

## **PREDICTION OF OIL AND GAS RESERVOIRS OF COMPLEX STRUCTURE BY THE COMBINED USE OF SEISMIC AND BOREHOLE DATA**

**N. A. SAVOST'YANOV\***, **G. N. GOGONENKOV\*\*** and  
**S. S. EL'MANOVICH\*\***

A method is presented for predicting hydrocarbon reservoirs of complex structure by combining data from exploratory boreholes with results of detailed seismic surveys. The methodological background of the joint interpretation of geological and geophysical data is provided by concepts from seismic stratigraphy. A case history is presented from one of the productive areas of western Siberia, where the method was successfully applied.

**Keywords:** seismic survey, detail survey, seismic stratigraphy, seismic interpretation, pay zone, oil and gas reservoirs, well logs

### **1. Introduction**

Nowadays, it is a frequently occurring problem in the oil industry that the CH reserves are distributed in reservoirs which have a highly intricate spatial pattern and an inhomogeneous interior structure. Conventional exploration methods, estimates of reserves and the planning of production from such reservoirs are, as a rule, not too efficient if based on a network of exploratory drillings. The structural models of the reservoir will not correspond to reality and a substantial part of the wells would produce less than the calculated inflow. Problems of this kind most frequently occur in cases where the reservoirs are distributed in terrestrial deposits, in small deltas, or on paleoslopes where the régimes of sedimentation are strongly differentiated. Borrowing well-known terms from communications theory, we can state that for an economically reasonable density of the exploratory drillings we cannot sample the physical properties of the layers at such a rate which would satisfy the Nyquist criterion. Consequently, the reconstructed function will be burdened with serious errors.

The optimal solution to this problem seems to be the joint interpretation of the data from exploratory holes with the results of detailed seismic surveys. Rapid progress in the last 20 years, both in field technology and data processing, has resulted in a continual increase in the accuracy and detail of the mapping

\* Central Office of Well Logging and Field Geophysics of the Ministry of Oil Industry, 113816 Moscow, nab. M. Thorez d. 26/1, USSR

\*\* Central Geophysical Expedition of the Ministry of Oil Industry, 123298 Moscow, ul. Narodnogo Opolcheniya, d. 40, korp. 3, USSR

of geological bodies. Even though the vertical resolving power of the seismic method—today and in the conceivable future—lags behind that of well logs, still, in many cases the seismic data fairly well approximate the production characteristics of pay zones. On the other hand, the horizontal resolution of state-of-the-art seismic prospecting significantly exceeds that of boreholes.

The aim of the present work is to lay the methodological foundations of a complex interpretation technique for studying reservoirs of complex structure. The applicability of the method will be proven in connection with a project in one of the productive areas of western Siberia, within the limits of the Krasnoleninsk arch.

The general structural build-up of the region was investigated by seismic methods more than 10 years ago. The regional oil-capacity of the Jurassic sandy-shaly formation overlying the basement was determined on the basis of a sporadic set of exploratory boreholes. However, only 30% of the production wells located on the basis of these data, produced the calculated inflow of oil. In view of this the drilling of further production wells was suspended and repeated exploration called for.

For this purpose a network of 24-fold CDP profiles was designed (*Fig. 1*). The materials obtained, together with the available well logs and general geological data, served as a basis for the integrated interpretation. A schematic representation of the steps of the interpretation of the geological-geophysical information is given in *Fig. 2*. The decisive feature of the method is the application of the principles of seismic stratigraphy in the interpretation process. In other words, we are looking for those sedimentary environments which may produce the given reflection pattern. The sequence of operations and analyses applied during the interpretation can easily be understood from the flow chart (*Fig. 2*). In the first step a mutual match is established between seismic and borehole data. This is achieved by means of synthetic seismograms and 2-dimensional modelling. If we succeed in unambiguously identifying the marker phases of the seismic sections with the geological boundaries, we can proceed to the second stage—to the integrated seismic stratigraphic analysis—with the aim of constructing the sedimentation models of the productive layers. After the construction of the model, when we have already formed a general idea of the possible types of reservoirs, comes the next stage, viz. the quantitative estimation of the position and size of the prospective traps. The final step is the working out of recommendations for further geophysical work and drilling project.

## 2. Analysis of seismic sections

Before describing the above steps in detail, a few words are in order on the processing and visualization of the seismic data. An important task of processing (apart from the reduction of noise) is to transform the seismic traces to such a form where the wave characteristics have already disappeared and the shape and intensity of the signals reflect the distribution of the acoustic properties of

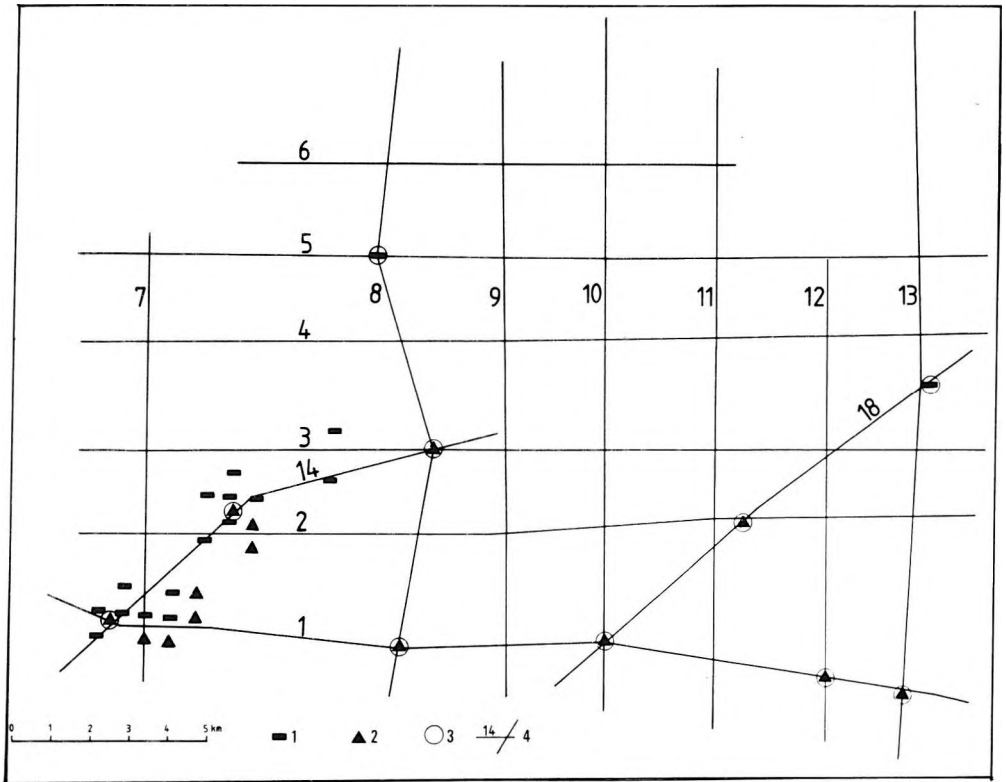


Fig. 1. Location map of the study area

1—dry wells; 2—productive wells; 3—exploratory boreholes; 4—seismic profiles

1. ábra. A kutatási terület helyszínrajza

1—meddő kutak; 2—termékeny kutak; 3—kutató fúrások; 4—szizmikus vonalak

Рис. 1. Схема расположения сейсмических профилей и скважин на Ем-Ёговской площади

1—непродуктивные скважины; 2—продуктивные скважины; 3—разведочные скважины; 4—сейсмические профили

the geological section. State-of-the-art data processing (including true amplitude recovery, wide-band deconvolution and migration) meets the above requirements.

