МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

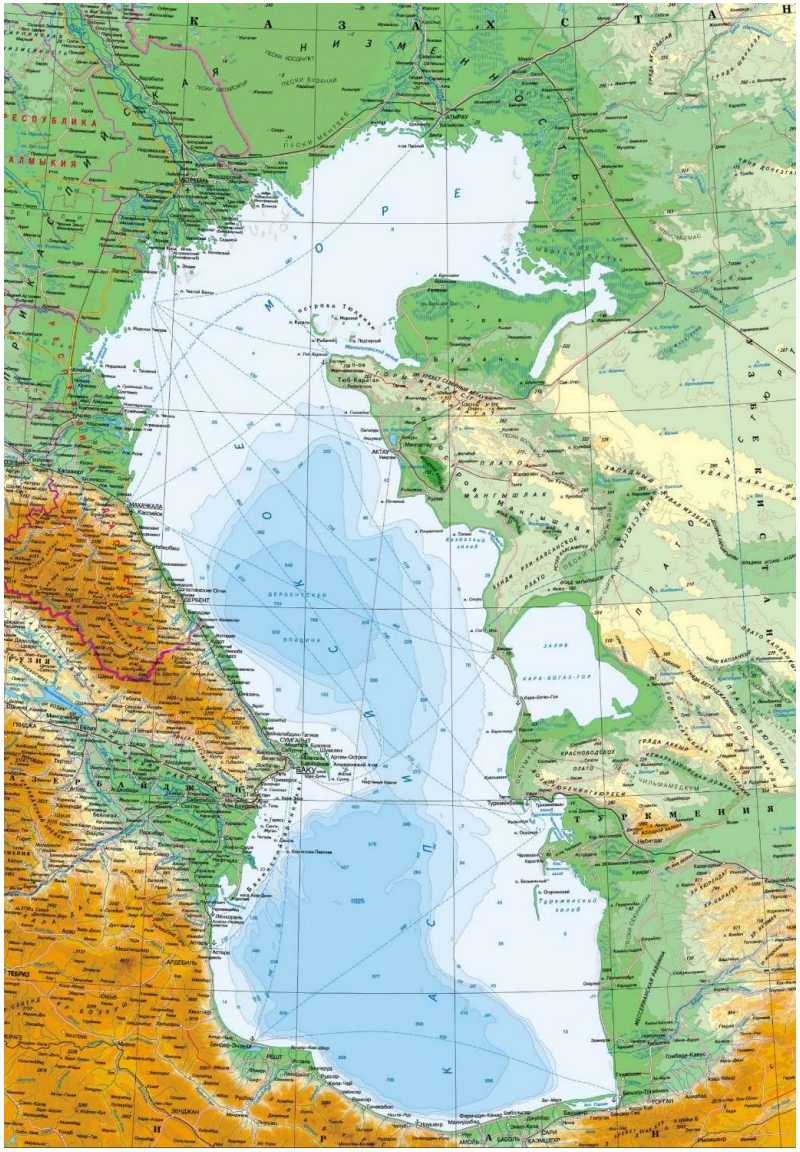
Географический факультет
Кафедра метеорологии и климатологии
Кафедра океанологии

STORM SURGES IN THE NOTHERN PART OF THE CASPIAN SEA AND ATMOSPHERIC CIRCULATION

Суркова Г.В., Архипкин В.С., Охлопков И.А.

e-mail galina_surkova@mail.ru

Каспийское море является уникальным примером крупнейшего по площади замкнутого природного объекта. Помимо его большой площади, **уникальность заключается в непостоянстве уровня воды** как с течением времени (периоды оледенения), так и по водному зеркалу. Каспийское море связи с океаном не имеет, что формально позволяет называть его озером, однако оно обладает всеми особенностями моря.



Цели и задачи исследования:

Для более детального изучения этого явления необходимо учитывать синоптический фактор (перемещение воздушных масс и атмосферных фронтов). В связи с этим**, целью научной работы является синоптическое обоснование** возникновения нагонных явлений в акватории Северного Каспия.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

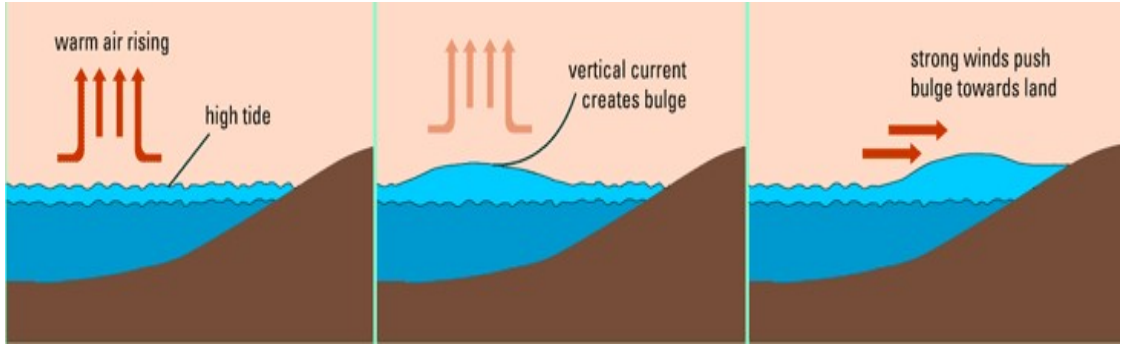
1. **Формирование электронного каталога** – календаря зафиксированных нагонов с максимальными значениями изменения уровня моря.
2. **Статистическое исследование** показателей высоты, площади затопления и распределения нагонов в различные сезоны года.
3. **Анализ синоптических ситуаций**, которое позволит более глубоко рассмотреть разнообразие факторов, послуживших причинами формирования нагонных явлений.

Актуальность исследования связана с активным освоением и хозяйственным использованием ресурсов побережья Каспийского моря. Для уменьшения воздействия стихийных бедствий, прежде всего нагонов, существует необходимость, в условиях меняющегося климата, в создании новых современных рядов данных о наблюдении и, прежде всего, моделировании данных явлений.

Нагонные явления

- Штормовой нагон – поток воды, продвигающийся к береговой линии под влиянием совместно действующих напряжения ветра при определенных синоптических условиях (шторма) (Боуден, 1988)
- Нагон – **изменение уровня воды в прибрежной зоне** или некоем водном пространстве с периодом от нескольких минут до нескольких дней, в результате воздействия барических систем
- Нагон – возмущение уровня моря

***Несмотря на потенциально катастрофические последствия штормовых нагонов, их возникновение и распространение исторически плохо изучено.**



Основные факторы образования нагонов (Pavlova, 2014):

1) ветер (поверхностное напряжение ветра, направление ветра (нормальное к берегу, или вдоль берега), скорость ветра и его продолжительность);

2) господствующая барическая система и атмосферное давление;

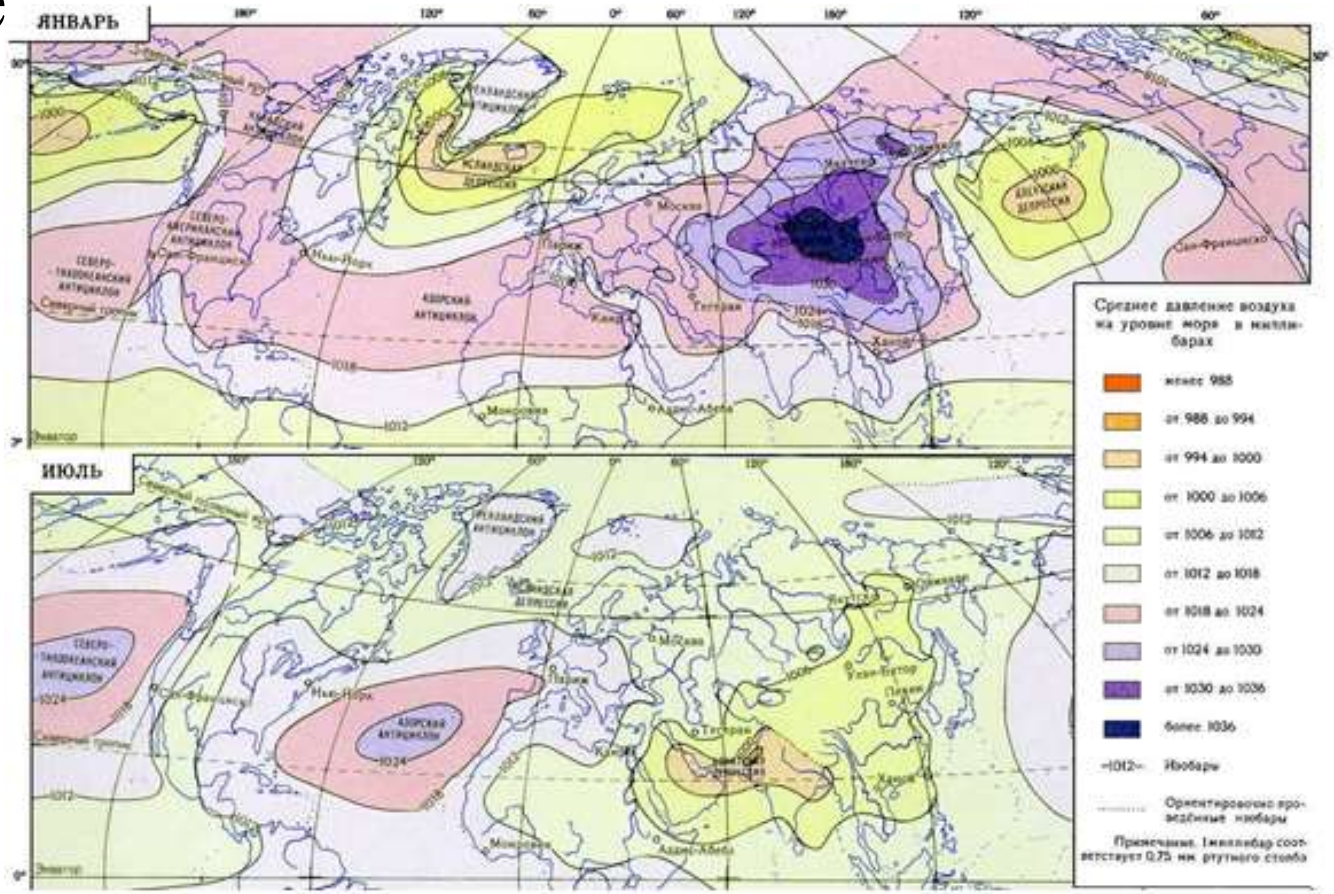
3) ветровое волнение;

4) взаимодействие нагона с приливом;

5) лёд на поверхности моря.

Влияние атмосферной циркуляции в регионе северного Каспия

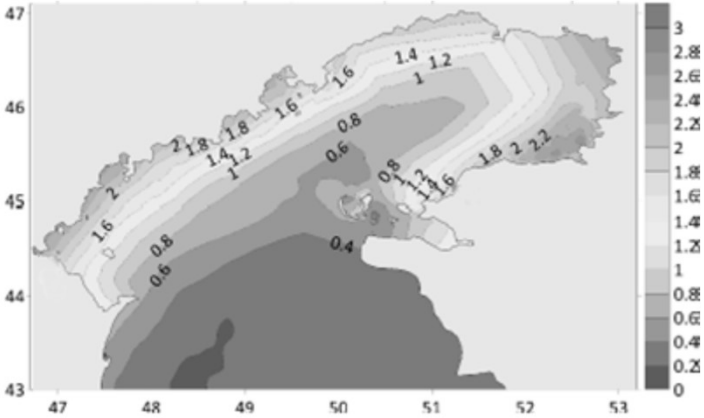
- Климатические условия региона Каспийского моря определяются влиянием холодных арктических воздушных масс, влажных морских, формирующихся над Атлантикой, сухих континентальных из Казахстана, теплых тропических, приходящих со Средиземного моря и Ирана.
- Сезонные колебания циркуляции атмосферы вызываются географическими изменениями распределения температуры и давления воздуха, обусловленными астрономическими факторами и взаимодействием суши и моря.
- Синоптические условия над территорией Каспия обусловливаются частой сменой воздушных масс во все сезоны года, в отдельных случаях сопровождаемой значительными суточными колебаниями давления воздуха.



