



# Классификация форм облачности на основе актинометрической информации

## Cloud classification using radiation data

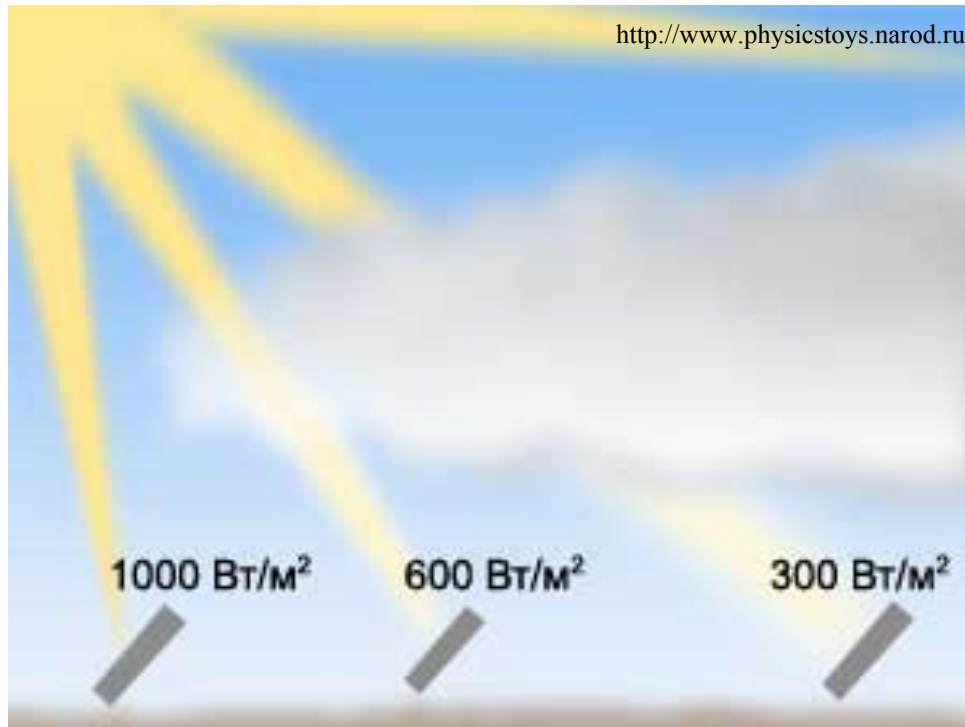
Зуев С. В., Красненко Н.П., Карташова Е.С.      Докладчик Карпушин П.А.  
Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск,  
пр. Академический, д. 10/3

[zuev@imces.ru](mailto:zuev@imces.ru)

# Роль облачности

Облака являются естественным пространственно-временным модулятором поступающей на поверхность Земли солнечной радиации.

Определение форм и видов облачности позволяет получать представление об определенных процессах в атмосфере, которые приводят к ее возникновению, и прогнозировать дальнейшее их развитие.



# Роль облачности



Особое внимание необходимо уделять облакам нижнего яруса и вертикального развития, которые оказывают наибольшее влияние на климат и погоду территорий и являются источником опасных метеорологических явлений и чрезвычайных ситуаций.

# Мониторинг облачности

Спутниковые технологии не всегда могут обеспечивать мониторинг такой облачности (многослойная облачность, нахождение спутника не над точкой измерения, низкое разрешение снимка).

Наземные наблюдения за облачностью производятся на сети Росгидромета визуально раз в три часа.

Непрерывный мониторинг за состоянием небосвода невозможен без автоматизации определения основных параметров облачности.

# Цель работы

Создание измерительной системы, способной в реальном времени в автоматическом режиме определять форму и вид облачности на основе анализа актинометрической информации в коротковолновом (280-2800 нм) диапазоне.

# Задача

Для достижения поставленной цели необходимо провести классификацию основных форм облачности по их способности влиять на величину солнечной радиации, для чего необходимо иметь непрерывные синхронные ряды инструментальных наблюдений за прямой и рассеянной радиацией и визуальных наблюдений за формой облачности для их сопоставления.

# Ожидаемый результат

Создание методики определения (идентификации) основных форм облачности на основе анализа актинометрической информации в коротковолновом диапазоне.