Figure 3 shows a typical time section from the area. The productive interval, marked by an arrow, has a characteristic inhomogeneous structure. In Fig. 4, the well-log (SP) data are displayed in time scale, together with the seismic time section. The formation overlying the basement (*A*) is but weakly differentiated by the SP logs. For a more accurate stratigraphic identification

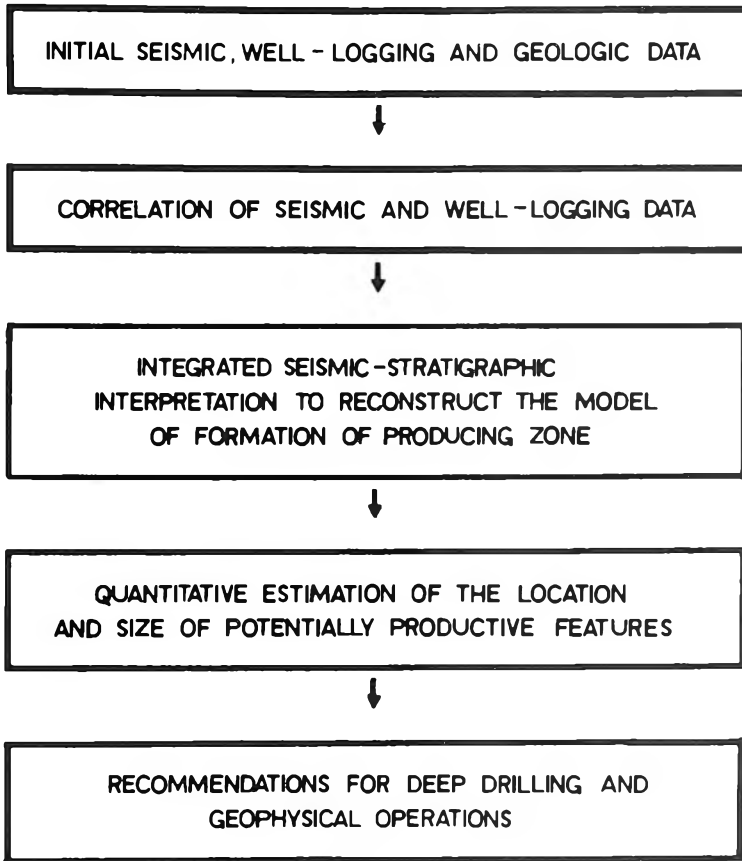


Fig. 2. Schematic flow-chart of the integrated interpretation of the geological-geophysical information. (For detailed block diagram see Gogonenkov et al. Geophys. Transactions 30, 2, p. 179)

2. ábra. A geológiai-geofizikai információ komplex értelmezésének vázlata  
(A részletes folyamatábrát lásd: Gogonenkov et al. Geofiz. Közl. 30, 2, p. 179)

Рис. 2. Схема комплексной интерпретации геолого-геофизической информации  
(Подробную блок-схему см. Гогоненков и др. Геофиз. Бюл. 30, 2, с. 179)

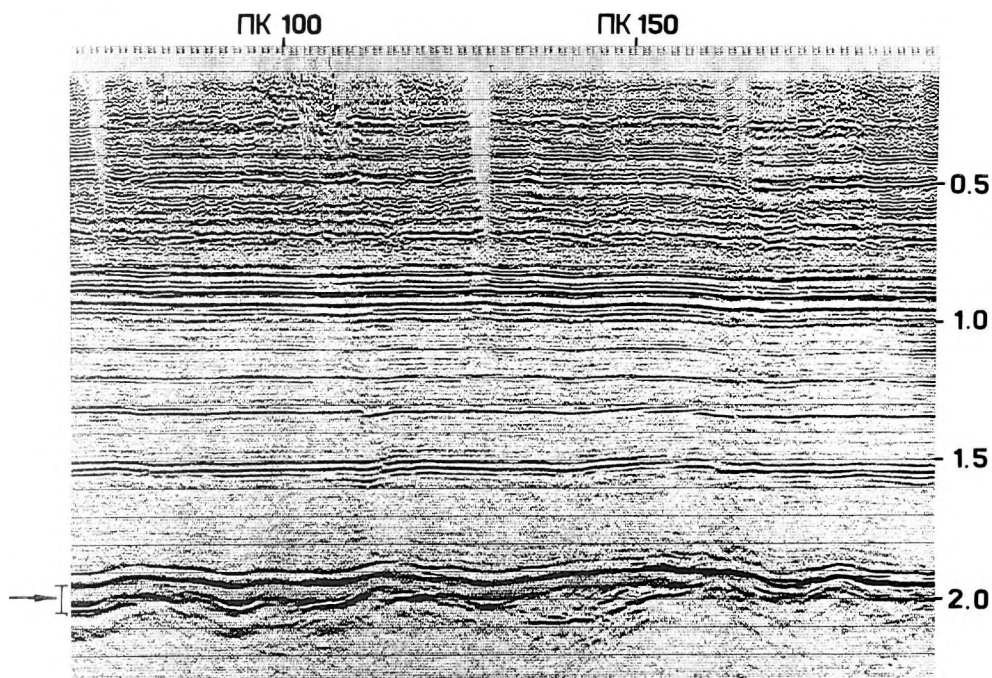


Fig. 3. Typical time section from the area of investigation

3. ábra. Időszelvény a kutatási területről

Рис. 3. Пример временного разреза блока из исследования

of the phases of the seismic section the acoustic log was applied. *Figure 5* shows the input data utilized for the identification process. The central curve is the acoustic log; those above are, in turn, the spike trace, the synthetic traces and a series of seismic traces from the vicinity of the borehole. Below the acoustic log we see its filtered version in the characteristic frequency band of the seismic signals, and pseudoacoustic curves derived from the seismic traces by means of the familiar transformation.

