динамических процессов атмосферы и процессов рассеивания примесей над территорией Красноярской агломерации использовалась мезомасштабная негидростатическая модель, разрабатываемая в ИВМиМГ СО РАН и предназначенная для сценарных расчетов в областях со сложным рельефом [5, 6, 7]. Модель представляет собой систему уравнений гидротермодинамики атмосферы и совокупность различных параметризационных моделей для описания турбулентных слагаемых, процессов взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью [8, 9], процессов фазовых переходов влаги [10] и прочих.

Для согласования многочисленных процессов, составляющих общую модель динамики атмосферы, требуются согласованные по точности конечно-разностные схемы. Численная реализация нашей модели основана на вариационно-разностном подходе. Наиболее общий и универсальный подход к их построению на основе интегрального тождества заложен в работах [6, 11]. На этапе численной реализации моделей для правильного описания процессов распространения вредных примесей также требуется использование конечно-разностных схем, обладающих свойствами монотонности, консервативности и транспортности [12].

Целью работы было исследовать, как ведет себя модель в условиях устойчиво, в том числе и инверсионно, стратифицированной атмосферы. Как извест-

но, эти условия максимально способствуют накоплению примесей в нижних слоях атмосферы. Другой важной задачей была проверка работоспособности новых дополнений в различных блоках модели. Адаптация математической мезомасштабной модели к условиям региона Красноярск для целей природоохранного прогнозирования также является одной из целей данной работы.

Для корректной реализации уравнений модели большое значение имеет правильное задание начальных и граничных условий. Как правило, информации для их задания не хватает. Мы использовали в данной работе идею телекопизации. На первом этапе расчет вели на грубой сетке, охватывающей большую территорию $150 \times 140 \text{ км}^2$. Рассматриваемый объект – город Красноярск – находится в центре области (рис. 1). На боковых границах задавались однородные условия Неймана. Результаты этих расчетов использовались для получения начальных и граничных условий при реализации модели на более подробной сетке для меньшей территории $75,5 \times 72,5 \text{ км}^2$ – белый прямоугольник на рис. 1.

Рис. 1. Области моделирования

Одной из важных целей использования такого подхода была отладка блока программы, отвечающего за технологию интерполяции данных с более грубых сеток для расчетов на более подробных. Использование данных глобальных прогнозистических моделей в качестве входной информации для проведения расчетов в значительной степени может разрешить проблему привязки наших моделей к конкретным метеорологическим ситуациям в наших будущих исследованиях.

Итак, для моделирования процессов переноса примесей модель адаптировалась к орографическим условиям Красноярского края. Данные об орографии получены с использованием ГИС-технологий [13] из находящихся в свободном доступе данных интерферометрической съемки земного шара – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). В работе были использованы данные SRTM 4 с разрешением 3 угловых секунды ≈ 90 м [14]. Учет рельефа осуществлялся на этапе численной реализации в рамках вариационного принципа и идей метода фиктивных областей [15].

Сценарные численные расчеты выполнялись в 3D областях с прямоугольной системой координат (x,y,z) на регулярных сетках. Для большей территории задавалась сетка $301 \times 281 \times 35$ узлов с шагами по горизонтали $\Delta x = \Delta y = 500$ м, для вложенной области – $303 \times 291 \times 35$ узлов с шагами по горизонтали $\Delta x = \Delta y = 250$ м. Вертикальный шаг Δz для обеих расчетных областей задавался единообразно и постепенно менялся от 50 м над рельефом до 200 м у верхней расчетной границы. Моделирование по вертикали велось до высоты 3050 м. Базовый шаг по времени $\Delta t = 60$ с.

Для выделенных территорий рассмотрены два типичных зимних метеорологических сценария с устойчивой фоновой атмосферой: 1) без инверсионного распределения температуры и 2) с фоновыми инверсионными условиями.

При моделировании сценариев предполагалось, что в начальный момент атмосфера над выбранными территориями находится в состоянии покоя (фоновый штиль). Фоновое вертикальное распределение температуры пограничного слоя задавалось как $T(z) = T_0 - \gamma z$, где T_0 – температура атмосферы на уровне нижней точки поверхности, γ – вертикальный градиент температуры.

