

Академик АН БССР Г.В. БОГОМОЛОВ, А.П. ПИНЧУК

## СТРУКТУРА ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

Анализ геологического строения Припятского прогиба показывает, что его следует рассматривать как многоуровневую систему, температурное поле которой будет отражать ее особенности. Теплофизические параметры пород каждого литолого-стратиграфического комплекса изменяются в сравнительно небольших пределах, обусловленных степенью однородности литолого-фациального состава и условиями залегания. Наблюдающиеся вариации параметров имеют определенные закономерности регионального и локального характеров, что будет отражаться в распределении температурного поля. Локальные изменения параметров оказывают максимальное влияние на температурное поле в пределах их распространения.

По литолого-фациальному, тектоническому и гидрогеологическому строению, а также по распределению геофизических полей, характеризующих осадочные отложения, Припятский прогиб делится на северную, центральную и южную зоны, однородные по своему строению (<sup>1-3</sup>).

Северная зона характеризуется наклоном поверхности кристаллического фундамента в северном направлении до 20°, сравнительно небольшими мощностями надсолевой толщи пород от 400 до 1200 м. В южной зоне фундамент наклонен в южном направлении, мощность надсолевой толщи достигает 2200 м. В центральной зоне погружение фундамента происходит в восточном направлении, а мощность надсолевой толщи пород увеличивается с запада на восток от 600 до 1500 м.

В пределах указанных зон проведена статистическая обработка материала температурных замеров (<sup>4</sup>). По разным горизонтам построены графики зависимости температуры от глубины залегания поверхности соответствующего горизонта. При таком построении контролируются значения температур во всех принятых к анализу точках. Резкие отклонения точек от графика проверяются на точность определения величины температуры, подтверждаемость значений в соседних точках, на наличие в данном пункте геологических и гидрогеологических предпосылок для аномальных значений температуры. После построения графика и сделанной при необходимости выбраковке находится аналитическое выражение регрессионной зависимости. По построенным графикам и аналитическим формулам можно определить температуру в любой точке поверхности горизонта, где отсутствуют измерения, но известна глубина его залегания.

Определим точность температурных построений по поверхности елецко-лебедянского горизонта (соленосная толща) Речицкой структуры. На данной площади имеются замеры температуры по поверхности этого горизонта в 10 скважинах. При определении температуры поверхности горизонта методом корреляционной зависимости, применяемым в данной работе, отклонения величин температур от линии регрессии в любом пункте рассматриваемой структуры составляют  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Применяемый нами корреляционный метод определения величин температур поверхности горизонта дает возможность районировать исследуемую территорию по видам корреляционных зависимостей, выделить площади с аномальными величинами температур, отличающихся от регионального фона, проследить разви-

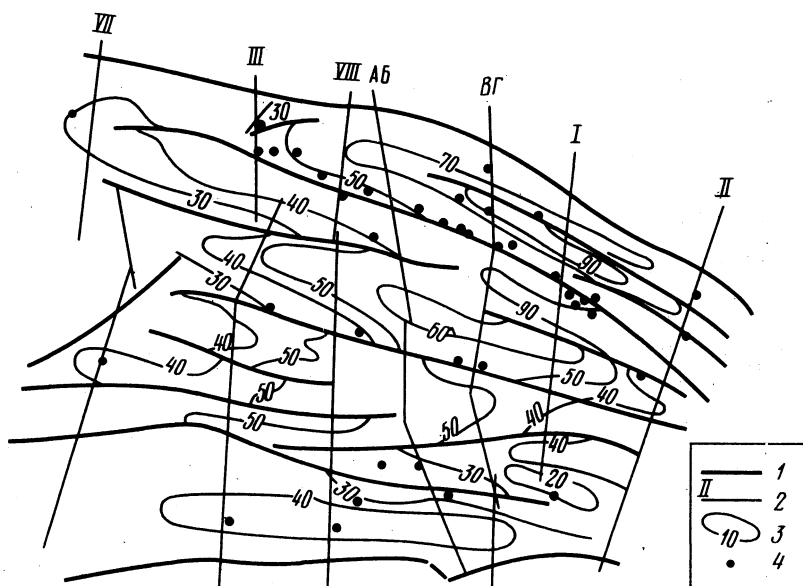


Рис. 1. Схематическая карта температур подошвы елецко-лебединского горизонта Припятского прогиба. Здесь и на рис. 2: 1 – тектонические нарушения, 2 – региональные геофизические профили, 3 – линии равных температур, 4 – опорные точки