# LINE 18

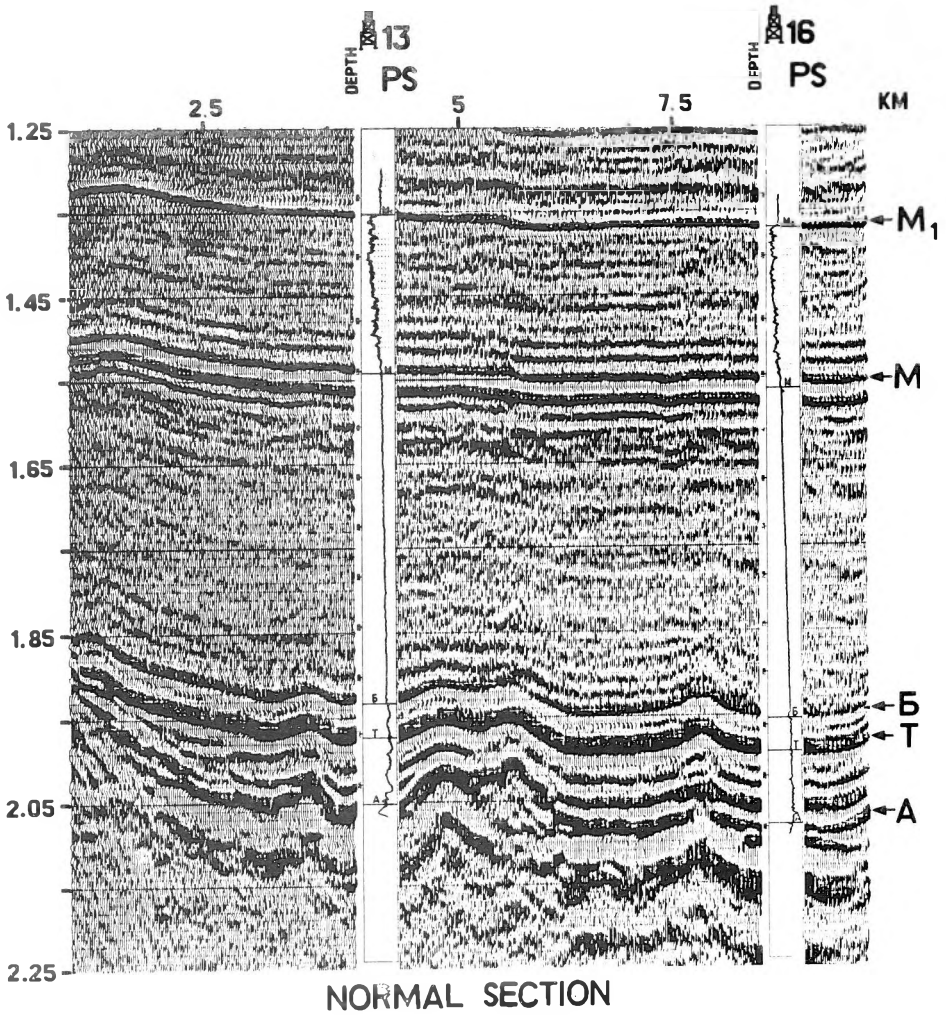


Fig. 4. Joint visualization of seismic- and well-log data

4. ábra. A kárótáz- és a szeizmikus információk együttes ábrázolása

Рис. 4. Пример комплексирования промыслово-геофизической и сейсмической информации

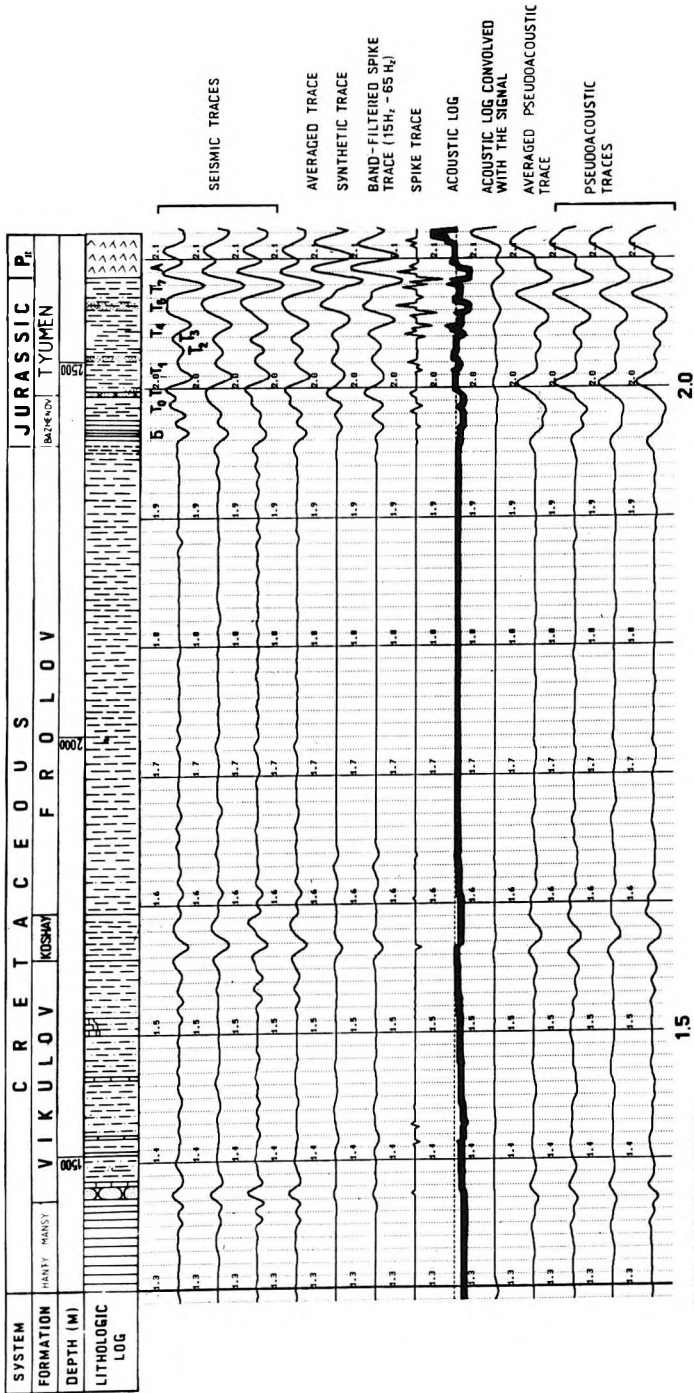


Fig. 5. Input material, used for stratigraphic correlation

5. ábra. Összesített adatok sztratiográfiai azonosításhoz.

Рис. 5. Сводные данные, используемые для стратиграфической привязки

For further improvement of the match between seismic records and the geological section, the different phases of the seismic signals were identified with the particular geological bodies and their clusters by making use of so-called seismic lithofacies sections (*Fig. 6*). A seismic lithofacies section is a joint display of a selected interval of the seismic time section shown in both polarities, and of the available borehole data. The use of such a seismic section renders possible a much more accurate correlation between the boreholes, that is, the model obtained is completely in conformity with all the available information. Before describing the next step, it should be noted that the conventional ways of displaying seismic time sections are inadequate as a means of analysing the behaviour of each phase of the seismic signals. In order to have a maximally compact representation of all information in a single black-and-white section, we developed a new technique, termed dual polarity section. In *Fig. 7* we show a detail of one of the sections in both polarities and, below, with the new technique. Evidently, the direct and inverse polarities, respectively, carry independent information on the geological build-up; this new kind of display preserves the information of the original polarities of the half-periods.

### 3. Setting up the geological model

In order to study conveniently the construction of the perspective formation we prepared a spatial model of the seismic facies (the fence diagram of *Fig. 8*). To facilitate its study a part of the system, the latitudinal profiles are presented in *Fig. 9*. In *Fig. 10* the same sections are shown in the paleoplane, i.e. after applying proper vertical displacements to the traces which “strip off” the effects of post-Jurassic tectonic movements. The section, just above the basement can be divided into (*i*) a lower part, characterized by a dynamically heterogeneous wave-field and—according to core-sample analyses—consisting of continental deposits; (*ii*) an upper part, judging by the much more persistent wave pattern and by borehole data, consisting of rather uniform marine deposits. The boundary between the layers of different genesis goes along reflection *T*, confined to basal sandstones created during the transgression of the sea. The seismic character of reflection *T* and of the overlying phases indicate that by the time of transgression the depositional surface had already been practically completely levelled by continental materials. This is why we decided to carry out the paleoreconstruction with respect to horizon *T*. After paleoreconstruction the resulting sections can be used to reconstruct the paleogeographical and paleotectonical conditions of the sedimentary basin.