Для сценария 1:

$$T_0 = -18^\circ\text{C}, \quad \gamma = \begin{cases} 0.0028, & 0 < z \leq 1500 \text{ м}, \\ 0.0045, & z > 1500 \text{ м}. \end{cases}$$

Для сценария 2 (фоновая инверсия):

$$T_0 = -18^\circ\text{C}, \quad \gamma = \begin{cases} -0.0005, & z \leq 600 \text{ м}, \\ 0.0028, & 600 < z \leq 1500 \text{ м}, \\ 0.0045, & z > 1500 \text{ м}. \end{cases}$$

Для температуры почвы в модели рассчитывался ее суточный ход. Температура воды в численных экспериментах полагалась равной 10°C и не менялась в течение всего расчета.

В данной работе под фоновым штилем подразумевается, что внешнего по отношению к рассматриваемой территории набегающего ветрового потока нет, и все атмосферные движения развиваются под влиянием температурной неоднородности подстилающей поверхности, вызванной неравномерным поступлением солнечной радиации на отдельные ее участки.

На фоне развивающихся локальных циркуляций моделировался перенос двух пассивных невесомых примесей, назовем их c_1 и c_2 , поступающих в атмосферу от двух постоянно действующих точечных источников выбросов, приподнятых на высоту 200 м и 300 м, соответственно. Источники имитируют трубы различной высоты, основания труб в численных экспериментах совпадают.

Как показали результаты сценарных расчетов, модель правильно отражает основные черты распространения примесей в заданных условиях. Чем выше источник выброса, тем больше зона его влияния, но при этом концентрации в нижних слоях атмосферы вблизи источника ниже, чем от более низкого источника той же мощности. Эти процессы проиллюстрированы на рис. 2.

Рис. 2. Изолинии концентрации примесей (усл. ед.) на высоте 50 м над поверхностью. Розовые соответствуют выбросам от источника высотой 200 м, синие – 300 м. Внешние изолинии каждого цвета соответствуют концентрации 0.1 усл. ед., внутренние – 0.5 и 1 усл.ед. Положение источников выбросов отмечено зеленым кружком

На рис. 2 а, б представлены изолинии концентрации примесей с1 и с2 для двух моментов времени (12 ч и 18 ч местного времени) в условиях сценария 1, на рис. 2 в, г – для тех же моментов времени в условиях сценария 2.

Прежде всего, следует отметить, что характеры распространения примесей в обоих сценариях схожи. От источника высотой 300 м примесь с2 (синие изолинии) распространяется на большее расстояние, нежели примесь с1 (розовые изолинии) от более низкого источника высотой 200 м. Приземные концентрации с1 вблизи источников выше, чем концентрации с2. В то же время есть некоторые различия в динамике распространения. В сценарии 1 примеси в течение суток преимущественно распространяется вдоль реки в юго-западном направлении. В сценарии 2 (с фоновой инверсией) существенная доля примесей рассеивается еще и в северо-восточном направлении вдоль реки, то есть в обе стороны по долине.

На основе представленных расчетов можно сделать вывод о том, что предложенная новая версия мезомасштабной модели динамики атмосферы и переноса примесей адекватно описывает процессы рассеивания выбросов от высоких точечных источников. Результаты моделирования согласуются с современными представлениями о механизмах формирования мезоклиматов и качества атмосферы в критических ситуациях Красноярска.

Работа в части развития базовых математических моделей выполняется в рамках темы государственного задания ИВМиМГ СО РАН № 0315-2016-0004, проведение исследований для г. Красноярска при поддержке проекта РФФИ № 17-01-00137. Работа также частично поддерживается Проектом XI.174.1.8. по Программе ФНИ СО РАН (геоинформационное обеспечение). Расчеты выполнены с использованием ресурсов ЦКП Сибирский Суперкомпьютерный Центр ИВМиМГ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Битехтина М. А., Михайлюта С. В., Леженин А. А., Тасейко О. В. Эволюция пограничного слоя и особенности загрязнения атмосферы города // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – Т. 4, № 2. – С. 143-148.
2. Hrebtov M., Hanjalić K. Numerical Study of Winter Diurnal Convection Over the City of Krasnoyarsk: Effects of Nonfreezing River, Undulating Fog and Steam Devils // Boundary Layer Meteorology. – 2017. – P. 1-27. doi: 10.1007/s10546-016-0231-0
3. Pyanova E. A., Penenko V. V., Faleychik L. M. Simulation of winter mesoclimates in Krasnoyarsk urban agglomeration // Proc. SPIE 10466, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 104666J (30 November 2017); doi: 10.1117/12.2287754; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287754>
4. Pyanova E. A., Penenko V. V. and Faleychik L. M. Scenario studies of local atmospheric circulations in the Krasnoyarsk region // Proc. SPIE 10035, 22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics, 100356D (November 29, 2016); doi:10.1117/12.2249043.
5. Пененко В. В., Алоян А. Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. – Новосибирск: Наука, 1985. – 256 с.