# Получение непрерывных рядов прямой и рассеянной радиации



Круглосуточные одномоментные измерения основных элементов радиационного режима:

1.  $Q$  – суммарная радиация;
2.  $S$  – прямая радиация;
3.  $D$  – рассеянная радиация;
4.  $R_K$  – отраженная КВ радиация;
5.  $E_a$  – ДВ радиация атмосферы;
6.  $R_d$  – отраженная ДВ радиация;
7.  $UVA$  - УФ радиация (315-400 нм)
8.  $UVB$  - УФ радиация (280 - 315 нм)

Автоматизированный актинометрический комплекс на  
Агрометеорологической станции "А Огурцово"  
(Новосибирск) (WMO 29638, координатный номер 5498300).

# Получение непрерывных рядов состояния небосвода



Телевизионный  
измеритель общего  
балла облачности



Получение изображений всего небосвода  
круглосуточно с дискретностью 2 мин.

# Актинометрические особенности облаков.

## Амплитудные признаки

Оценка влияния на величину (амплитуду) солнечной радиации (оценка оптической толщины облаков):

- коэффициент пропускания прямой радиации  $C_S = \frac{\bar{S}}{S_0}$
- коэффициент изменения рассеянной радиации  $C_D = \frac{\bar{D}}{D_0}$

$\bar{S}$  и  $\bar{D}$  – средние измеренные (за 20 мин.) значения прямой и рассеянной радиации,

$S_0$  и  $D_0$  – справочные значения прямой и рассеянной радиации при ясном небе.

# Актинометрические особенности облаков.

## Временные признаки

Оценка влияния на временную изменчивость величины солнечной радиации  
(оценка однородности оптической толщины облачности):

- коэффициент вариации прямой радиации  $V_S = \frac{\sigma_S}{\bar{S}}$ 
  - коэффициент вариации рассеянной радиации  $V_D = \frac{\sigma_D}{\bar{D}}$

$\bar{S}$  и  $\bar{D}$  – средние измеренные (за 20 мин.) значения прямой и рассеянной радиации,

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение.

# Классификация форм облачности на основе актинометрической информации

|    | Класс облачности по степени пропускания прямой радиации (оптическая толщина облаков) | Состояние небосвода (форма облачности) | Морфологическая классификация |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| 1. | Полностью пропускает                                                                 | Ясно                                   |                               |
| 2. | Просвечивающие облака                                                                | <i>Ci, Cc, Ac trans.</i>               | Облака верхнего яруса         |
|    |                                                                                      | <i>Cs</i>                              |                               |
| 3. | Полупросвечивающие облака                                                            | <i>Ac, Ci sp., Sc trans.</i>           | Облака среднего яруса         |
|    |                                                                                      | <i>As</i>                              |                               |
| 4. | Непросвечивающие облака                                                              | <i>Sc, Ac op., Ac lent.</i>            | Облака нижнего яруса          |
|    |                                                                                      | <i>St, As neb./und. op.</i>            |                               |
|    |                                                                                      | <i>Cu, Ci ing.</i>                     | Облака вертикального развития |
|    |                                                                                      | <i>Cb, Ns</i>                          |                               |

# Классификация форм облачности на основе актинометрической информации

|    | Класс облачности по степени пропускания прямой радиации (оптическая толщина облаков) | Состояние небосвода (форма облачности) | Средние значения |       |       |       |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
|    |                                                                                      |                                        | $C_S$            | $V_S$ | $C_D$ | $V_D$ |
| 1. | Полностью пропускает                                                                 | Ясно                                   | 1,0              | 0,05  | 0,8   | 0,04  |
| 2. | Просвечивающие облака                                                                | <i>Ci, Cc, Ac trans.</i>               | 0,7              | 0,7   | 2,2   | 0,06  |
|    |                                                                                      | <i>Cs</i>                              | 0,7              | 0,5   | 2,1   | 0,02  |
| 3. | Полупросвечивающие облака                                                            | <i>Ac, Ci sp., Sc trans.</i>           | 0,5              | 0,7   | 2,6   | 0,10  |
|    |                                                                                      | <i>As</i>                              | 0,7              | 0,5   | 3,8   | 0,04  |
| 4. | Непросвечивающие облака                                                              | <i>Sc, Ac op., Ac lent.</i>            | 0,1              | 0,89  | 3,2   | 0,15  |
|    |                                                                                      | <i>St, As neb./und. op.</i>            | 0,3              | 0,5   | 2,1   | 0,02  |
|    |                                                                                      | <i>Cu, Ci ing.</i>                     | 0,6              | 0,62  | 1,8   | 0,18  |
|    |                                                                                      | <i>Cb, Ns</i>                          | 0                | 0,9   | 1,5   | 0,21  |