In the early Jurassic, the territory was a land of sharply differentiated topography. The chain of hills of a few hundred metres height, bordering the region on the south and west, were intensively eroded by water and the materials were redeposited on the slopes by temporary sand flows. On the deeper-lying parts tidal and lacustrine-marsh deposits were formed with intercalating coal seams. During the slow submergence of the whole territory the thickness of



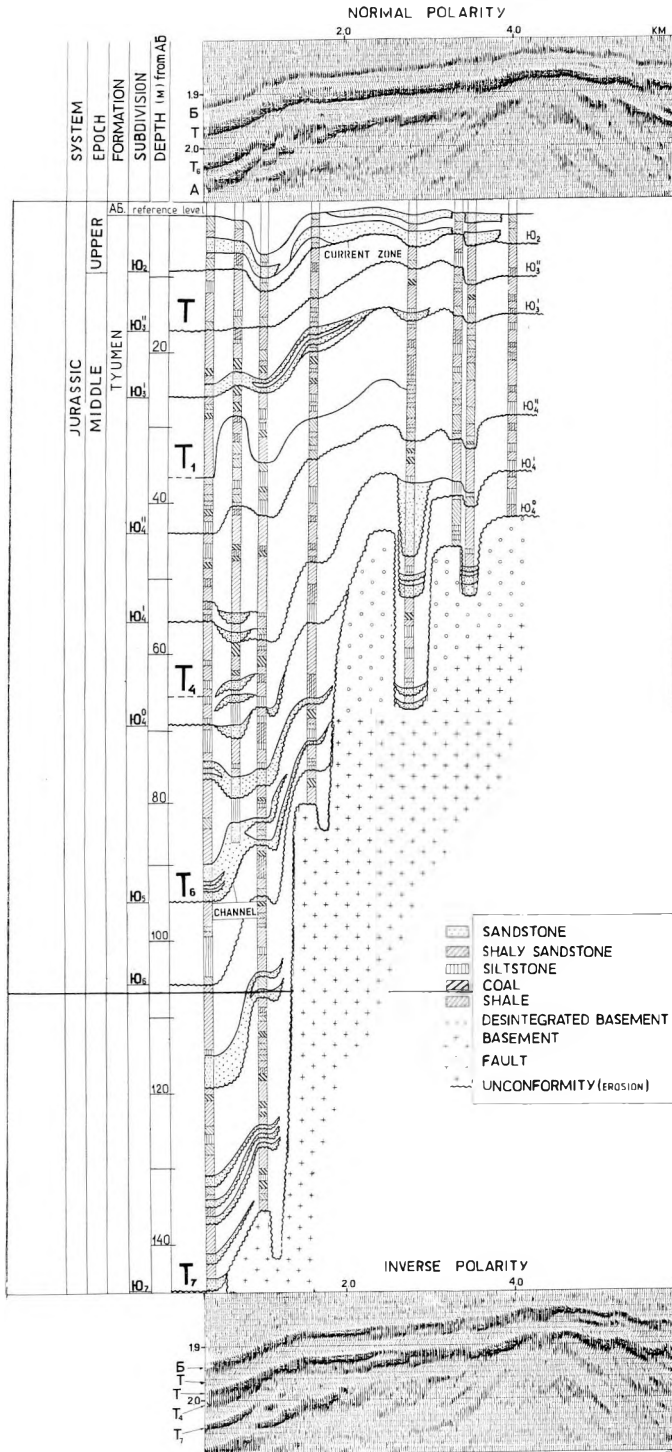


Fig. 6. Seismic lithofacies section for one of the seismic profiles

6. ábra. Szeizmolitofációs szelvény a kutatási terület egyik szeizmikus vonala mentén

Рис. 6. Сейсмолиитофашиальный разрез по одному из профилей площади исследований

# LINE 12

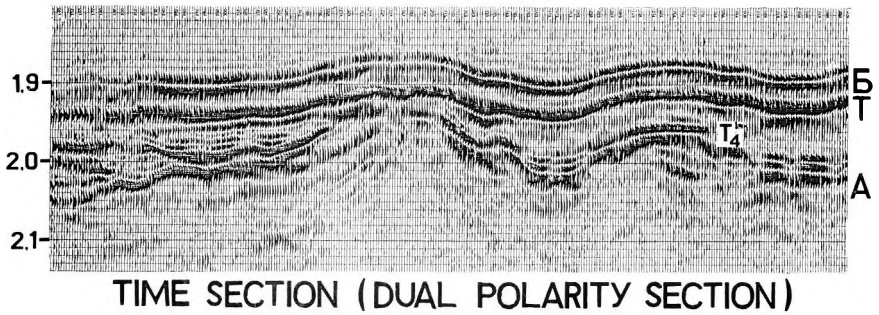
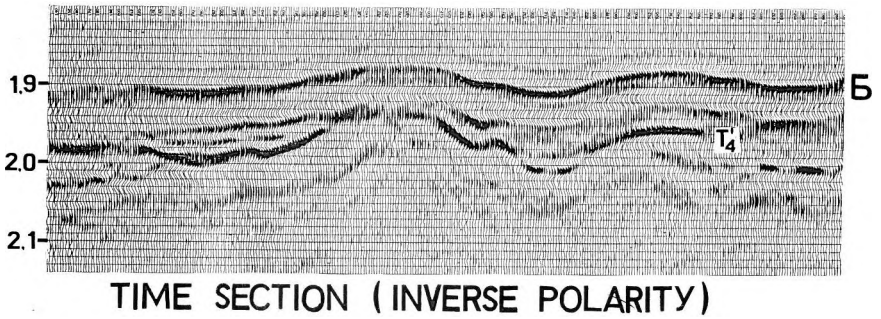
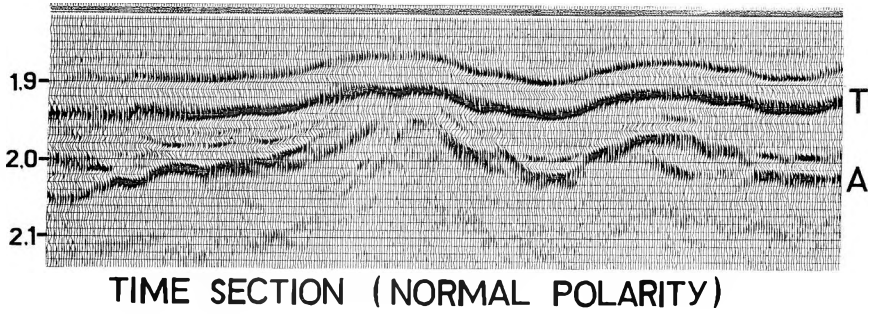
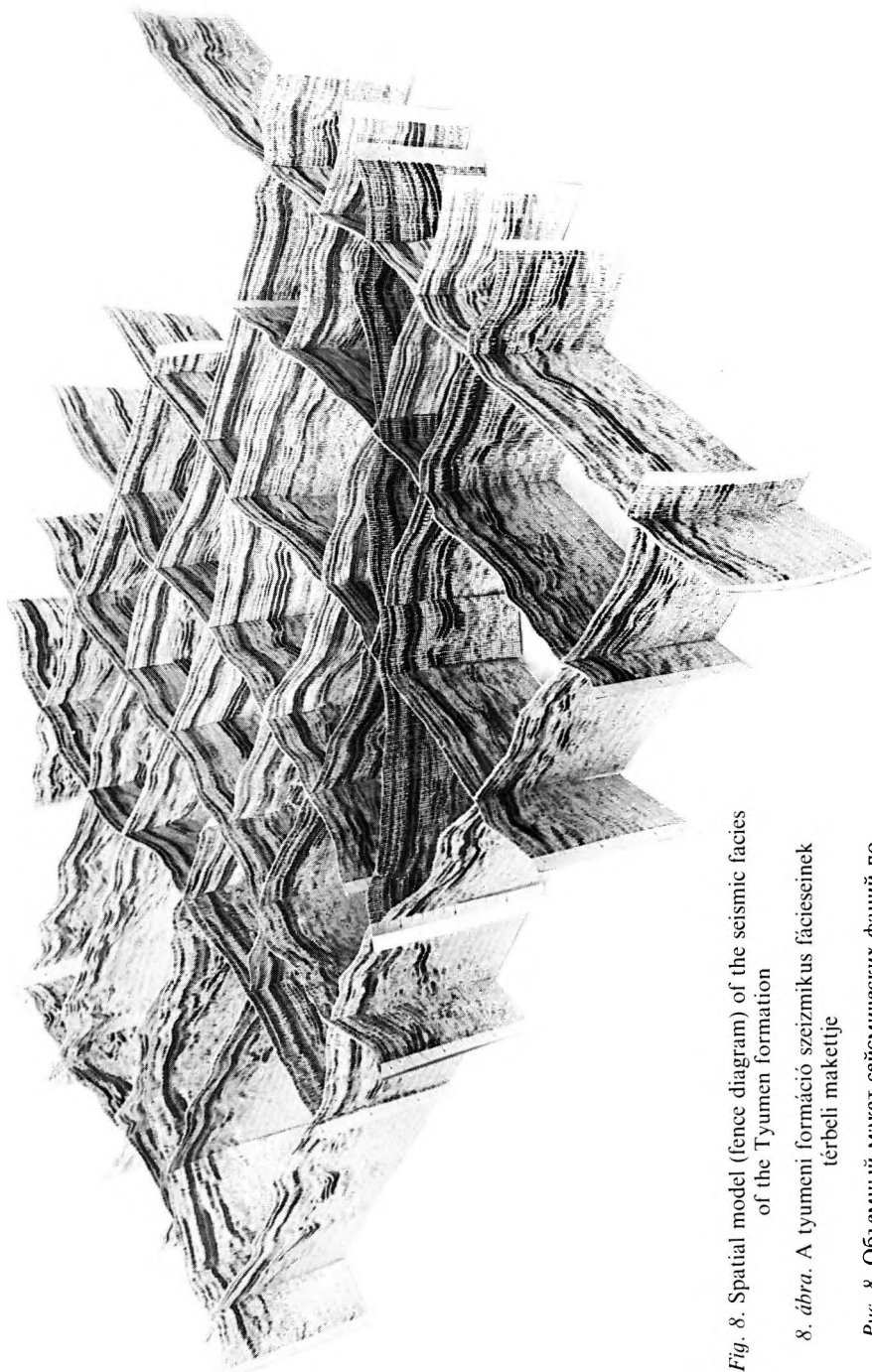