6. Пьянова Э. А. Исследование трансформации воздушного потока над термически и орографически неоднородной подстилающей поверхностью // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10, № S3. – С. 106–111.
7. Пьянова Э.А., Фалейчик Л.М. Информационно-вычислительная технология для сценарных оценок динамики и качества атмосферы // Вычислительные технологии. – 2012. – Т. 17, № 1. – С. 109-119.
8. Казаков А. Л., Лыкосов В. Н. О параметризации взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью при численном моделировании атмосферных процессов // Труды ЗапСибНИИ. – 1982. – Вып. 55. – С. 3-20.
9. Казаков А. Л., Леженин А. А. Метод определения температуры подстилающей поверхности в моделях пограничного слоя // Метеорология, климатология и гидрология. – 1998. – Вып. 35. – С. 158-174.
10. Hurley, P. The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part 1: Technical Description // CSIRO Atmospheric Research Technical Paper. – 2005. – № 71. – 54 p.
11. Пененко В. В. Методы численного моделирования атмосферных процессов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. – 252 с.
12. Penenko V., Tsvetova E. Discrete-analytical methods for the implementation of variational principles in environmental applications // J. of Computation and Applied Mathematics. – 2009. – Vol. 226, iss. 1. – P. 319-330.
13. Фалейчик Л. М. Геоинформационное обеспечение численного моделирования локальных атмосферных процессов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2012. – Т. 10, № 2. – С. 14-24.
14. Jarvis A., Reuter H. I., Nelson A., Guevara E. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90 m Database. – 2008. <http://srtm.csi.cgiar.org>
15. Алоян А. Е., Фалейчик А. А., Фалейчик Л. М. Алгоритм численного решения метеорологических задач в случае криволинейной области // Математические модели рационального природопользования. – Новосибирск: Наука, 1989. – С. 14-35.

© Э. А. Пьянова, В. В. Пененко, Л. М. Фалейчик, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>Е. Н. Кулик, Е. Ю. Сахарова.</i> Распознавание пахотных земель на основе сезонной изменчивости характеристик растительного покрова	3
2. <i>А. П. Гук, М. М. Шляхова.</i> Особенности современного этапа развития средств дистанционного зондирования.....	7
3. <i>Л. Г. Евстратова.</i> О возможной интеграции методов фотограмметрии и ВІМ-технологии	14
4. <i>А. С. Скоробогатова, М. С. Епифанова, Е. П. Хлебникова.</i> Цифровые фотограмметрические системы в топографо-геодезическом производстве Республики Казахстан.....	19
5. <i>В. В. Дедкова.</i> Современные программные продукты для обработки материалов аэросъемок с беспилотных авиационных систем.....	25
6. <i>Т. А. Хлебникова, О. А. Оприцова, С. М. Аубакирова.</i> Экспериментальные исследования точности построения фотограмметрической модели по материалам БПЛА	32
7. <i>К. И. Калашников, Е. Н. Кулик.</i> К проблеме совершенствования системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения с использованием данных дистанционного зондирования Земли	38
8. <i>Аловсат Шура-оглы Гулиев.</i> Оценка точности определения высот по данным воздушного лазерного сканирования для автоматизации пространственных трансформаций функциональной модели регионов	43
9. <i>А. Е. Михайлов, Е. В. Клевцов, Э. Ю. Осипов.</i> Дистанционное зондирование ледников Восточного Саяна по данным Landsat.....	52
10. <i>Е. С. Черепанова, Л. Н. Ермакова, А. Н. Шихов.</i> Разработка карт распределения биоклиматических индексов на основе данных Worldclim 2.0 (на примере территории Пермского края).....	56
11. <i>П. В. Воронина, Д. Л. Чубаров, Н. Н. Добрецов.</i> Развитие метода RST (Robust Satellite Technique) для выявления аномалий температуры поверхности на территории Горного Алтая.....	64
12. <i>А. А. Донцов, И. А. Суторихин.</i> Геоинформационная система регистрации гидрологических параметров внутриконтинентальных водных объектов.....	74
13. <i>М. А. Гурьянов, С. М. Борзов.</i> Классификация гиперспектральных изображений на основе соотношений яркостей различных каналов.....	81
14. <i>И. Г. Казанцев.</i> Об одном детекторе угловых точек на изображениях	89
15. <i>С. М. Кононенко, Т. В. Старостина.</i> Спутниковые данные в прогнозе урожайности пшеницы для административных районов Сибири	94