1 – высокое значение коэффициента ( $C_S \geq 0,7$ ;  $C_D \geq 1,6$ ;  $V_S \geq 0,66$ ;  $V_D \geq 0,05$ )

0 – низкое значение коэффициента ( $C_S < 0,7$ ;  $C_D < 1,6$ ;  $V_S < 0,66$ ;  $V_D < 0,05$ )

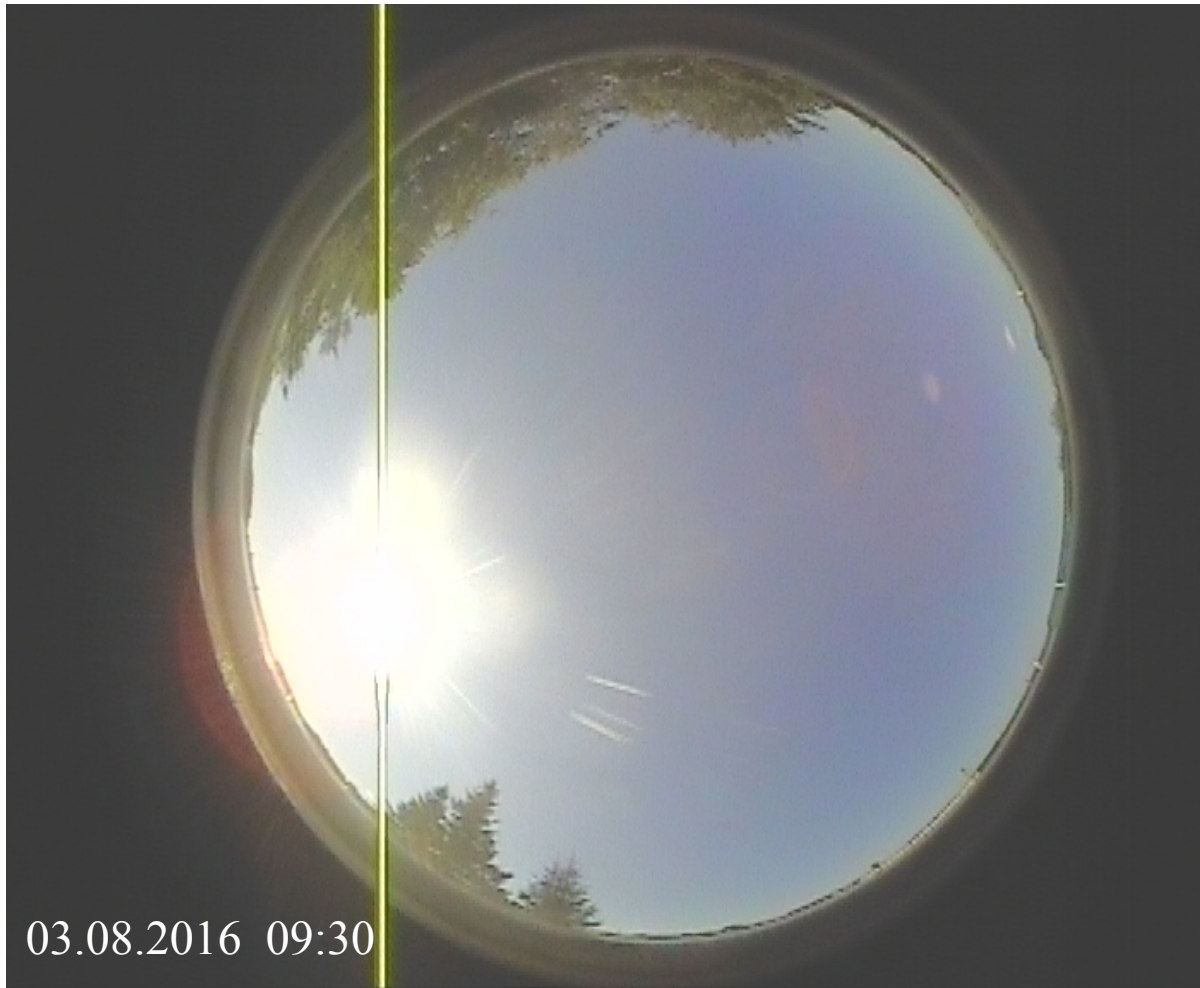
# Классификация форм облачности на основе актинометрической информации