Материалы и методы (модель ADCIRC, реанализ ERA5)

Моделирование нагонов

- Моделирование максимальных колебаний нагонов в Каспийском море проводилось с использованием модели ADCIRC.



Синоптическое исследование

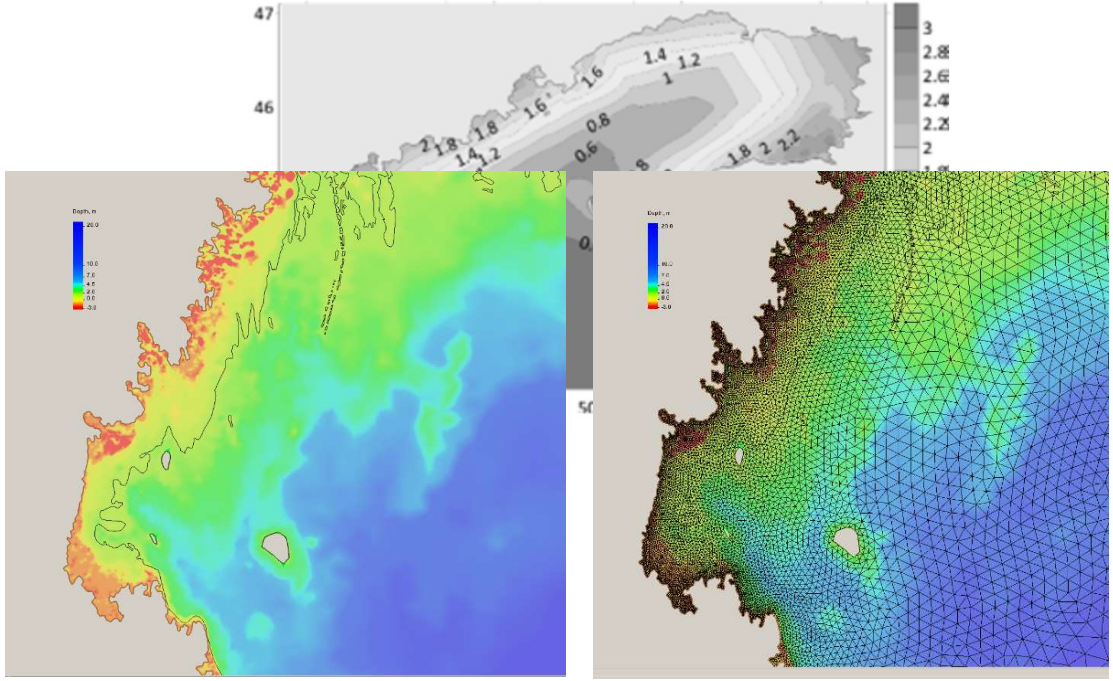
- При использовании данных о состоянии атмосферы в зафиксированные случаи образования нагонов в Северном Каспии использовались данные стандартного реанализа ERA5.
- Использовались следующие данные реанализа:

1. Приземное атмосферное давление (н.у.м.)
2. Геопотенциал на высоте H500

Материалы и методы (модель ADCIRC, реанализ ERA5)

Моделирование нагонов

- Моделирование максимальных колебаний нагонов в Каспийском море проводилось с использованием модели ADCIRC.



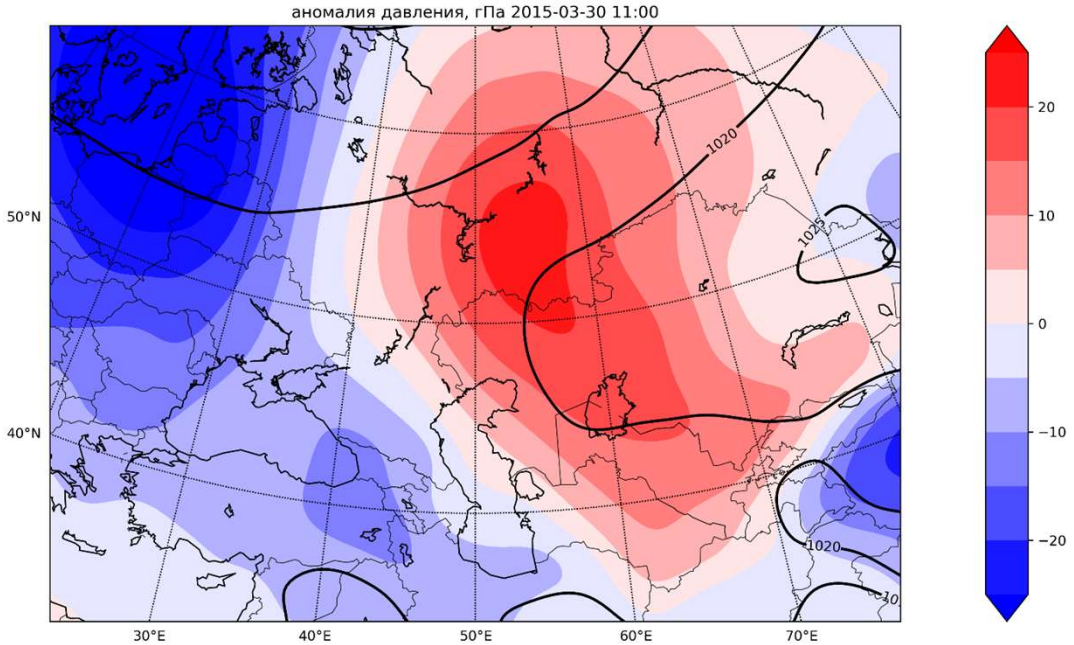
Синоптическое исследование

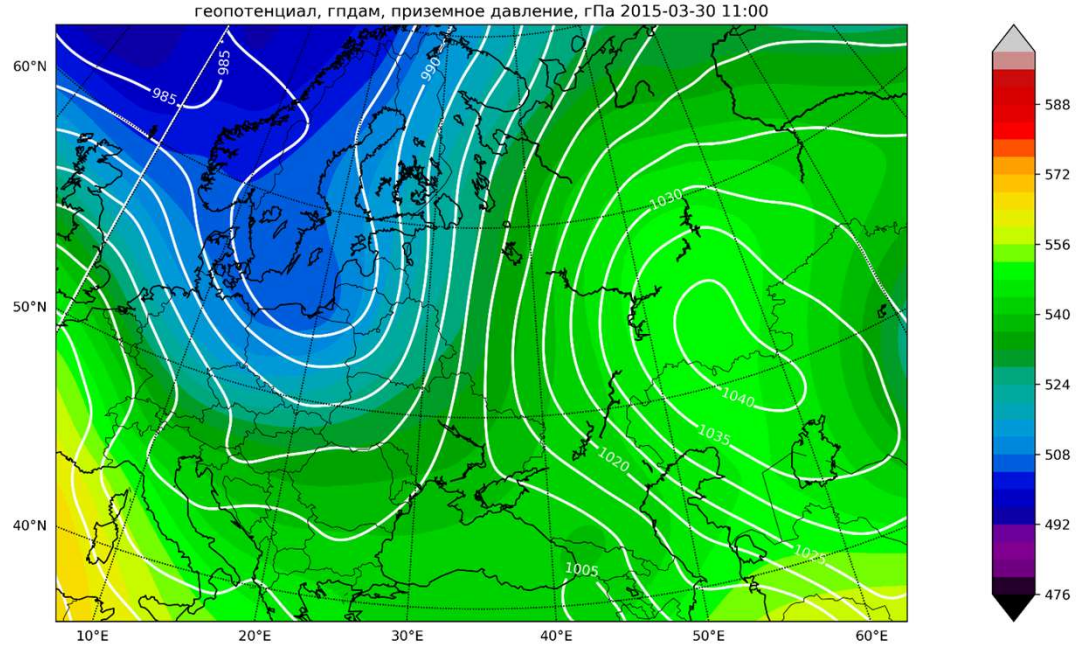
- При использовании данных о состоянии атмосферы в зафиксированные случаи образования нагонов в Северном Каспии использовались данные стандартного реанализа ERA5.
- Использовались следующие данные реанализа:

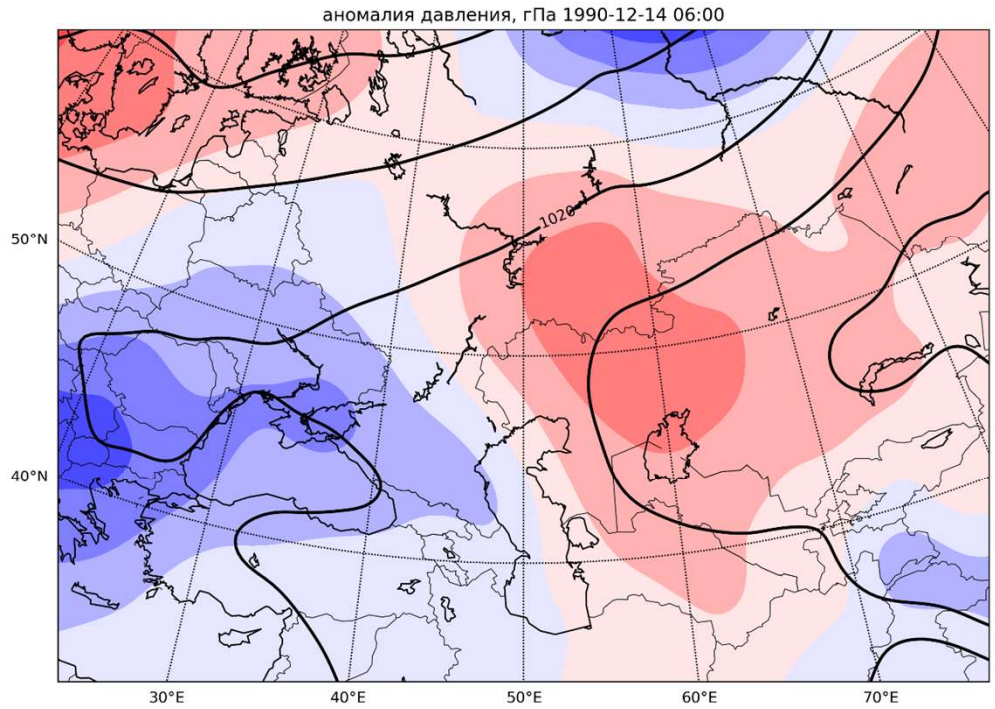
1. Приземное атмосферное давление (н.у.м.)
2. Геопотенциал на высоте H500