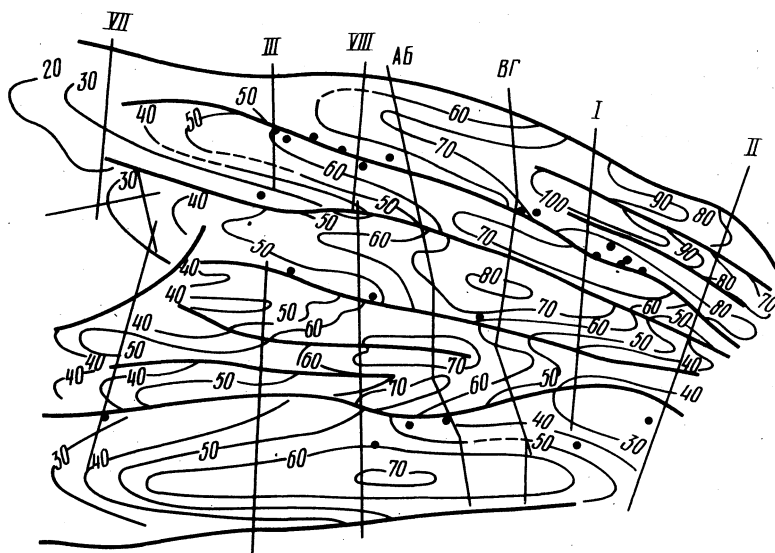


Рис. 2. Схематическая карта температур кровли подсолевого комплекса Припятского прогиба

тие температурных аномалий по площади и глубине, значительно упростить методику построения карт температур поверхностей горизонта.

Температурное поле кровли данково-лебединского горизонта (надсолевой девон) Припятского прогиба характеризуется двумя закономерностями изменения величин температуры от глубины. Северная и центральная зоны впадины имеют единую более высокотемпературную зависимость от глубины, чем южная зона. Коэффициент корреляции для указанных зависимостей для северной и центральной зоны равен 0,84, для южной – 0,87. Рассматривая графическое представление рег-

Таблица 1

Аномальные отклонения температур поверхностей горизонтов отложений ( $^{\circ}\text{C}$ )

Площадь и номер скважины	Кровля данково-лебедянского горизонта	Кровля елецко-лебедянского горизонта	Подошва елецко-лебедянского горизонта	Кровля ливенского горизонта	Кровля подсолевого комплекса
Первомайская 5P	11	8	8		
Василевская 1P	0	0	9	5	
Шарпиловская	-5	0	0	3	
Борщевская	0	0	11	2	
Червонослободская	-8	-10	-2		0
Копаткевичская	-4	-7	-6	-2	0
Гороховская	0	0	6	6	6
Дудичская	-10	-8	6	6	6
Ельская 11P	-8	-8	-12		
Новорудненская	0	-6	-18		
Восточно-Ельская	0	0	-7	-5	
Западно-Валавская	0	0	-12		
Стреличевская	2	0	0	8	8
Заозерная 5P	8	8	10		

рессионной зависимости температуры от глубины до исследуемого горизонта или используя уравнения, можно выделить точки наибольших отклонений температур. По рассматриваемому горизонту положительными отклонениями характеризуются площади: Первомайская (скв. 5P), Туровская (скв. 2P), Заозерная (скв. 5P), а отрицательными — Копаткевичская, Червонослободская, Дудичская, Василевская, Ельская (скв. 11P).

Температурное поле кровли елецко-лебедянского горизонта (верхняя солевая толща) северной и центральной зоны описываются так же одной зависимостью, как и в вышележащем данково-лебедянском горизонте. Коэффициент корреляции зависимости температуры от глубины до горизонта равен 0,84. Для южной зоны поле характеризуется другой зависимостью с коэффициентом корреляции 0,87. По рассматриваемому горизонту наибольшие отклонения от линии регрессии в северной и центральной зонах выявлены: по Первомайской площади (скв. 5P) — положительные; по Шарпиловской, Копаткевичской, Дудичской и Червонослободской — отрицательные. Южная зона впадины характеризуется более низкотемпературной зависимостью. Аномально низкие значения температур выявлены по Ельской (скв. 11P) и Новорудненской площадям, повышенной температурой характеризуется Заозерская площадь (скв. 5P).