16. С. А. Рылов. Многолетний мониторинг усыхания озера Убинское по спутниковым данным Landsat 4,5,7,8 с помощью специализированных алгоритмов сегментации	102
17. Ю. Н. Синявский, С. А. Рылов. Экспериментальное сравнение непараметрических алгоритмов кластеризации для сегментации мультиспектральных изображений	109
18. А. А. Бучнев, П. А. Ким, В. П. Пяткин, Ф. В. Пяткин. Распределенная сеть облачных web-сервисов для обработки спутниковых данных	115
19. П. В. Мельников, И. А. Пестунов. Экспериментальное исследование качества классификации гиперспектральных изображений с использованием пространственных признаков на основе геометрических моментов	125
20. В. Ф. Рапута, А. А. Леженин, Т. В. Ярославцева. Оценка параметров выбросов новосибирских ТЭЦ с использованием спутниковой информации	137
21. П. А. Ким. Естественная кластеризация	147
22. Т. В. Ярославцева, В. Ф. Рапута, И. А. Соловьева. Наземный и спутниковый мониторинг атмосферного загрязнения в районе Новосибирского электродного завода	152
23. М. С. Хайретдинов, Б. В. Поллер, А. В. Бритвин, Д. Я. Машников. Акустооптическое взаимодействие на инфранизких частотах	158
24. В. И. Добrorодный, Г. Ф. Седухина, М. С. Хайретдинов. Комбинированная сейсмоакустическая локация в проблеме геоэкологического мониторинга природной среды	168
25. О. Н. Соболева. Влияние корреляции между диэлектрической проницаемостью и проводимостью на эффективную оценку энергии в скин-слое	177
26. Б. Х. Имомназаров, Х. Х. Имомназаров, П. В. Коробов. Об одной некорректной задаче, возникающей в теории пороупругости	183
27. Г. С. Васильев, Б. Ж. Мамасолиев. Ядро основных групп Ли преобразований одномерной системы уравнений двухскоростной гидродинамики	188
28. С. А. Ефимов. Качественный анализ карьерного взрыва как источника сейсмических волн	195
29. С. А. Ефимов. Количественный анализ местоположения землетрясений методами волновой сейсмики	202
30. А. И. Крылова, Е. А. Антипова. Гидродинамическое моделирование движения водотоков в дельте реки Лены	211
31. Э. А. Пьянова, В. В. Пененко, Л. М. Фалейчик. Рассеивание примесей от высотных источников в устойчиво стратифицированной атмосфере	219
32. А. В. Пененко. Итеративная регуляризация при решении обратных задач химии атмосферы с данными типа временных рядов концентраций	226