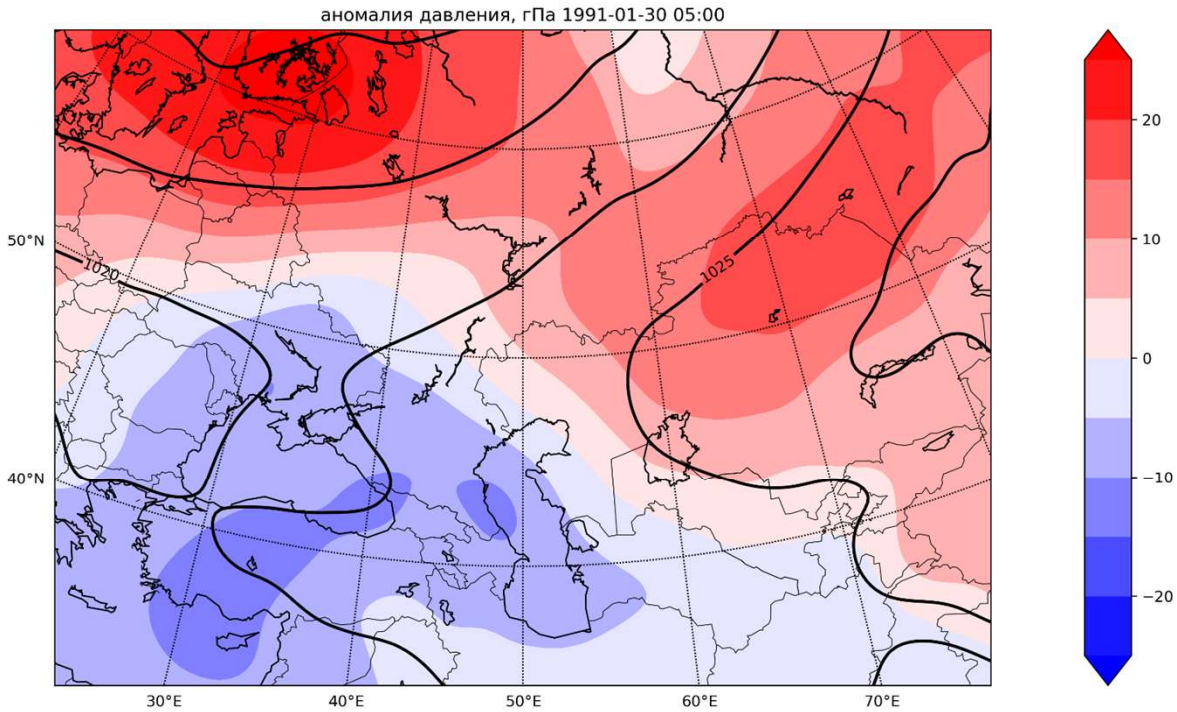
Материалы и методы

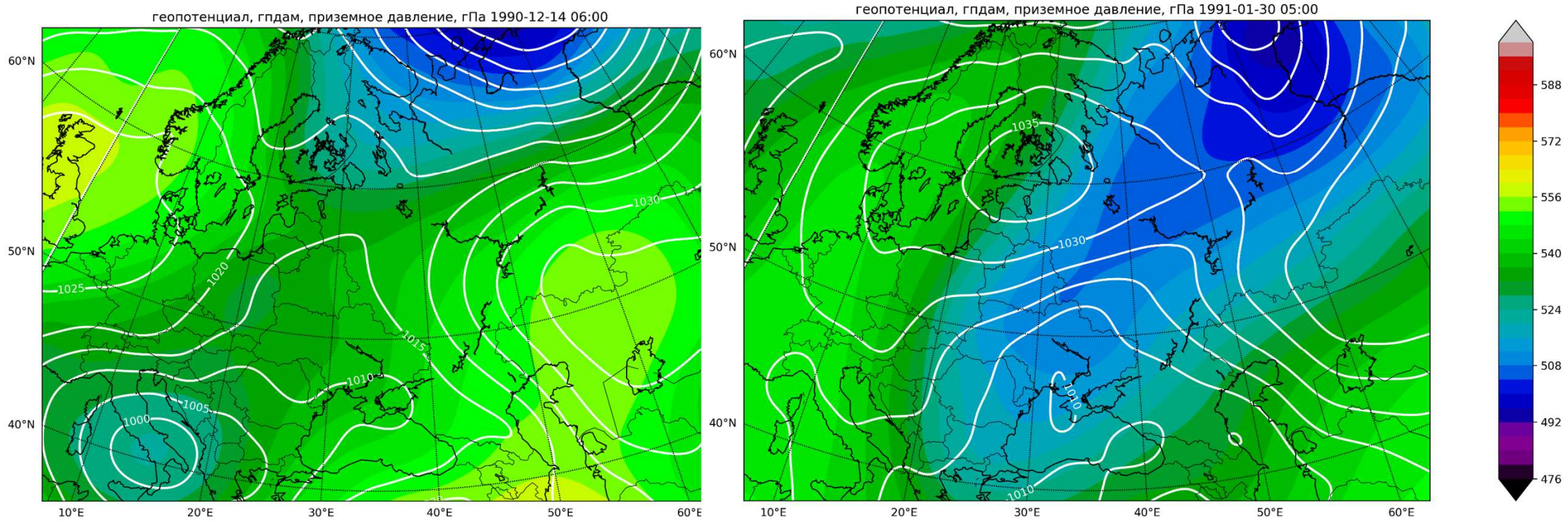
Исследование синоптической картины для каждого нагона во время фиксации его максимальной высоты – расчет аномалий атмосферного давления и крупномасштабной циркуляции в средних слоях атмосферы.






аномалия давления, гПа 1990-12-14 06:00
1020
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E


аномалия давления, гПа 1991-01-30 05:00
1020
1025
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20


геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1990-12-14 06:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1991-01-30 05:00
60°N
50°N
40°N
10°E
20°E
30°E
40°E
50°E
60°E
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
588
572
556
540
524
508
492
476

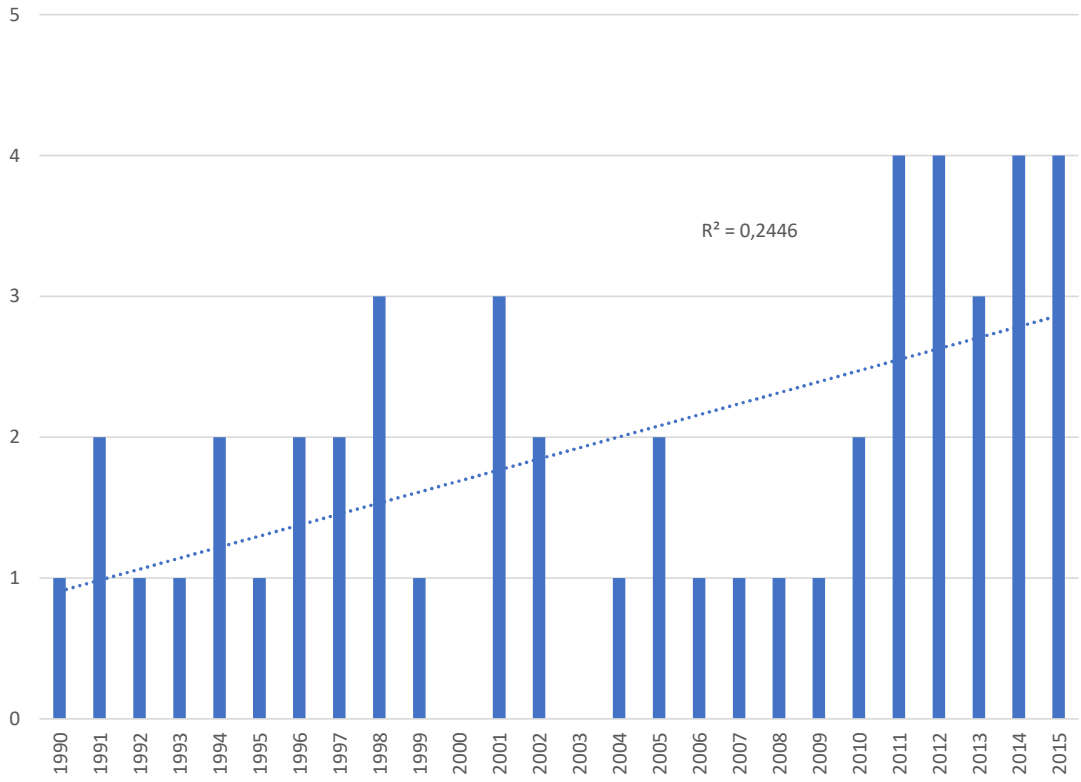
Результаты

1. В результате проведения расчетов описанной выше моделью, было выявлено 49 случаев образования нагонов (1990-2015 г. г.) с превышением отметки уровня более чем на один метр; составлен электронный каталог, представленный в виде таблицы

Календарь нагонов с показателями высоты нагона и площади затопления

год	месяц	день	час	высота нагона, м	площадь затопления, %
1990	12	14	6	1.28	42,3
1991	1	30	5	1.06	25,7
1991	2	16	11	1.00	32,4
1992	6	17	8	1.04	30

Количество нагонов за каждый год (1990-2015 г. г.)

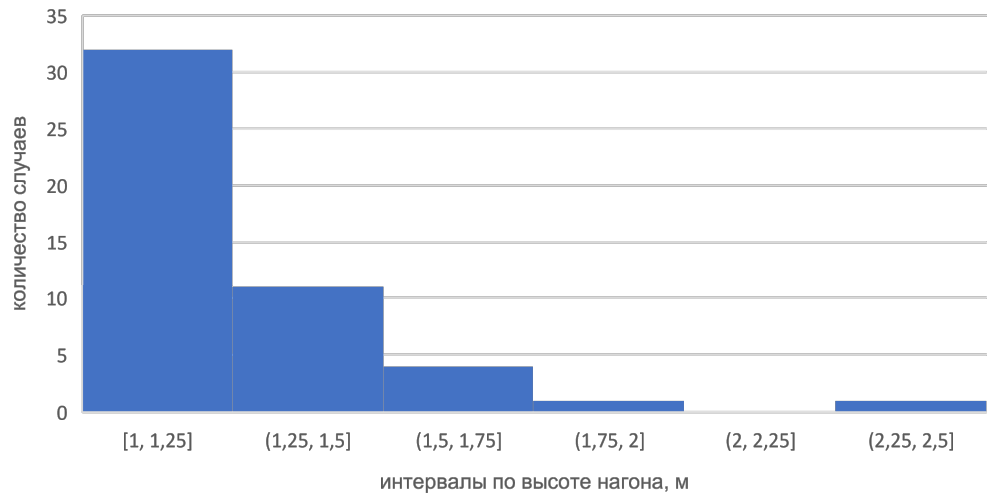


Доверит. интервал (0,46543)

Результаты

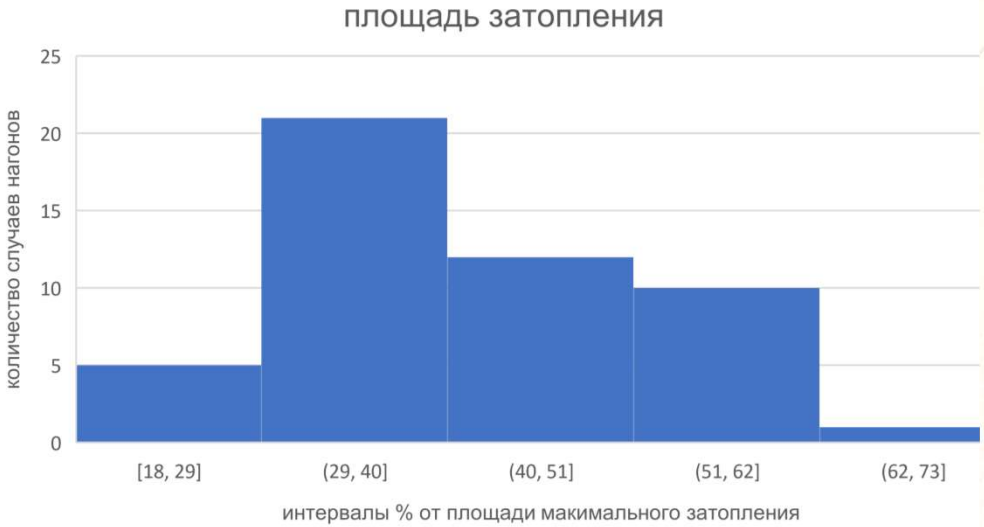
2. Исследованы показатели нагонов:

- максимальное количество случаев отмечено в период ноябрь-март: 40 из 49 (81%)
- в большинстве случаев нагоны не превышали высоты до 1,5 метров. При этом, большая часть распределения находится в интервале от 1 до 1,25 метров по высоте (43 случая или 87,7%); средняя высота нагона составляет 1,23 метра