Fig. 7. Comparison of the different ways of visualizing time sections

7. ábra. Az időszelvények különböző megjelenítési módjainak összehasonlítása

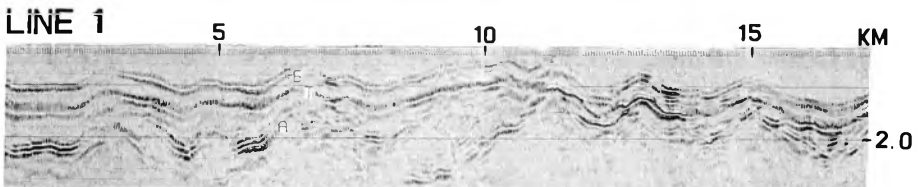
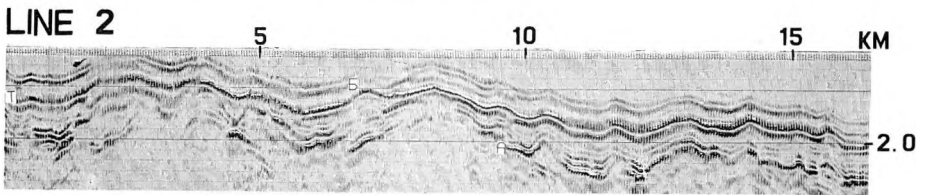
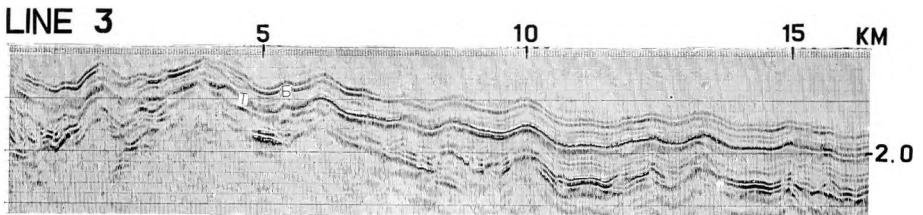
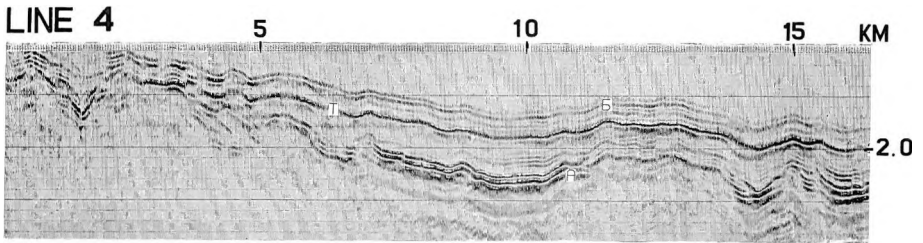
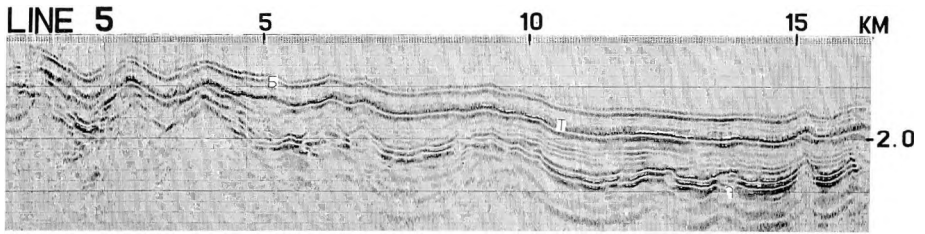
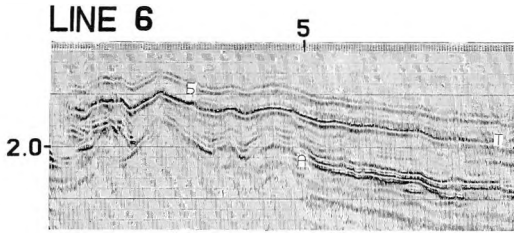
Рис. 7. Сопоставление различных способов визуализации временных разрезов



*Fig. 8. Spatial model (fence diagram) of the seismic facies of the Tyumen formation*

*8. ábra. A tyumeni formáció szeizmikus fáciesének térbeli makettje*

*Рис. 8. Объемный макет сейсмических фаций по интервалу тюменской свиты*



terrestrial sediments gradually increased, due to the erosion and redeposition of the material of the nearby elevations. The process was accompanied by weak folding and faulting. In the paleo-walleys, which can easily be reconstructed from the seismic data, a network of rivers was formed (*Fig. 11*). At a given time instant, the general subsidence of the basin, or the rise of the sea level, led to the transgression of the sea, this brought into being the sandstone layer of the Tyumen formation underlying the marine sedimentary sequence. The thickness of the sand is strikingly variable. To the elevated parts of the paleorelief there belong bar-type sand bodies. The overlying layer is homogeneous shale, which acts as an impermeable barrier. The weak tectonic activity has continued and has led to the present relief of the sedimentary complex.


Based on an analysis of this sedimentation model, the following main types of potential reservoirs can be distinguished:


- disintegrated parts of the basement surface, on the elevated blocks, due to fractures and erosion,
- proluvial fans and the weathered zones developed on the slopes of the basement highs,
- alluvial deposits in the deepest parts of the basin,
- the subfacies of local bars and channels within the Tyumen formation.