33. <i>А. В. Пененко, А. В. Гочаков, Ж. С. Мукатова, П. Н. Антохин.</i> Численное исследование алгоритма вариационного усвоения данных мониторинга химического состава атмосферы в условиях города Новосибирска.....	234
34. <i>В. В. Пененко.</i> Алгоритмы обратных задач продолжения в приложениях к проблемам окружающей среды.....	243
35. <i>С. В. Михайлюта, А. А. Леженин, П. Г. Гудовский.</i> Концентрации бенз(а)пирена в атмосфере г. Красноярска в летний и зимний периоды	249
36. <i>Е. А. Цветова.</i> О межфазном динамическом обмене в гетерогенной природной системе	256
37. <i>В. В. Малахова.</i> Оценка состояния многолетнемерзлых пород арктического шельфа	261
38. <i>Н. А. Балдаков, О. В. Ловцкая.</i> Способы визуализации результатов расчета зон затопления пойменных территорий средствами ГИС	267
39. <i>А. Т. Зиновьев, К. Б. Кошелев, К. В. Марусин.</i> Использование компьютерного моделирования и ГИС-технологий для оценки перестроения ложа крупного долинного водохранилища в зоне переменного подпора.....	275
40. <i>В. Ю. Филимонов, Н. А. Балдаков, А. В. Кудишин, О. В. Ловцкая.</i> Анализ корреляционных связей сезонных объемов стока и величин снегозапасов на крупных притоках верхней Оби	284
41. <i>А. Ю. Ряднов, Р. В. Андреев, Ю. М. Гектин, Н. П. Акимов, А. Г. Фролов, Ю. Ю. Гулин.</i> ИК-радиометр МСУ-ИК-СРМ для решения задач оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций	295

CONTENTS

1. <i>E. N. Kulik, E. Yu. Sakharova</i> . Arable Lands Recognition on the Basis of Seasonal Variability of Vegetation Cover Characteristics	3
2. <i>A. P. Guk, M. M. Shlyakhova</i> . Aspects of the Modern Stage of Development of Remote Sensing Instrument	7
3. <i>L. G. Evstratova</i> . On The Possible Integration of Photogrammetric Techniques and Bim Technologies	14
4. <i>A. S. Skorobogatova, M. S. Epifanova, E. P. Khlebnikova</i> . Digital Photogrammetric Systems in the Surveying Industry in the Republic of Kazakhstan	19
5. <i>V. V. Dedkova</i> . Modern Software for Processing of Uas-Based Imagery Results	25
6. <i>T. A. Khlebnikova, O. A. Opritova, S. M. Aubakirova</i> . Experimental Studies of Photogrammetric Model Accuracy by UAV	32
7. <i>K. I. Kalashnikov, E. N. Kulik</i> . To the Problem of Improving the Monitoring System of Agricultural Lands Using Remote Sensing	38
8. <i>Alovsat Shura-oglu Guliyev</i> . Evaluation of the Height Accuracy of Air Laser Scanning for Automation of Spatial Transformations of the Functional Model for the Regions.....	43
9. <i>A. E. Mikhaylov, E. V. Klevtsov, E. Yu. Osipov</i> . Remote Sensing of the Glaciers in the Eastern Sayan Mountains Using Landsat Data	52
10. <i>E. S. Cherepanova, L. N. Ermakova, A. N. Shikhov</i> . The Development of the Maps of Bioclimatic Indices Based on Worldclim 2.0 Data (on the Example of the Territory of Perm Krai)	56
11. <i>P. V. Voronina, D. L. Chubarov, N. N. Dobretsov</i> . The Development of Rst (Robust Satellite Technique) Method for Detection of Temperature Anomalies on the Territory of Mountain Altai.....	64
12. <i>A. A. Dontsov, I. A. Sutorikhin</i> . Geoinformation System of Registration of Hydrological Parameters of Intracontinental Water Objects.....	74
13. <i>M. A. Guryanov, S. M. Borzov</i> . Hyperspectral Image Classification Based on the Brightness Ratio of Various Channels	81
14. <i>I. G. Kazantsev</i> . About a Corner Detector on Images.....	89
15. <i>S. M. Kononenko, T. V. Starostina</i> . Satellite Data in Forecast for Wheat Yield for Administrative Areas of Siberia.....	94
16. <i>S. A. Rylov</i> . Long-Term Monitoring of Lake Ubinskoye by Landsat 4,5,7,8 Satellite Data with use of Specialized Segmentation Algorithms	102
17. <i>Yu. N. Sinyavskiy, S. A. Rylov</i> . Experimental Evaluation of Nonparametric Clustering Algorithms for Multispectral Images Segmentation	109
18. <i>A. A. Buchnev, P. A. Kim, V. P. Pyatkin, F. V. Pyatkin</i> . Distributed Network of Cloud-Based Web-Services for Satellite Data Processing	115