|    | Класс облачности по степени пропускания прямой радиации (оптическая толщина облаков) | Состояние небосвода (форма облачности) | Идентификатор $C_S V_S C_D V_D$ |       |       |       |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|
|    |                                                                                      |                                        | $C_S$                           | $V_S$ | $C_D$ | $V_D$ |
| 1. | Полностью пропускает                                                                 | Ясно                                   | 1                               | 0     | 0     | 0     |
| 2. | Просвечивающие облака                                                                | <i>Ci, Cc, Ac trans.</i>               | 1                               | 1     | 1     | 1     |
|    |                                                                                      | <i>Cs</i>                              | 1                               | 0     | 1     | 0     |
| 3. | Полупросвечивающие облака                                                            | <i>Ac, Ci sp., Sc trans.</i>           | 0                               | 1     | 1     | 1     |
|    |                                                                                      | <i>As</i>                              | 1                               | 0     | 1     | 0     |
| 4. | Непросвечивающие облака                                                              | <i>Sc, Ac op., Ac lent.</i>            | 0                               | 1     | 1     | 1     |
|    |                                                                                      | <i>St, As neb./und. op.</i>            | 0                               | 0     | 1     | 0     |
|    |                                                                                      | <i>Cu, Ci ing.</i>                     | 0                               | 0     | 1     | 1     |
|    |                                                                                      | <i>Cb, Ns</i>                          | 0                               | 1     | 0     | 1     |

1 – высокое значение коэффициента ( $C_S \geq 0,7$ ;  $C_D \geq 1,6$ ;  $V_S \geq 0,66$ ;  $V_D \geq 0,05$ )

0 – низкое значение коэффициента ( $C_S < 0,7$ ;  $C_D < 1,6$ ;  $V_S < 0,66$ ;  $V_D < 0,05$ )

# Ясное небо



Характерные особенности:

1.  $C_S$  и  $C_D \approx 1$ .

2.  $V_S$  и  $V_D \approx 0$ .