#### 4. Search for prospective objects

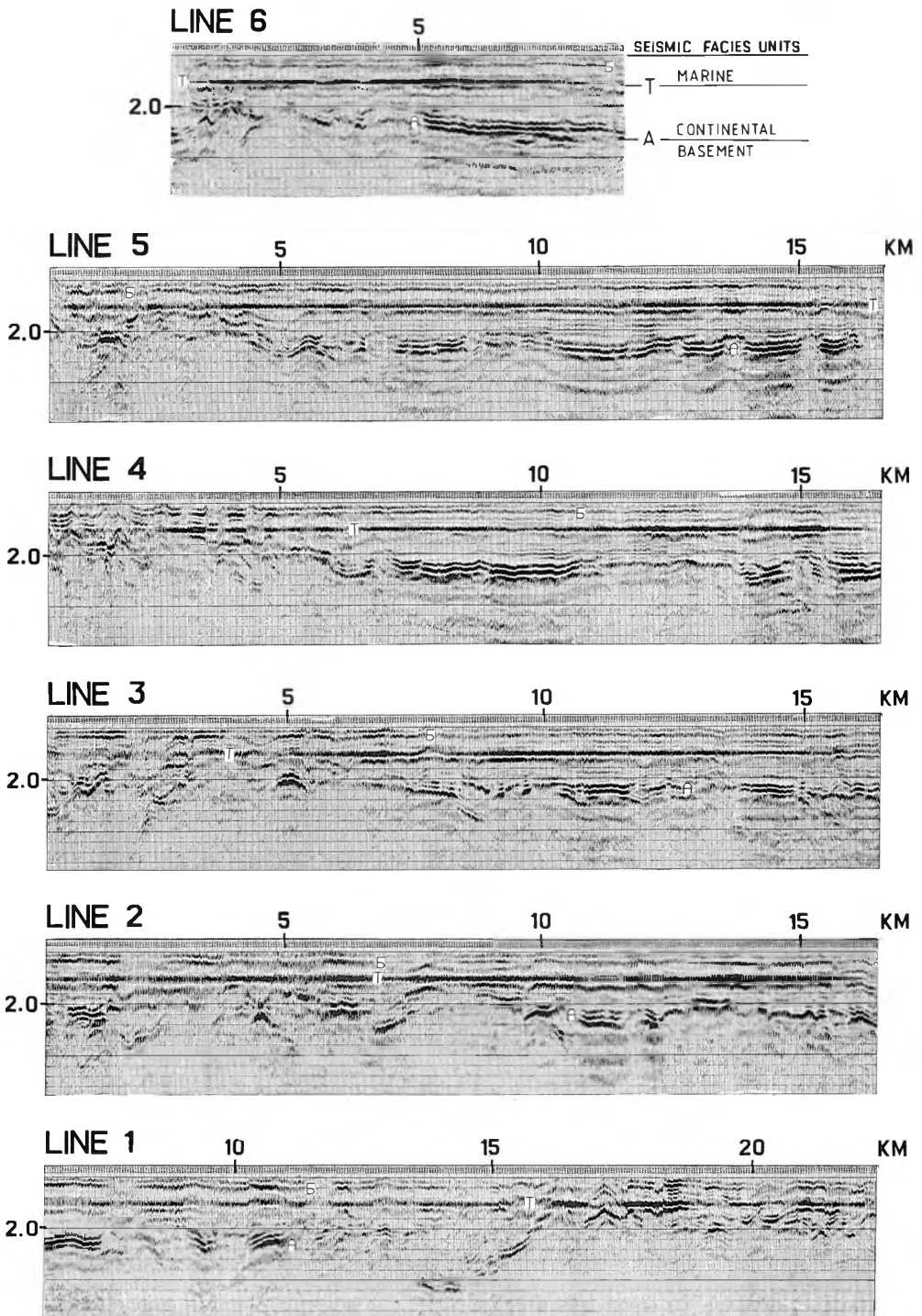
The distribution of the physical properties of the investigated intervals were estimated from interval velocity maps constructed from pseudoacoustic sections. These maps were of decisive importance in determining the prospective objects. The statistical correlation established between seismic-, and production parameters rendered it possible to delineate these prospective objects.

The joint analysis of the pseudoacoustic velocities and the yield of oil wells tapping the basement (seismic horizon *A*) has proved a qualitative trend of decreasing velocities—increasing amount of oil. The zones of interval velocities of less than or equal to 3900 m/s may prove to be the most prospective (*Fig. 12*); assigning the velocity decrease to the disintegration of the basement. On the interval velocity map of horizon *A* (*Fig. 13*) the decreased velocity zone of NW–SE strike corresponds to the elevated belt of the basement, and thus it is the prospective object of oil exploration below the sedimentary cover.

 *Fig. 9.* Illustration of the seismic facies of the Tyumen formation by W–E-oriented time sections

 9. ábra. A tyumeni formáció szeizmikus fáciéseinek szemléltetése a kutatási területen. Ny–K irányú szelvényekkel

 *Рис. 9.* Сейсмические фации тюменской свиты площади исследований на профилях широтного простирания



When analysing the reflections corresponding to the slope deposits we did not succeed in establishing a stable correlation between the seismic dynamic characteristics and the yield of oil from the given layer. Even so, although almost all drill-holes hitting the slope subfacies  $T'_4$  are productive, a decrease of the pseudoacoustic interval velocity (3150–3500 m/s) towards the productive wells can be observed (Fig. 14). Thus, the prospective objects along horizon  $T'_4$  were selected if they met the criterion:  $V_{pseudoacoustic} \leq 3400$  m/s.

The thicker zones of subfacies  $T_6$  (seismic facies  $T_5$ ) are regarded as channel fills, appearing with increased interval velocities (3950–4050 m/s) which, based on modelling studies, might be due to the increased sand content (Fig. 15).

A detailed study of horizon  $T$  (sandstone formation at the base of the marine series) and the established correlation between seismic- and production parameters have proved that around the high-discharge wells characteristically high pseudoacoustic interval velocities are found. This general trend of the seismic interval velocities was also confirmed by modelling. It can be assumed that the zones of increased pseudoacoustic interval velocities (Fig. 16) signify parts of the formation with increased sand content, i.e. with more favourable reservoir properties.

On the basis of this study we concluded that the original concepts for the exploitation of the Em-Yogovsky oil field were not in agreement with the actual distribution of the reservoirs. As the productive bodies are situated in various scattered, non-anticlinal traps of complex structure and of different genesis, rather than in the originally supposed anticlinal structures (Fig. 17).