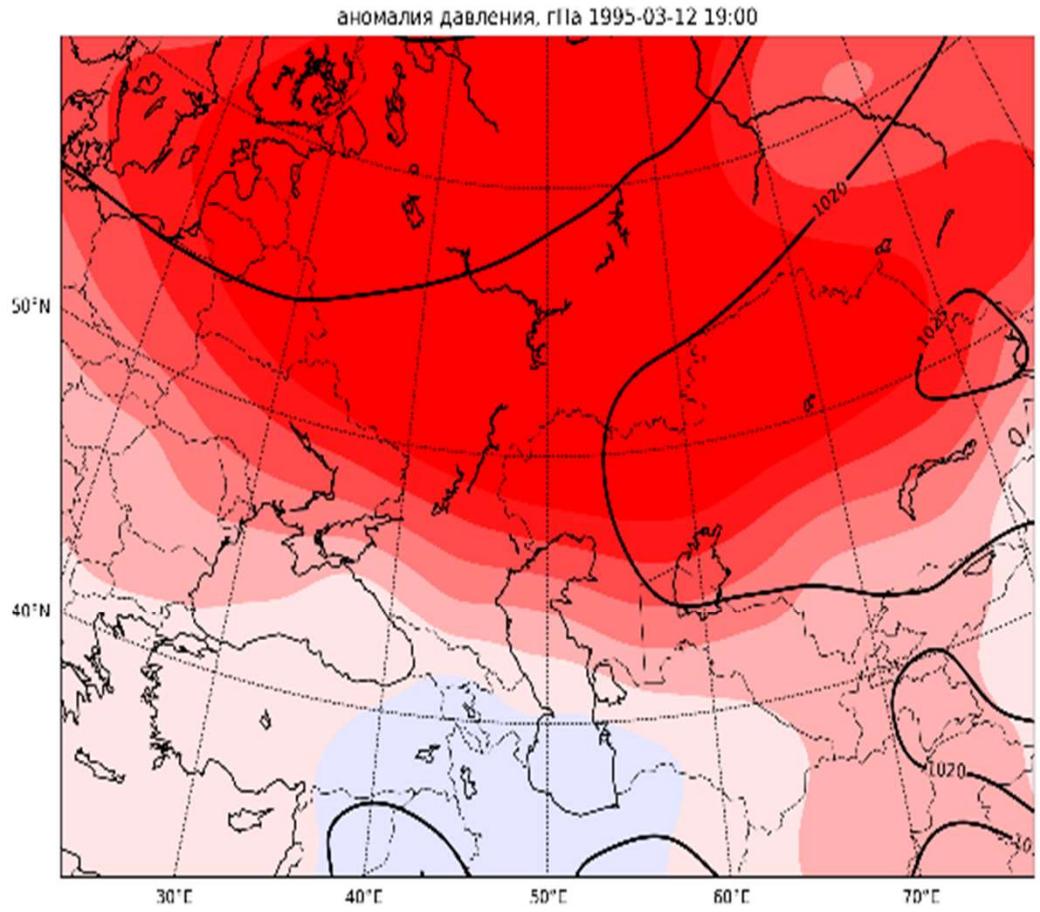


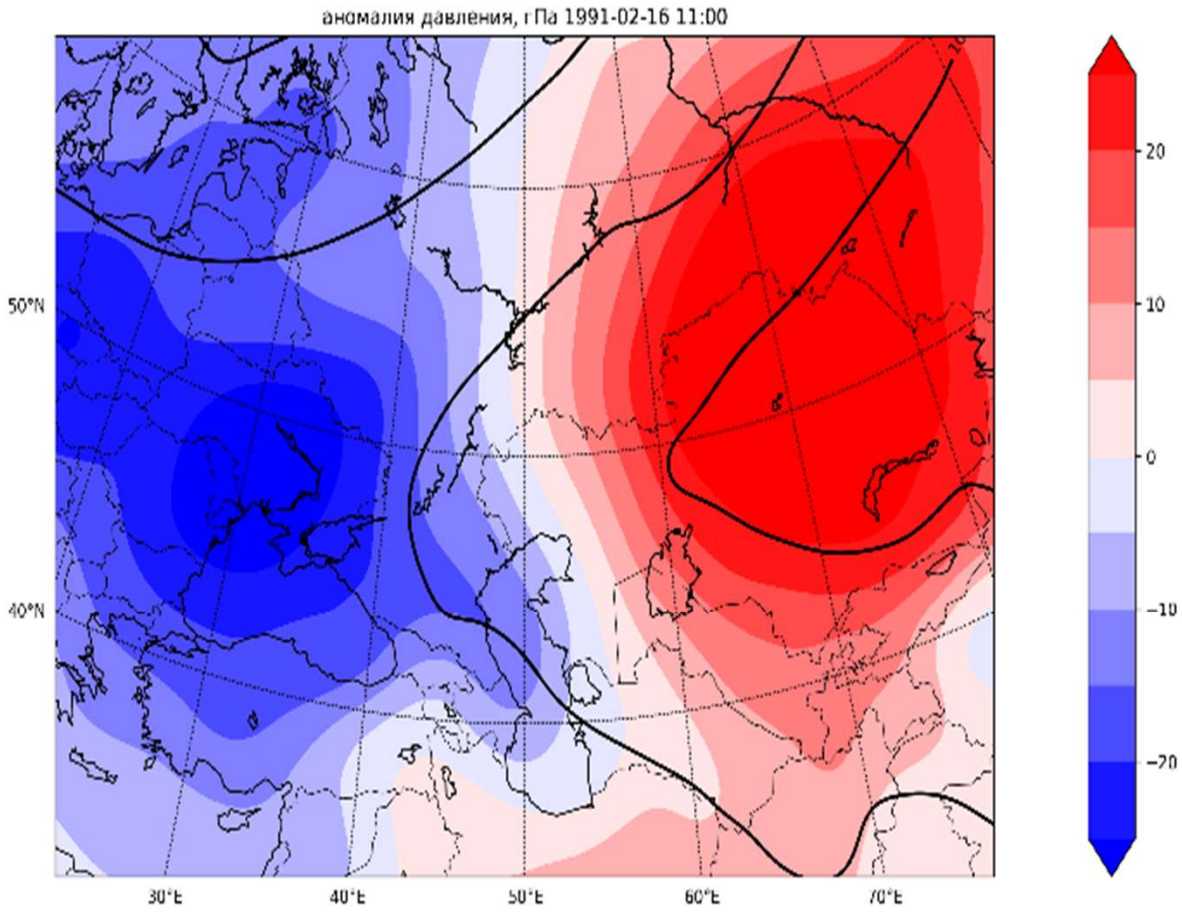
Результаты

2. Большинство случаев затопления находятся в промежутке до 40% (26 случаев). Согласно данным из таблицы - средняя площадь затопления территории от максимально возможной в исследуемых 49 случаях в период с 1990 по 2015 год составляет 41,5%.

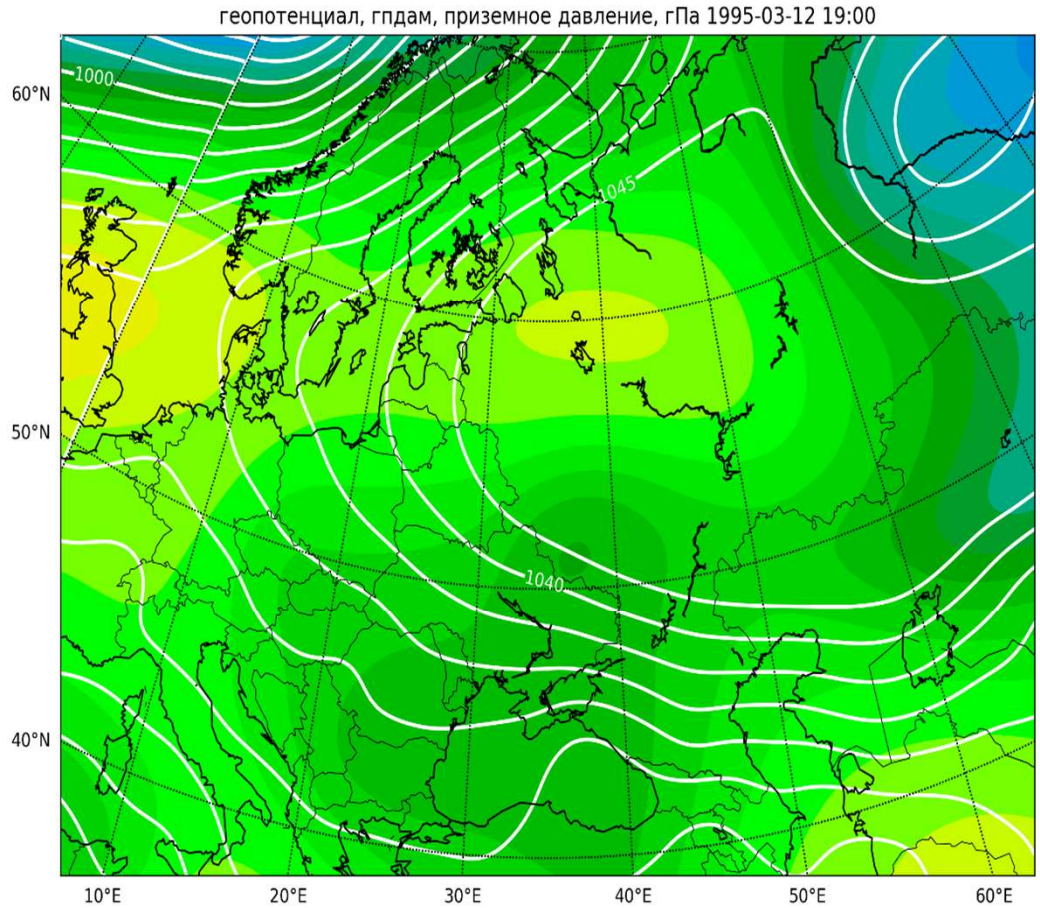


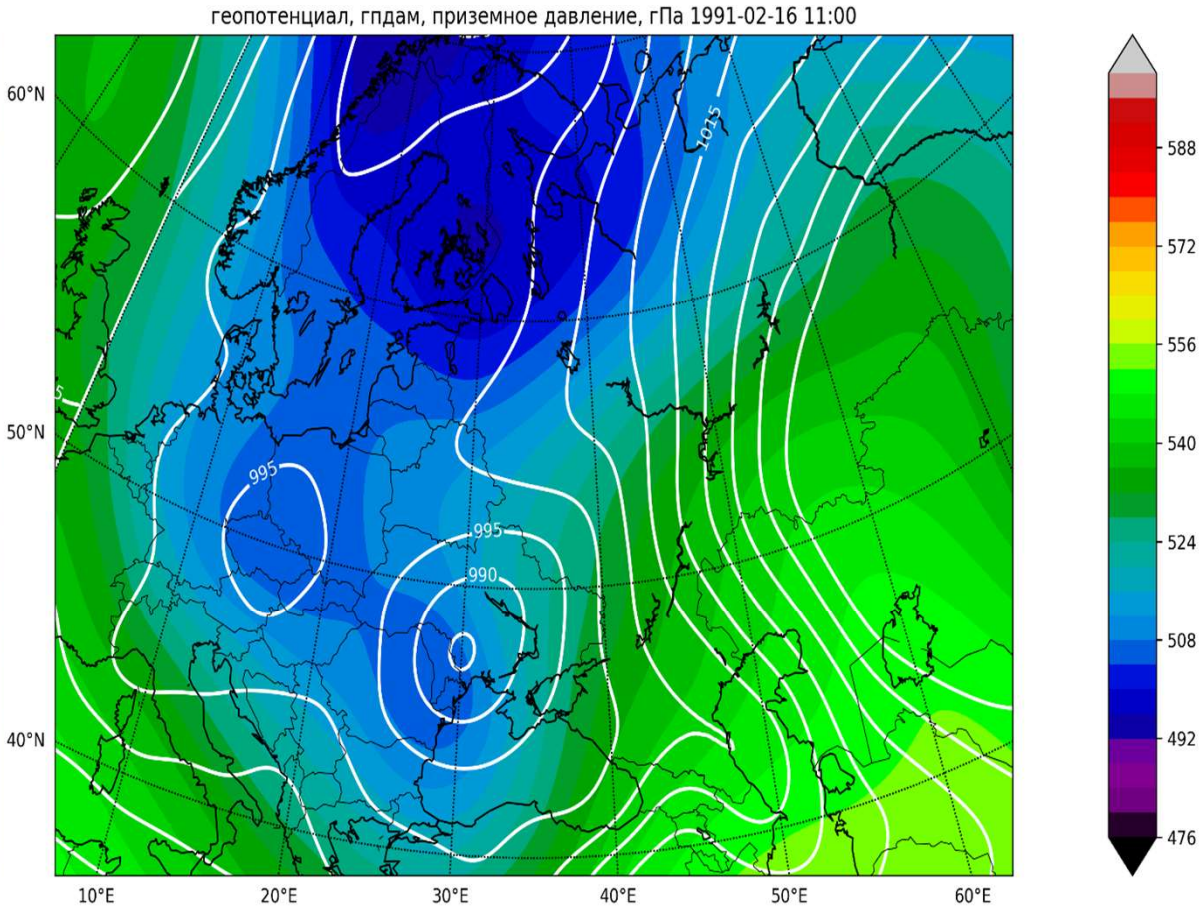
Результаты (аномалии приземного давления)





Результаты (циркуляция на H500)





Итог

Нагоны в северной части Каспия формируются при двух основных типах циркуляции, которые исследованы в работе с помощью аномалий приземного атмосферного давления (выделение двух основных типов циркуляции) и соотношения приземной циркуляции и циркуляции в средних слоях атмосферы на высоте H500.