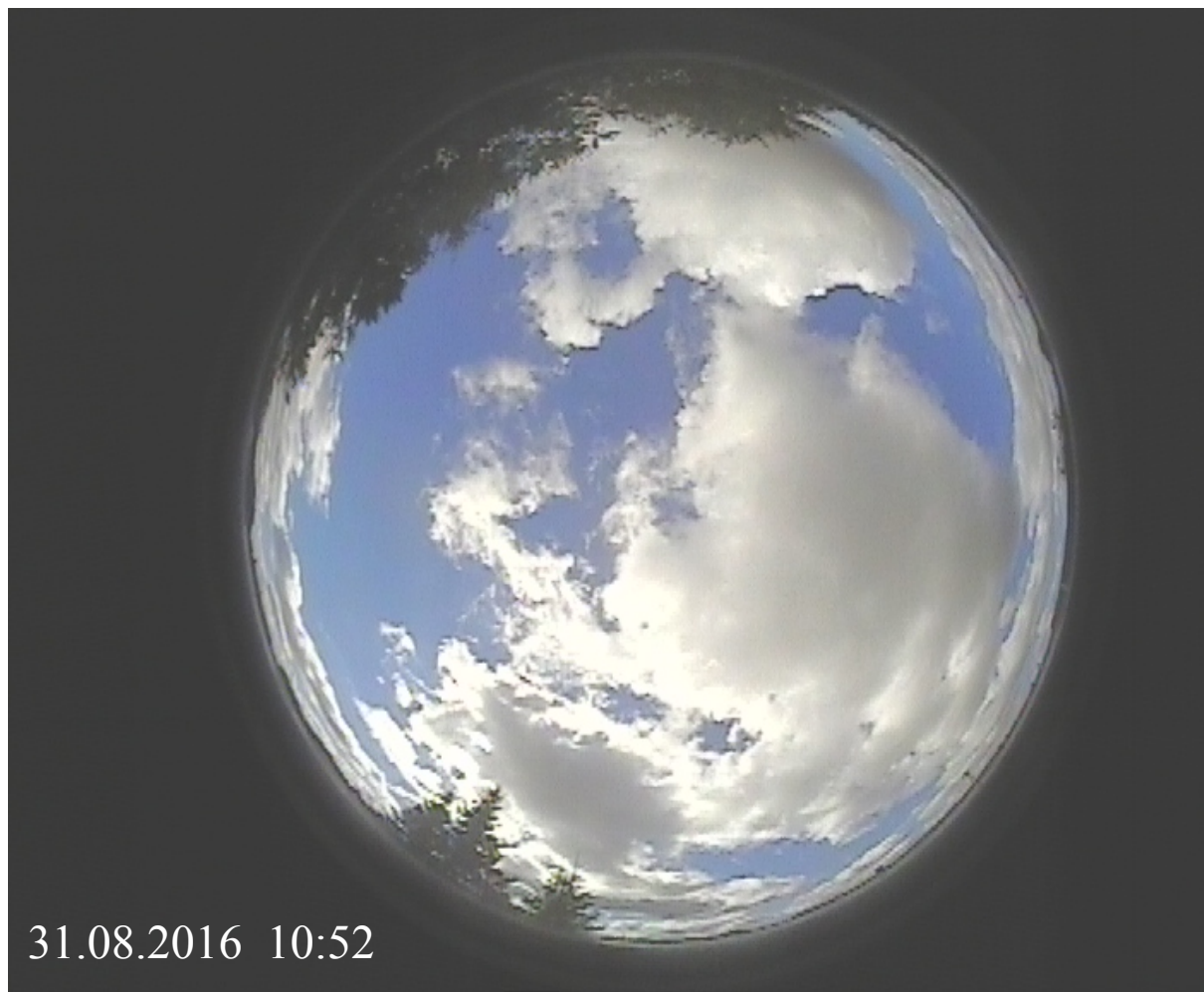
$$C_S = 0,9 \div 1,2 \quad V_S = 0 \div 0,07$$

$$C_D = 0,7 \div 1,0 \quad V_D = 0 \div 0,05$$

Идентификатор  $C_S V_S C_D V_D$

1000

# Кучевая облачность $C_u$



Характерные особенности:

1.  $C_S = \min$  или  $\max$  (Солнце полностью закрыто или полностью открыто).

2. Значения  $C_D$ ,  $V_S$  и  $V_D$  изменяются в широких пределах.