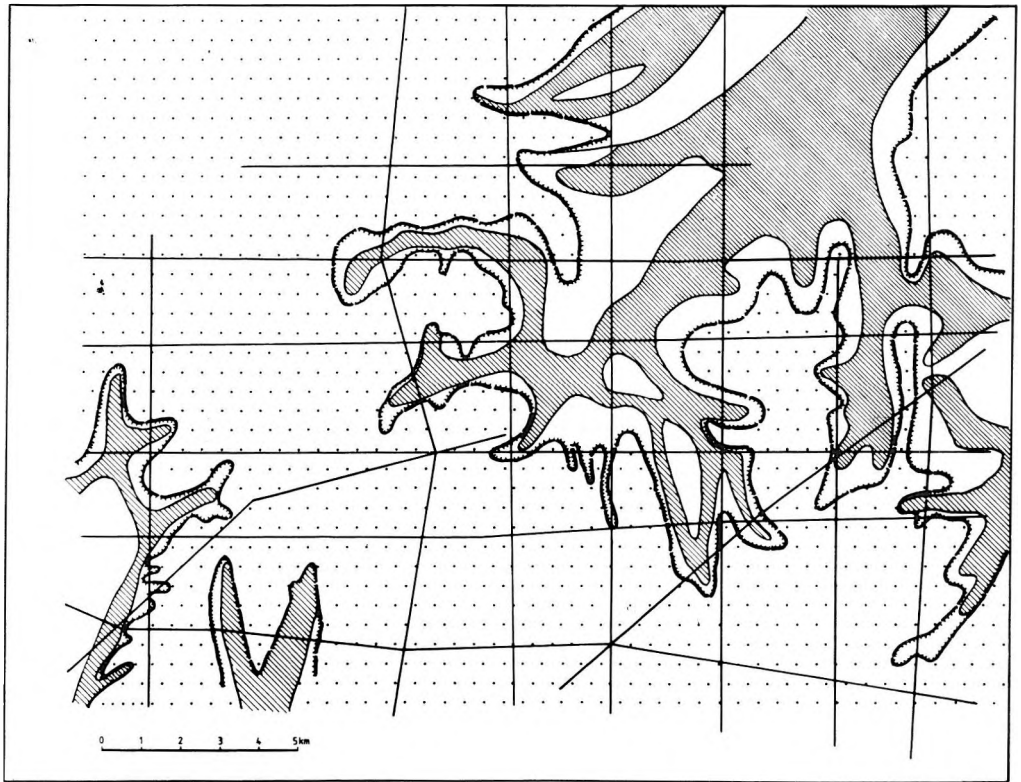
The results of this work also show that our proposed new methodology of integrated interpretation of seismic and well-log data, based on seismic stratigraphic principles, has successfully solved the geological problems under the conditions of the structurally complex Tyumen formation within the Krasnoleninsk arch. On the basis of these results recommendations were given as to how the network of production wells should be changed. We suggested that the new drilling project should be carried out in two steps. First, boreholes should be located on selected points along the seismic profiles. If the production figures confirm the predicted conditions, the whole existing network of the production wells must be redesigned.

Fig. 10. Illustration of the seismic paleofacies of the Tyumen formation by W-E-oriented time sections

10. ábra. A tyumeni formáció paleoszeizmikus fáciesének szemléltetése a kutatási területen. Ny-K irányú szelvényekkel

Рис. 10. Палеосейсмические фации тюменской свиты площади исследований на профилях широтного простирания





1— 2— 3— 4—

*Fig. 11.* Schematic paleogeographical map showing the development of the river network at the time of the Tyumen formation

1—sediment accumulation basin; 2—extension of the channel fill facies; 3—denudational highland (area of erosion); 4—seismic profile

*11. ábra.* A kutatási terület vázlatos ösföldrajzi térképe a tyumeni formáció képződési idejének folyórendszerével

1—üledékfelhalmozódási medence; 2—ösi folyómeder fácies elterjedésének területe;  
3—denudációs fennsík (lehordási terület); 4—szeizmikus vonal

*Рис. 11.* Схематическая палеогеографическая карта развития речной сети в тюменское время

1—равнина низменная аккумулятивная; 2—области распространения древних русловых фаций; 3—равнина возвышения денудационная (область сноса); 4—сейсмические профили



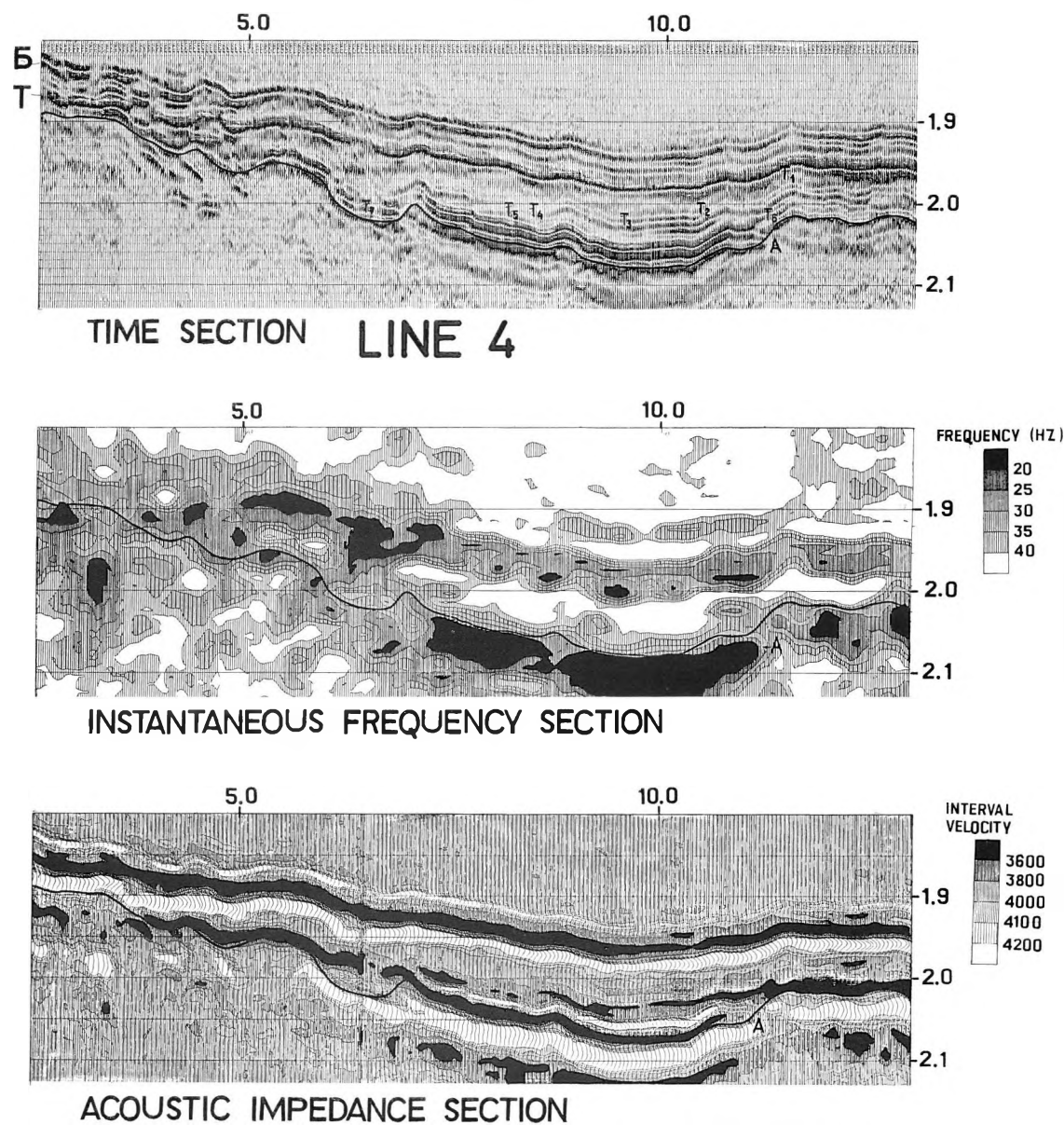


Fig. 12. Example for the character of wave pattern of seismic facies A in different tectonic zones  
 12. ábra. Példa az A jelű szeizmikus fácies hullámképi jellegére, különböző tektonikai zónákban

Рис. 12. Пример характера волновой картины сейсмической фации А в различных тектонических зонах