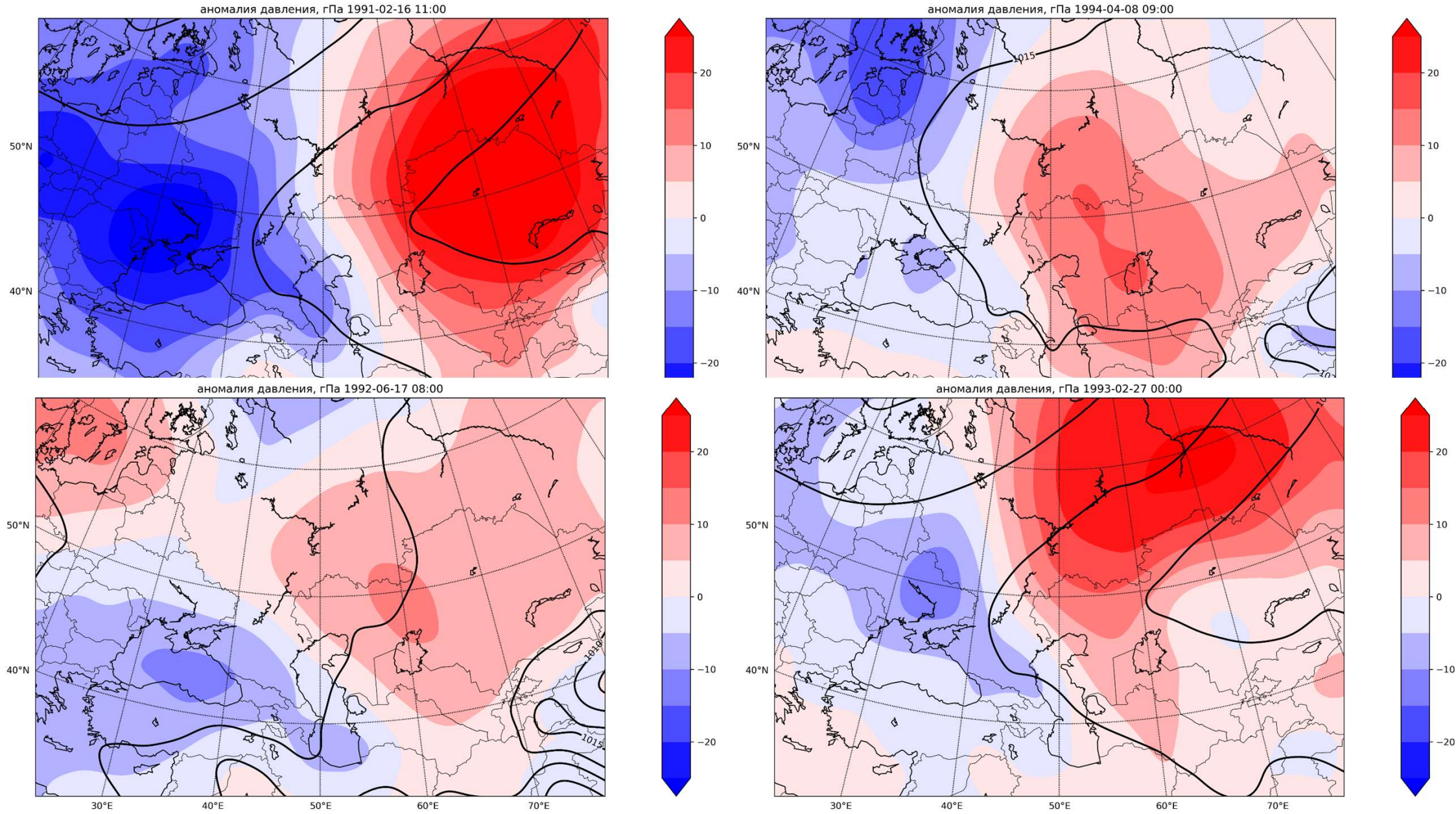
Выводы:

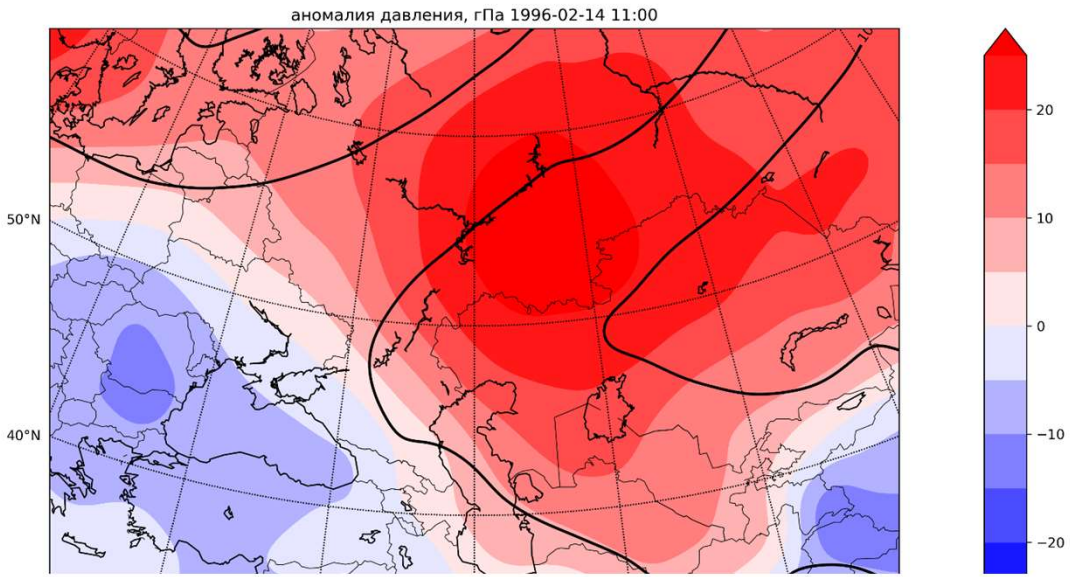
- Создан календарь нагонных явлений (электронный каталог) в Северном Каспии, более продолжительный временной ряд модельных расчетов, который позволяет лучше отследить статистическую динамику образования исследуемых явлений в данном регионе.
- Статистическое распределение нагонов в течение года за исследуемый период с 1990 по 2015 г. в целом отображает климатические характеристики синоптических ситуаций по сезонам в данном регионе.
- Большая часть нагонов (87% случаев от зафиксированных моделью), имеют высоту до 1,25 метров, при этом большая часть выборки умещается в промежуток до 1,5 м.
- Площадь затопления территории, в результате действия нагона, выраженная в процентном соотношении от максимально возможной площади затопления в среднем составляет 41,5%.
- **Выделено два основных типа для аномалий приземного давления: первый – влияние антициклона, второй – вторжение циклонов в исследуемый регион. Для первого типа характерно 53% случаев, для второго – 47%.**

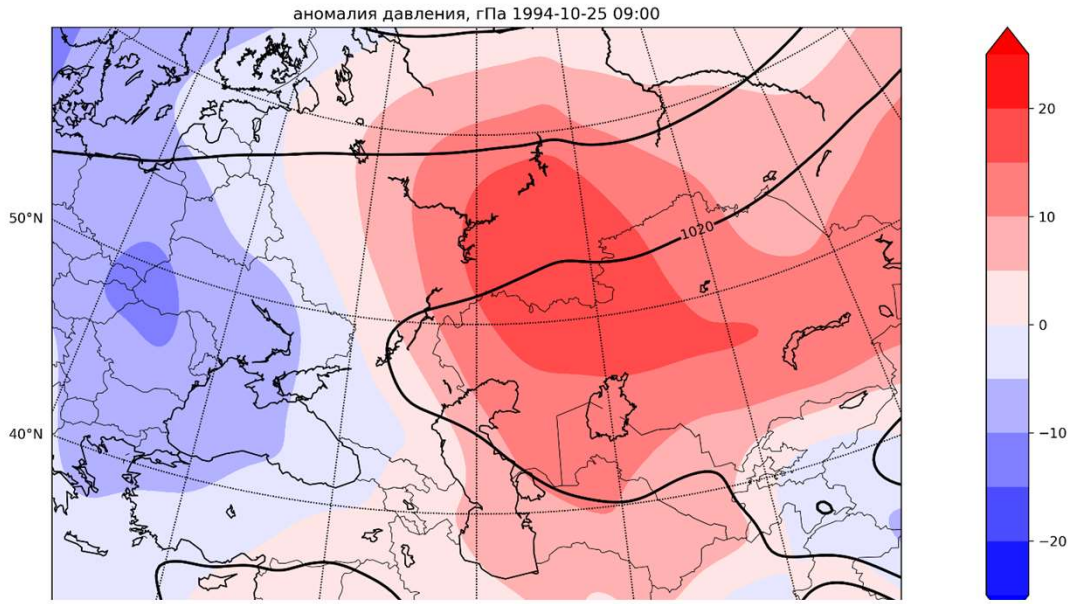
Спасибо за внимание!

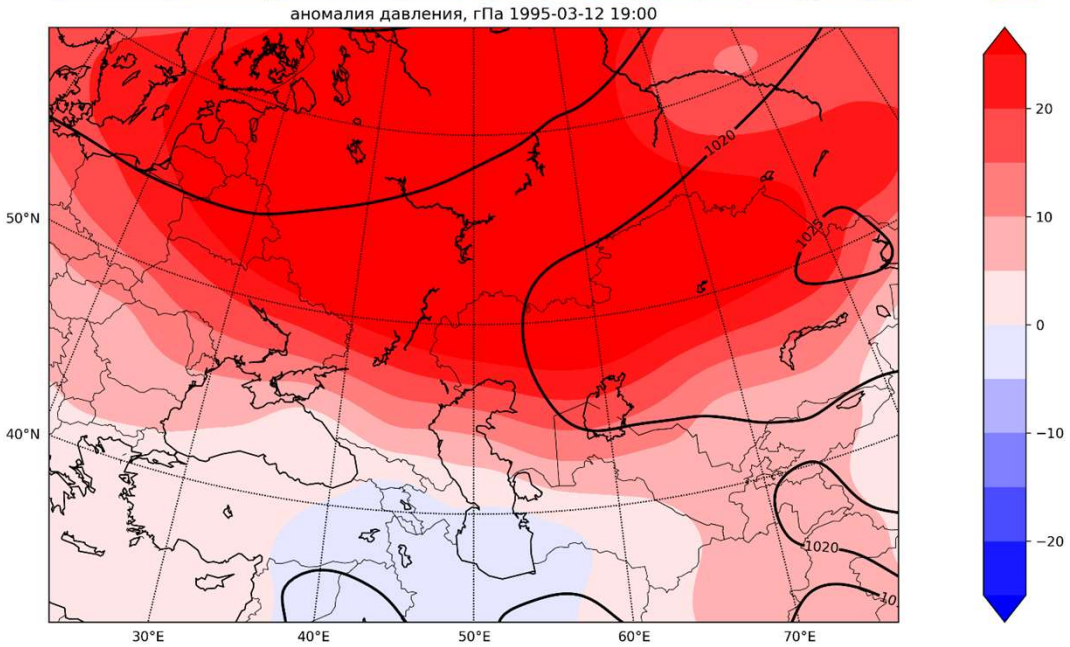
Что такое нагон?