Температурное поле подошвы елецко-лебедянского горизонта северной зоны прогиба характеризуется другой зависимостью от глубины. Положительные отклонения температур в этой зоне обнаруживаются по Борщевской, Василевской и Первомайской площадям. Если по данково-лебедянскому и елецко-лебедянскому горизонтам северная и центральная зоны характеризовались единой зависимостью, то по задонско-елецкому горизонту такая зависимость выявлена для центральной и южной зон (рис. 1). Здесь отрицательные отклонения температур фиксируются на Копаткевичской, Восточно-Ельской (скв. 16P), Ельской (скв. 11P), Новорудненской площадях. Коэффициент корреляции исследуемой зависимости для северной зоны равен 0,82, центральной и южной — 0,91.

По кровле ливенского горизонта (нижнесолевая толща) коэффициент корреляции зависимости величины температуры от глубины равен 0,9 для северной зоны. По положительным аномальным значениям температуры выделяются Бор-

щевская и Василевская площади. Распределение температур по кровле рассматриваемого горизонта в центральной и южной зоне прогиба характеризуется одной зависимостью с коэффициентом корреляции 0,85. Положительные аномальные значения отмечаются на Стреличевской, Дудичской и Гороховской площадях, а отрицательные — Копаткевичской и Восточно-Ельской (скв. 16Р).

По кровле подсолевых девонских отложений южная и центральная зоны характеризуются одной температурной зависимостью (рис. 2). В центральной зоне по поверхностям вышележащих горизонтов наблюдалась отрицательная температура аномалий Копаткевичской и Червонослободской площадей, однако по кровле рассматриваемого горизонта на этих площадях аномалия не проявляется. В этой зоне положительная аномалия отмечается на Гороховской и Дудичской площадях. В южной зоне отрицательные отклонения температур от линии регрессии отмечаются для Восточно-Ельской (скв. 16Р), а положительные — Стреличевской площади.

Данных по кристаллическому фундаменту недостаточно для выявления температурных зависимостей. Относительно рядом расположенные Первомайская и Рещичкая площади для одинаковой глубины до фундамента различаются величинами температур на  $10^{\circ}$ , что указывает на существование большого горизонтального градиента температур в этой аномальной зоне.

Таким образом, для поверхностей горизонтов отложений Припятского прогиба в каждой зоне имеются графики зависимости температуры от глубины. Эти графики нормирующие и отклонения от них значений температур являются аномалиями. Используя графические построения и аналитические зависимости, определяют размеры аномалий (в плане и по глубине) и их амплитуду. Все встречающиеся аномальные значения температур по скважинам сведены в табл. 1.

Положительная аномалия восточной части северной зоны Припятского прогиба наиболее четко проявляется в нижних горизонтах, в вышележащих данная аномалия увеличивается по площади, но одновременно уменьшается ее амплитуда. В южной зоне прогиба развита отрицательная аномалия температур Ельской (скв. 11Р), Восточно-Ельской (скв. 16Р), Новорудненской и Западно-Валавской площадей. Аномальные температуры отмечаются в надсолевых и верхнесолевых отложениях на Ельской и Новорудненской площадях, а в межсолевых — на всех указанных площадях. Рассматриваемая аномалия с глубиной, в подсолевых отложениях, уменьшается по ширине. Характеризуемые аномальные зоны шириной 25—30 и длиной 75—100 км вытянуты вдоль прогиба.

В северной, центральной и южной зонах прогиба крайние восточные площади характеризуются повышенными температурами только в нижележащих горизонтах, начиная с межсолевого. Отрицательная аномалия Копаткевичской и Червонослободской площадей проявляется в надсолевых девонских и верхнесолевых отложениях, затухая в нижележащих горизонтах. Эти две аномалии, по-видимому, связаны с областями питания и разгрузки подземных вод.

Положительная аномалия, наблюдаемая в нижних горизонтах Дудичской и Гороховской площадях, в верхнем комплексе отложений не проявляется на Гороховской площади и становится отрицательной на Дудичской.