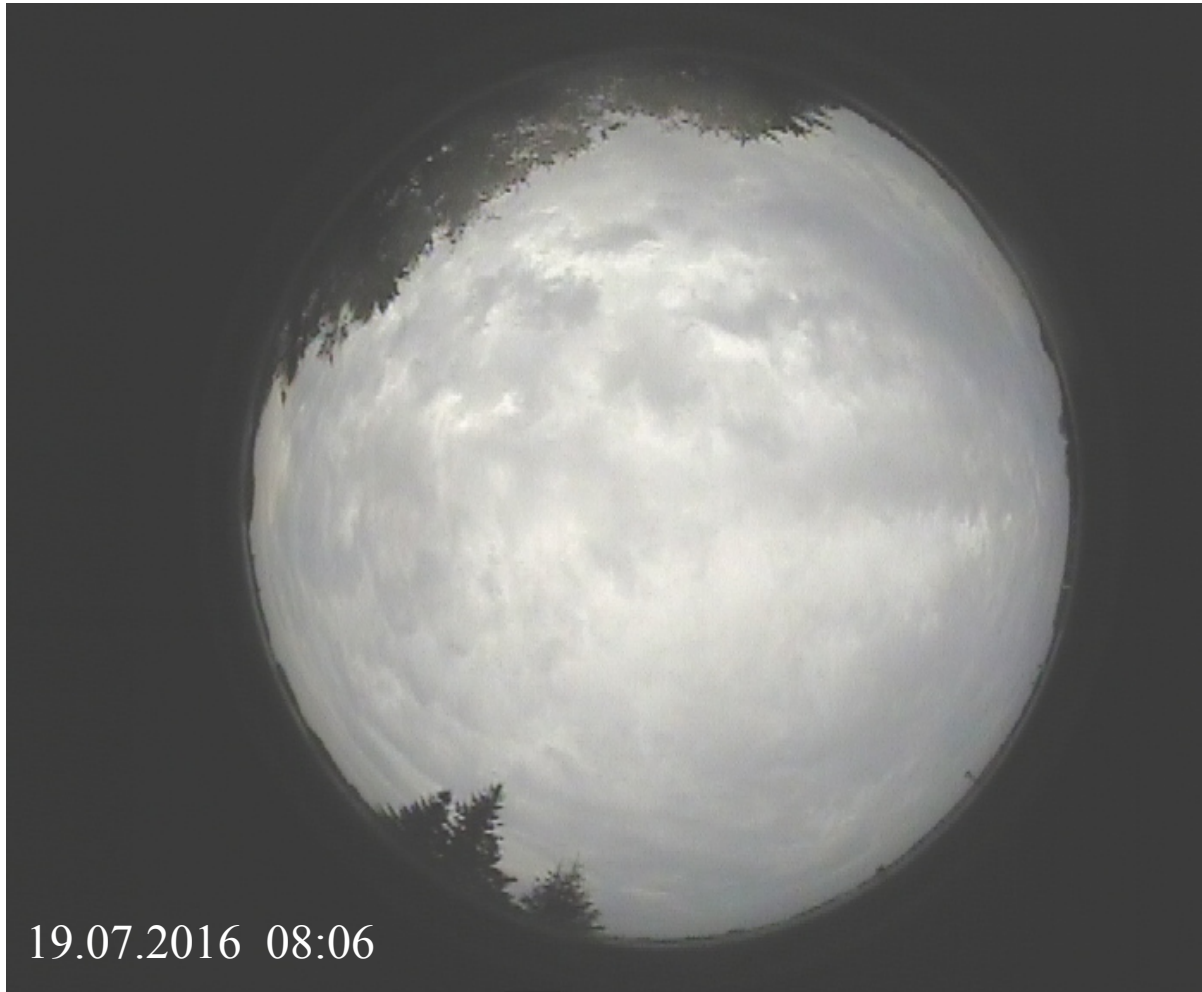
$C_S = 0 \div 1,2$        $V_S = 0 \div 4,0$

$C_D = 0,6 \div 3,1$      $V_D = 0,01 \div 0,74$

Идентификатор  $C_S V_S C_D V_D$

0011

# Слоистая облачность $St$



Характерные особенности:

1.  $C_S$  и  $V_S < 1$ .

2.  $C_D > 1$ .

3.  $V_D \approx 0$ .

$C_S = 0 \div 0,5$        $V_S = 0 \div 0,5$

$C_D = 1,0 \div 2,5$        $V_D = 0 \div 0,05$

Идентификатор  $C_S V_S C_D V_D$

0010

# Заключение

Классификация основных форм облачности на основе актинометрической информации позволяет автоматизировать процесс ее определения, а использование идентификаторов позволяет применять стандартные алгоритмы автоматической классификации объектов.

К ограничениям такого метода можно отнести его работу только в светлое время суток и сложность одновременной идентификации нескольких форм облачности.

Работа выполняется в рамках проекта фундаментальных исследований СО РАН IX.138.2.5."Научно-методические основы создания и использования технологий и информационно-измерительных комплексов для дистанционного мониторинга нижнего слоя атмосферы".

Авторы выражают признательность руководству и сотрудникам ФГБУ "Западно-Сибирское УГМС" (г. Новосибирск) и агрометеорологической станции "А Огурцово" за предоставленные данные измерений.



# Классификация форм облачности на основе актинометрической информации

## Cloud classification using radiation data

Зуев С. В., Красненко Н.П., Карташова Е.С.

[zuev@imces.ru](mailto:zuev@imces.ru)

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, г. Томск,  
пр. Академический, д. 10/3