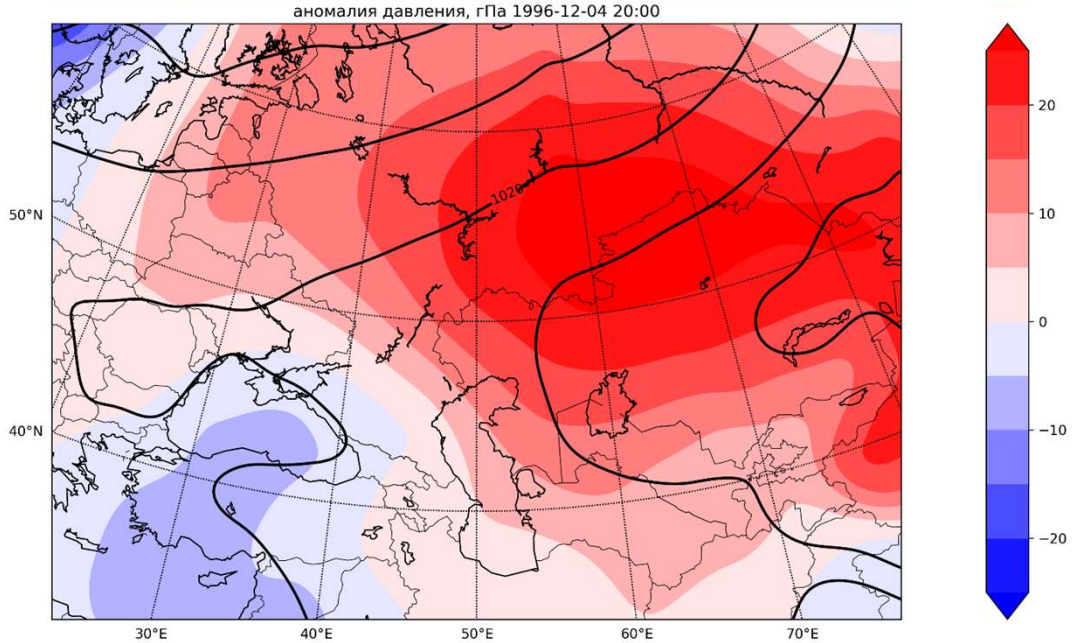
- Штормовой нагон представляет собой поток воды, движущийся к береговой линии под влиянием совместно действующих атмосферных факторов, таких как: напряжения ветра и низким атмосферным давлением воздуха, окружающих циклон (шторм)
- Нагон идентифицируется как изменение уровня воды в прибрежной зоне или некоем водном пространстве с периодом от нескольких минут до нескольких дней, в результате воздействия атмосферных процессов, связанных с барическими системами, определяющими характер полей ветра.
- (Боуден, 1988) штормовой нагон — это возмущение уровня моря, вызываемое метеорологическими причинами, относительно поверхности, искривленной приливом, если он есть.
- (П. Веландер) «штормовой нагон» это результат воздействие ветра и атмосферного давления на уровень моря, связанный с отдельным штормом.

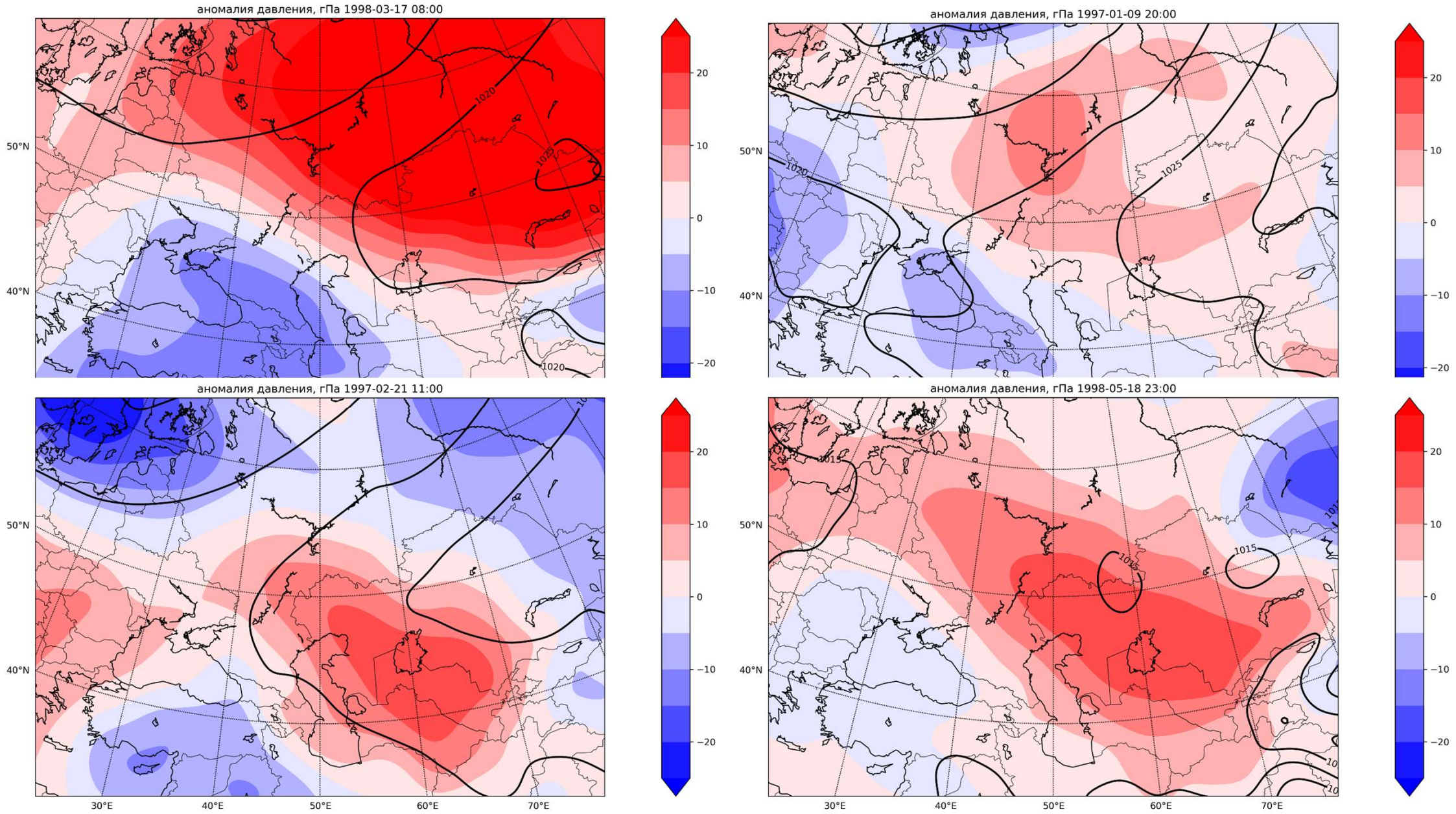

аномалия давления, гПа 1991-02-16 11:00
аномалия давления, гПа 1994-04-08 09:00
аномалия давления, гПа 1992-06-17 08:00
аномалия давления, гПа 1993-02-27 00:00
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20
1015
1010