19. <i>P. V. Melnikov, I. A. Pestunov.</i> Experimental Study of Quality of Spectral–Spatial Classification of Hyperspectral Imagery Based on Geometric Moments.....	125
20. <i>V. F. Raputa, A. A. Lezhenin, T. V. Yaroslavtseva.</i> Estimating the Emission Parameters of Novosibirsk Thermal Power Stations with the Use of Satellite Information	137
21. <i>P. A. Kim.</i> Natural Clusterization.....	147
22. <i>T. V. Yaroslavtseva, V. F. Raputa, I. A. Solov'eva.</i> Ground-Based and Satellite Monitoring of Atmospheric Pollution in Area of Novosibirsk Electrode Plant.....	152
23. <i>M. S. Khairtdinov, B. V. Poller, A. V. Britvin, D. Y. Mashnikov.</i> Acoustooptic Interaction on Low Frequencies	158
24. <i>V. I. Dobrorodny, G. F. Sedukhina, M. S. Khairtdinov.</i> Combined Seismoacoustic Location in the Problem of the Geo-Ecological Monitoring of the Natural Medium	168
25. <i>O. N. Soboleva.</i> Influence of Correlations Between Permittivity and Conductivity on Effective Estimate of Energy for Skin-Layer.....	177
26. <i>B. Kh. Imomnazarov, Kh. Kh. Imomnazarov, P. V. Korobov.</i> About one Incorrect Problem Arising in the Poroelasticity Theory	183
27. <i>G. S. Vasiliev, B. J. Mamasoliev.</i> Main Core of Lie Groups of Transformations for a One-Dimensional System of Two-Velocity Hydrodynamic Equations	188
28. <i>S. A. Efimov.</i> Qualitative Analysis of Career Blast as the Source of Seismic Waves	195
29. <i>S. A. Efimov.</i> Quantitative Analysis of the Location of the Earthquake Wave Seismic Methods	202
30. <i>A. I. Krylova, E. A. Antipova.</i> Hidrodynamic Simulation of the Stream Flow Motion in the Lena River Delta.....	211
31. <i>E. A. Pyanova, V. V. Penenko, L. M. Faleychik.</i> The Dispersion of Impurities from the High-Altitude Sources in the Stably Stratified Atmosphere.....	219
32. <i>A. V. Penenko.</i> Iterative Regularization in Solving Inverse Problems of Atmospheric Chemistry with Time Series-Type Concentrations Data	226
33. <i>A. V. Penenko, A. V. Gochakov, Zh. S. Mukatova, P. N. Antokhin.</i> Numerical Study of the Algorithm of Variational Data Assimilation for Monitoring the Chemical Composition Of The Atmosphere in the City of Novosibirsk.....	234
34. <i>V. V. Penenko.</i> Algorithms of Continuation Inverse Problems in Applications to Environmental Problems	243
35. <i>S. V. Mikhailuta, A. A. Lezhenin, P. G. Gudovsky.</i> Benzo(a)pyrene Concentrations in an Urban Air of Krasnoyarsk in Summer and Winter	249
36. <i>E. A. Tsvetova.</i> On Dynamic Interfacial Exchange in a Heterogeneous Natural System.....	256

37. <i>V. V. Malakhova</i> . Estimation of Subsea Permafrost Layer Thickness on the Arctic Shelf.....	261
38. <i>N. A. Baldakov, O. V. Lovtskaya</i> . Methods for Visualization of Hydrological Study of Flood Zones on Floodplains Using GIS-Techniques.....	267
39. <i>A. T. Zinoviev, K. B. Koshelev, K. V. Marusin</i> . Use of Computer Simulation and GIS-Technologies to Assess the Reformation of the Bed of a Large Lowland Reservoir in Zone of Variable Backwater.....	275
40. <i>V. Yu. Filimonov, N. A. Baldakov, A. V. Kudishin, O. V. Lovtskaya</i> . The Correlation Analysis of Seasonal Runoff and Snow Reserves in Large Tributaries of the Upper Ob	284
41. <i>A. Yu. Ryadnov, R. V. Andreev, Yu. M. Gektin, N. P. Akimov, A. G. Frolov, Yu. Yu. Gulin</i> . IR Radiometer MSD-IR-MRM for Operative Monitoring of Technogenic and Natural Disaster	295