Исследование закономерностей распределения температурного поля по горизонтам Припятского прогиба дало возможность выяснить величину температурных аномалий, их распространение в плане и по глубине осадочной толщи. По полученным материалам построены карты и схемы температур поверхностей горизонтов осадочной толщи Припятского прогиба (рис. 1, 2), что следует учитывать при выделении нефтеперспективных площадей и изучении гидрогеологических условий Припятского прогиба.

## ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Б.В. Бондаренко, Е.Я. Алексейченко, В кн.: Методика и геологические результаты геофизических исследований в Припятской впадине, Минск, "Наука и техника", 1967.  
<sup>2</sup> А.Л. Пинчук, Докл. АН БССР, № 5 (1973). <sup>3</sup> С.Б. Тырышкин, В кн.: Методика и геологические результаты геофизических исследований Припятской впадины, Минск, "Наука и техника", 1967. <sup>4</sup> М.С. Арабаджи и др., Опыт применения математических методов в геологии, М., "Недра", 1969.

УДК 556.013

Член-корреспондент АН СССР А.С. МОНИН

### ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ ГИДРОЛОГИИ СУШИ

В глобальные физико-математические модели климатической системы атмосфера — океан — суша целесообразно включать уравнения, описывающие поведение влаги на суше. Первыми из них являются уравнения бюджета тепла и влаги на поверхности суши  $z = h(\theta, \lambda)$  ( $z$  — высота над уровнем моря,  $\theta$  — дополнение широты,  $\lambda$  — долгота):

$$(1) \quad H_s = (I - A)F_s - [B(T_s) - F_L] - (\mathcal{L}E + H) + H_p - \mathcal{L}_{iw}E_{iw};$$

$$(2) \quad E_s = P - E + E_{iw} - I_s,$$

где  $H_s$  и  $I_s$  — потоки тепла и влаги в почву;  $F_s$  и  $F_L$  — потоки коротковолновой радиации (прямой и рассеянной) и длинноволнового излучения атмосферы;  $A$  — альbedo поверхности суши;  $B(T_s) = f\sigma T_s^4$  — собственное излучение этой поверхности ( $T_s$  — ее температура,  $f$  — излучательная способность,  $\sigma$  — постоянная Стефана — Больцмана);  $E$  и  $H$  — скорость испарения и турбулентный поток тепла в атмосфере (положительный вверх);  $\mathcal{L}$  — скрытая теплота испарения (или возгонки);  $P$  — скорость выпадения осадков;  $H_p = cP(T_p - T_s)$  — поток тепла, приносимый осадками ( $T_p$  — их температура,  $c$  — удельная теплоемкость);  $E_{iw}$  — поток воды, создаваемый таянием снега или льда (при  $E_{iw} < 0$  — замерзанием воды);  $\mathcal{L}_{iw}$  — скрытая теплота таяния;  $E_s$  — источник формирования поверхностного стока.

Альbedo, излучательная способность и шероховатость поверхности суши, а также теплоемкость, теплопроводность и фильтрационные свойства верхнего слоя суши существенно зависят от наличия снегового покрова. Его водно-эквивалентная толщина  $h_s$  определяется уравнением

$$(3) \quad \frac{\partial h_s}{\partial t} = P_s - E - E_{iw},$$

справедливым для периодов времени, когда  $h_s > 0$ );  $P_s$  — скорость выпадения снежных осадков. Величина  $E_{iw}$ , которая может быть отличной от нуля лишь при температуре таяния  $T_s = T_{iw}$ , при этом условии должна определяться из уравнения (1), в котором  $H_s$  надлежит рассчитывать отдельно при помощи уравнения теплопроводности для верхнего слоя суши (с учетом снегового покрова).

Поток влаги в почву  $I_s$  должен рассчитываться при помощи уравнений фильтрации влаги в почве. При этом учитывается, что почва имеет как мелкие капиллярные поры, создающие ее водоудерживающую способность, так и крупные некапиллярные поры, обеспечивающие быстрое просачивание воды с поверхности почвы  $z = h(\theta, \lambda)$  до уровня грунтовых вод  $z = h_1(\theta, \lambda, t)$  (подлежащего расчету) сквозь слои поверхностного увлажнения грунта, капиллярно-подвешен-