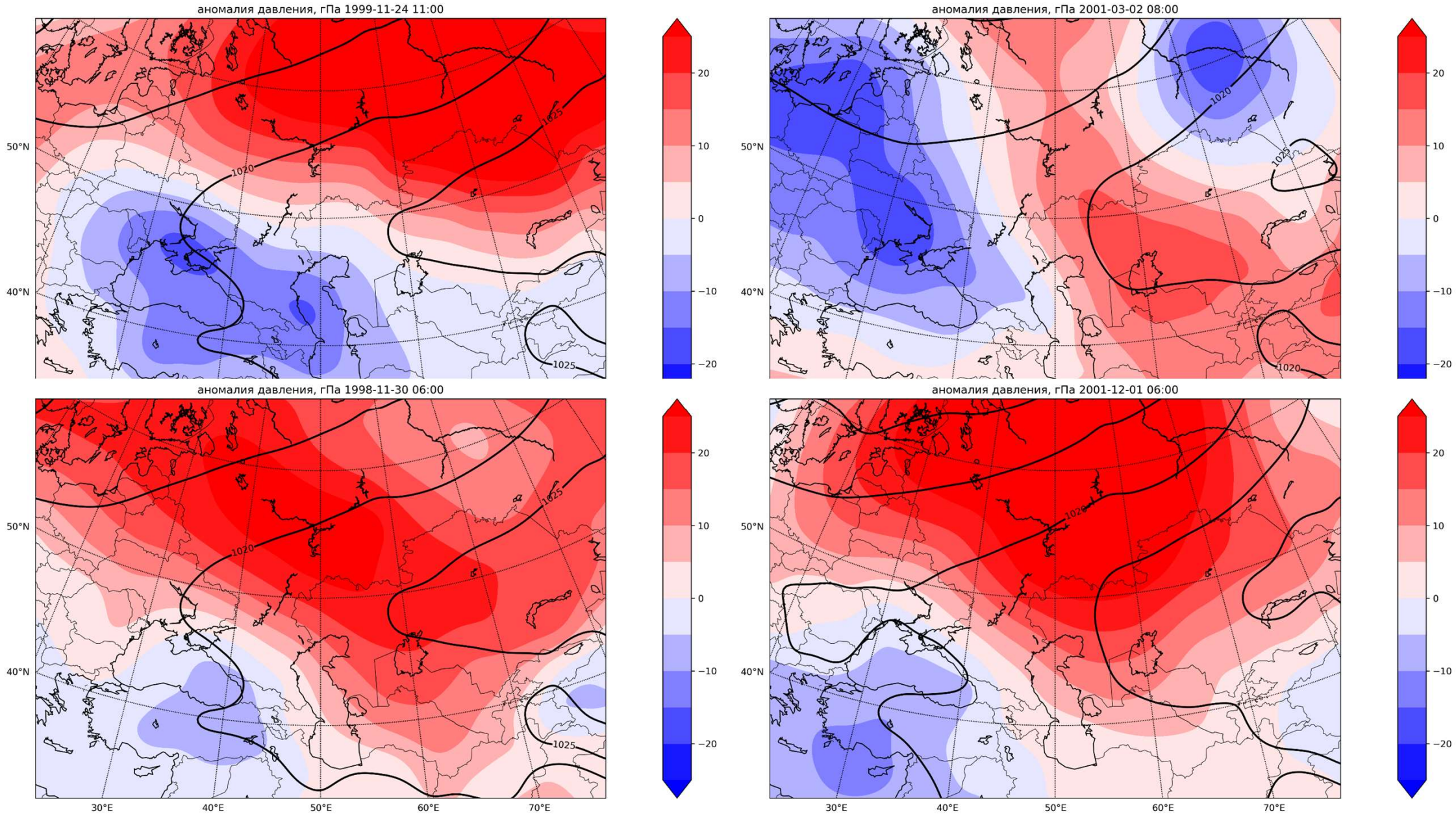

аномалия давления, гПа 1996-02-14 11:00
50°N
40°N
20
10
0
−10
−20

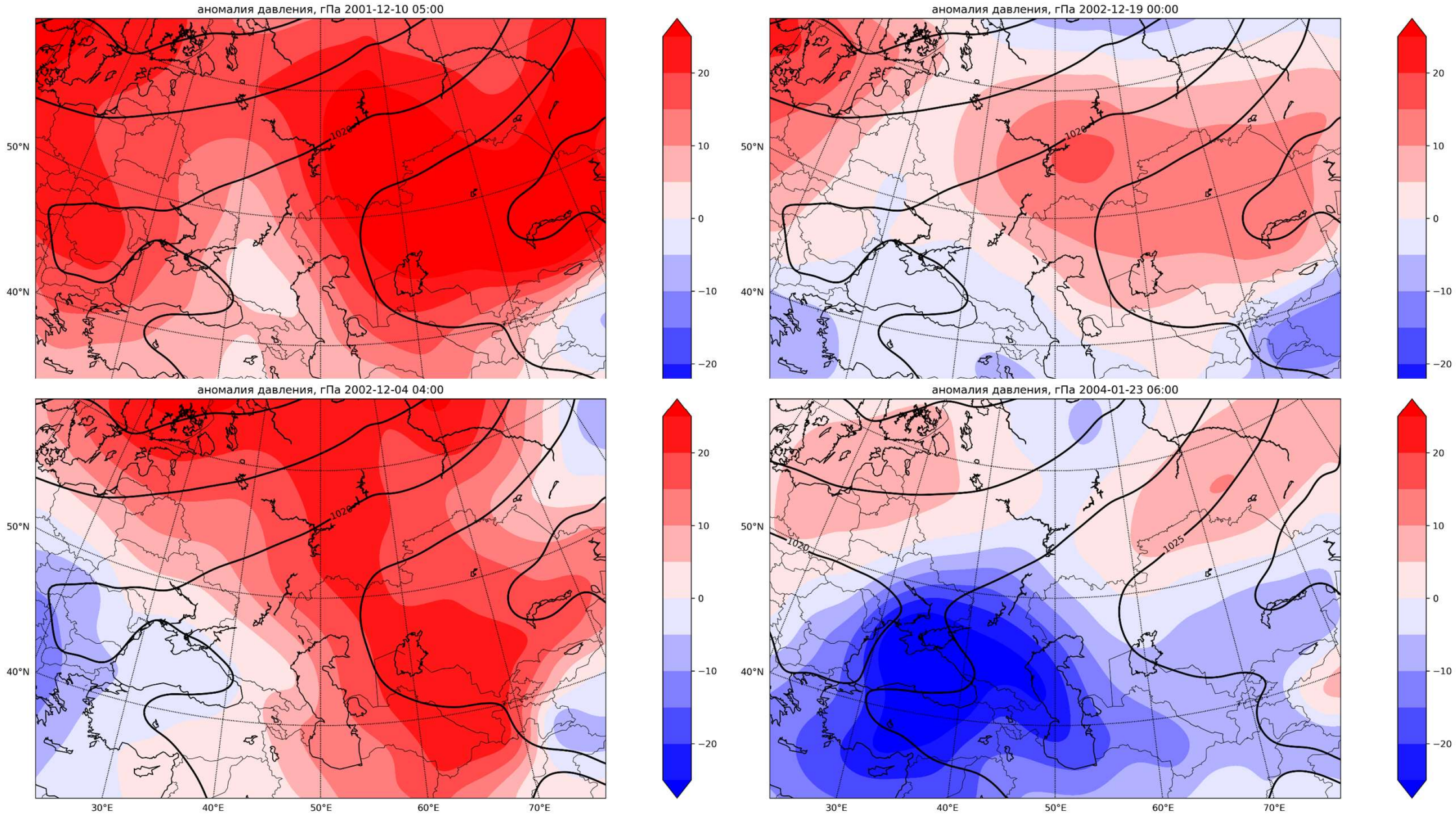

аномалия давления, гПа 1994-10-25 09:00
50°N
40°N
1020
20
10
0
−10
−20

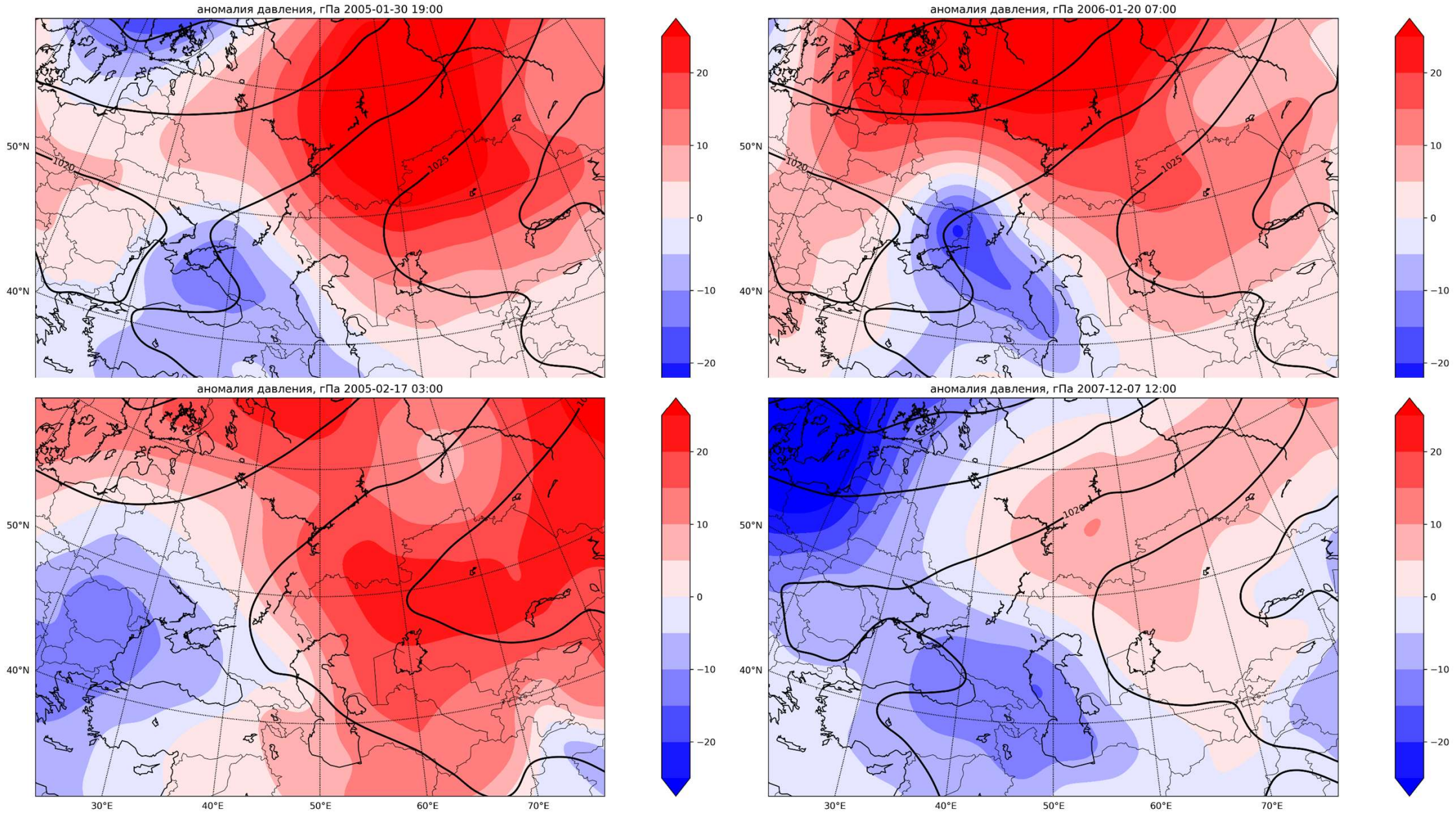

аномалия давления, гПа 1995-03-12 19:00
50°N
40°N
1020
1025
1020
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20

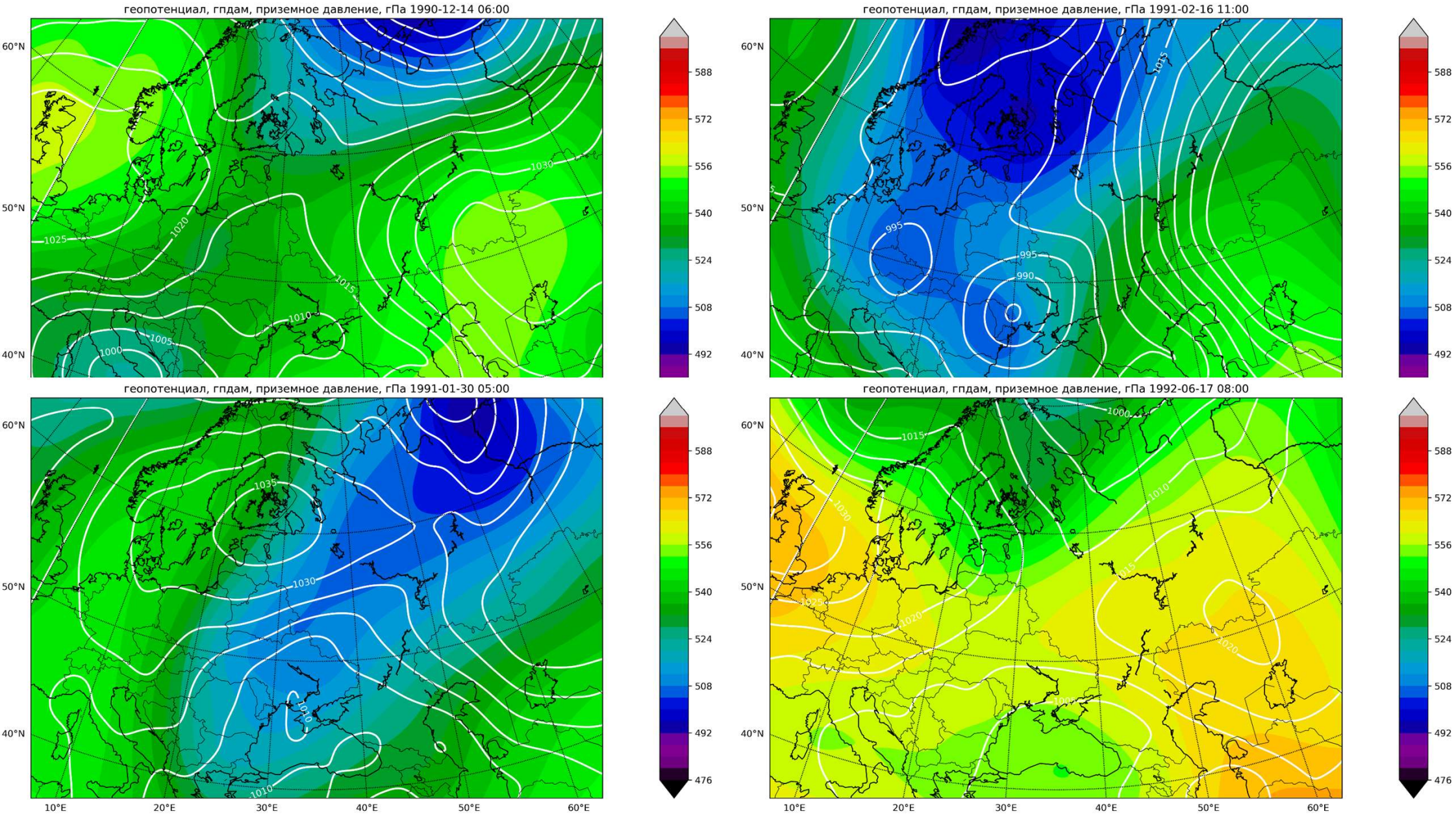

аномалия давления, гПа 1996-12-04 20:00
50°N
40°N
1020
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20

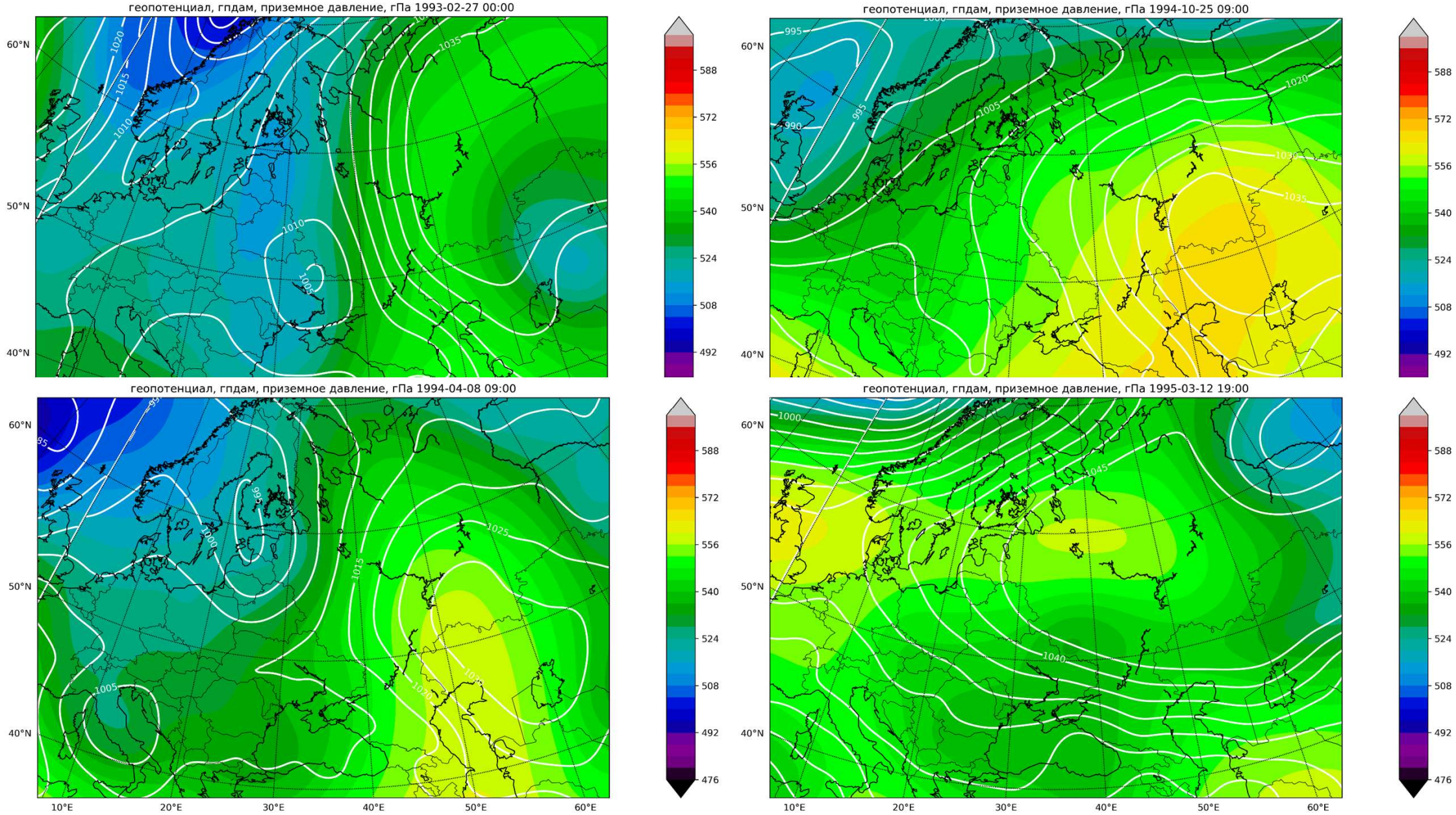

аномалия давления, гПа 1998-03-17 08:00
аномалия давления, гПа 1997-01-09 20:00
аномалия давления, гПа 1997-02-21 11:00
аномалия давления, гПа 1998-05-18 23:00
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
1020
1025
1015
20
10
0
−10
−20

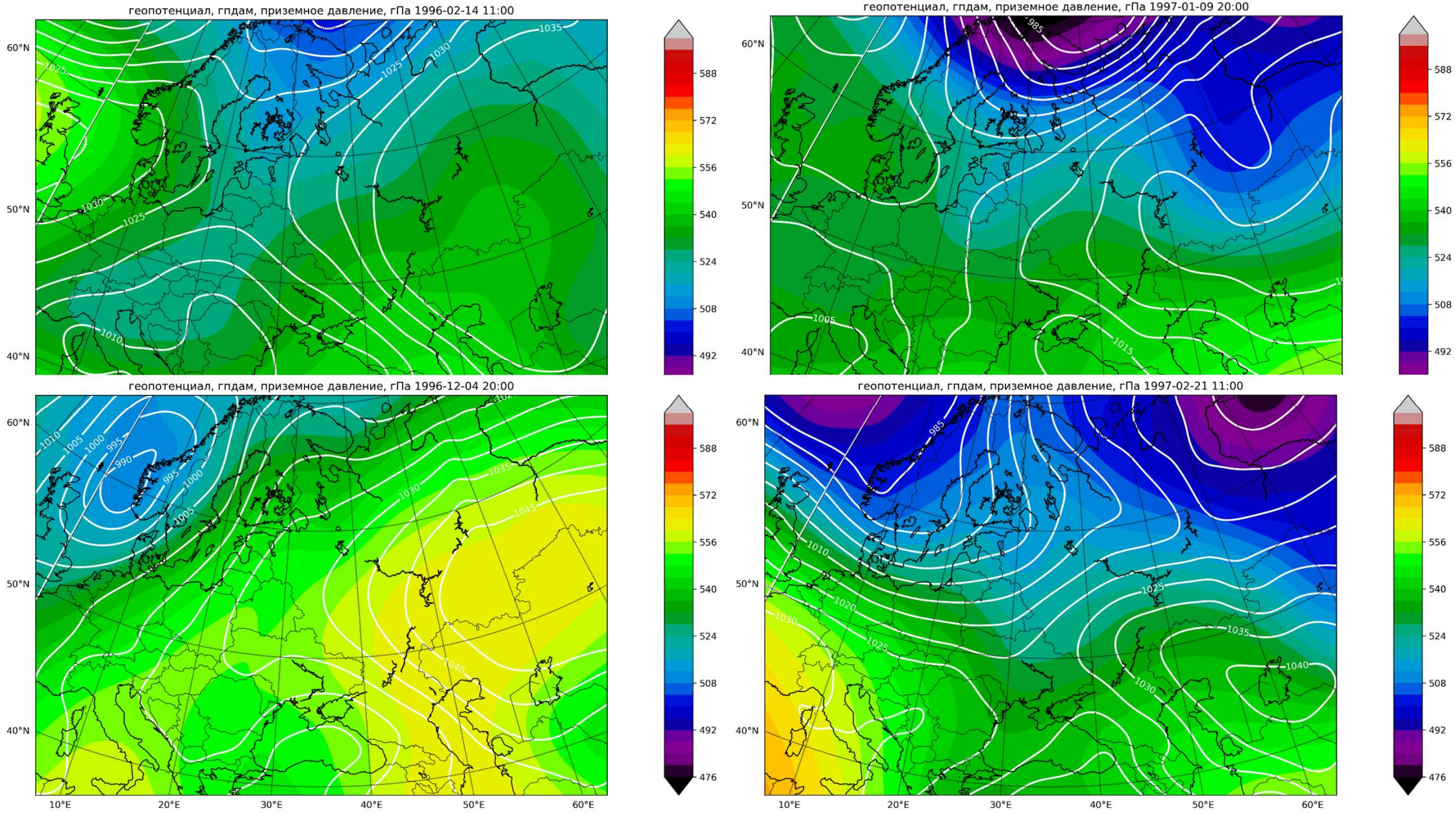

аномалия давления, гПа 1999-11-24 11:00
аномалия давления, гПа 2001-03-02 08:00
аномалия давления, гПа 1998-11-30 06:00
аномалия давления, гПа 2001-12-01 06:00
1020
1025
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20

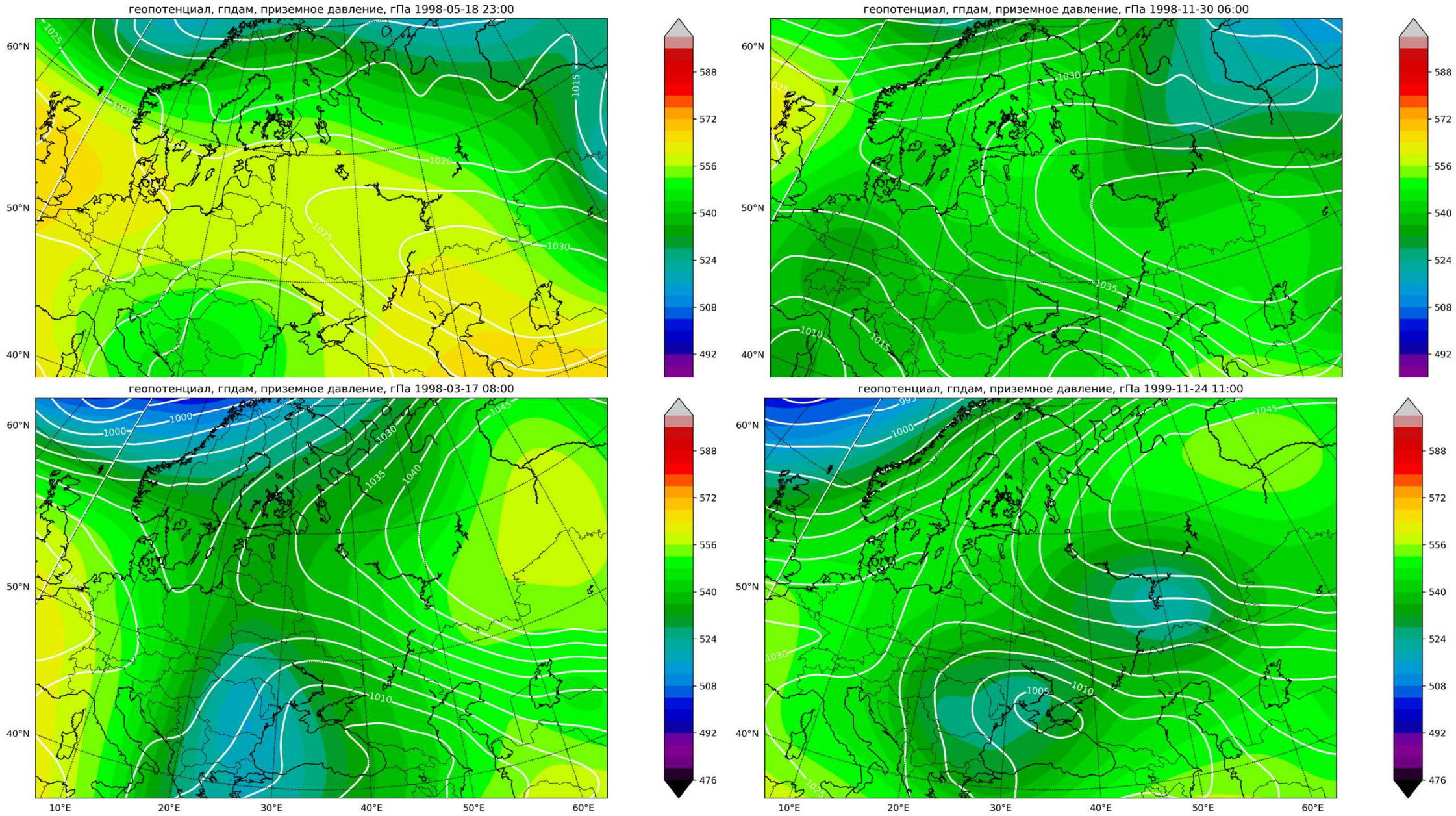

аномалия давления, гПа 2001-12-10 05:00
аномалия давления, гПа 2002-12-19 00:00
аномалия давления, гПа 2002-12-04 04:00
аномалия давления, гПа 2004-01-23 06:00
1020
1025
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20


аномалия давления, гПа 2005-01-30 19:00
аномалия давления, гПа 2006-01-20 07:00
аномалия давления, гПа 2005-02-17 03:00
аномалия давления, гПа 2007-12-07 12:00
1020
1025
50°N
40°N
30°E
40°E
50°E
60°E
70°E
20
10
0
−10
−20


геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1990-12-14 06:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1991-02-16 11:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1991-01-30 05:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1992-06-17 08:00
60°N
50°N
40°N
10°E
20°E
30°E
40°N
50°E
60°E
588
572
556
540
524
508
492
476
1000
1005
1010
1015
1020
1025
1030
1035
995
990


геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1993-02-27 00:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1994-10-25 09:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1994-04-08 09:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1995-03-12 19:00
60°N
50°N
40°N
10°E
20°E
30°E
40°E
50°E
60°E
588
572
556
540
524
508
492
476


геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1996-02-14 11:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1997-01-09 20:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1996-12-04 20:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1997-02-21 11:00
60°N
50°N
40°N
10°E
20°E
30°E
40°E
50°E
60°E
588
572
556
540
524
508
492
476


геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1998-05-18 23:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1998-11-30 06:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1998-03-17 08:00
геопотенциал, гпдам, приземное давление, гПа 1999-11-24 11:00
60°N
50°N
40°N
10°E
20°E
30°E
40°E
50°E
60°E
588
572
556
540
524
508
492
476