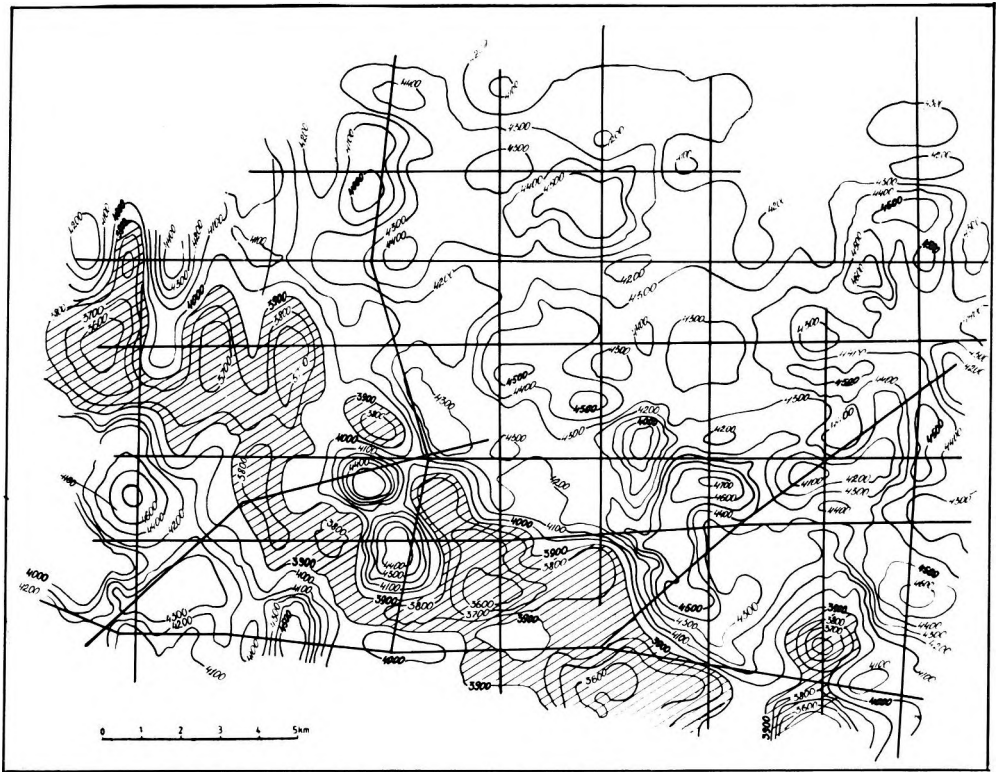


Fig. 13. Map of pseudoacoustic interval velocities along the surface of the basement (horizon A)  
 1—seismic profiles; 2—isolines of pseudoacoustic interval velocity; 3—interval velocity lower than 3900 m/s

13. ábra. Az aljzat felszínének (A szint) pseudoakusztikus intervallumsebesség-térképe  
 1—szeizmikus vonalak; 2—a pseudoakusztikus intervallumsebesség izovonalai;  
 3—az intervallumsebesség kisebb, mint 3900 m/s

Рис. 13. Карта интервальных скоростей ПАК по поверхности фундамента (горизонт А)  
 1—сейсмические профили; 2—изолинии псевдоакустической интервальной скорости;  
 3—интервальная скорость ниже 3900 м/с

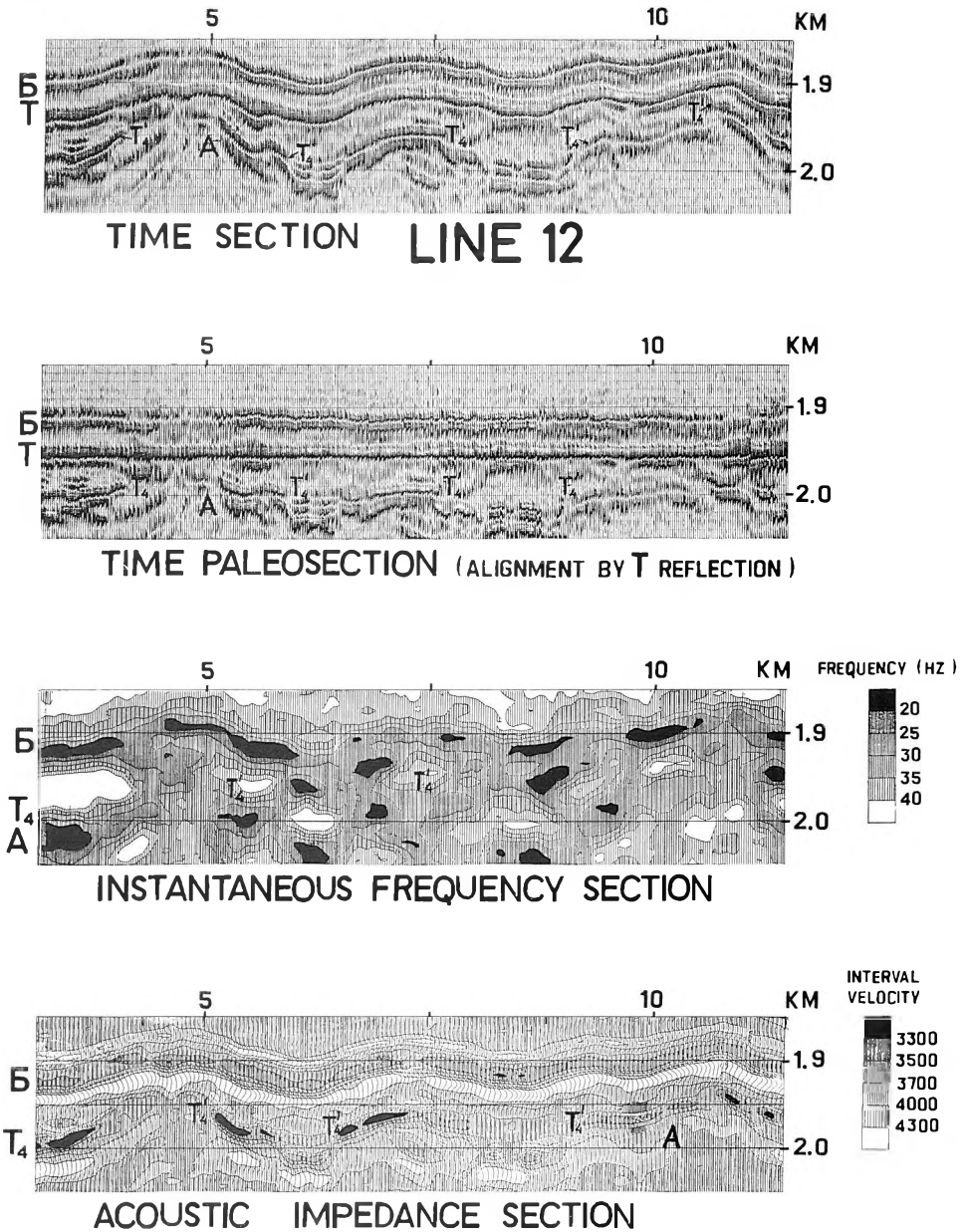
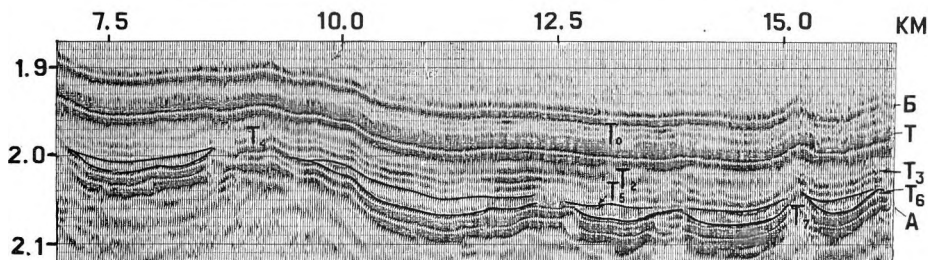


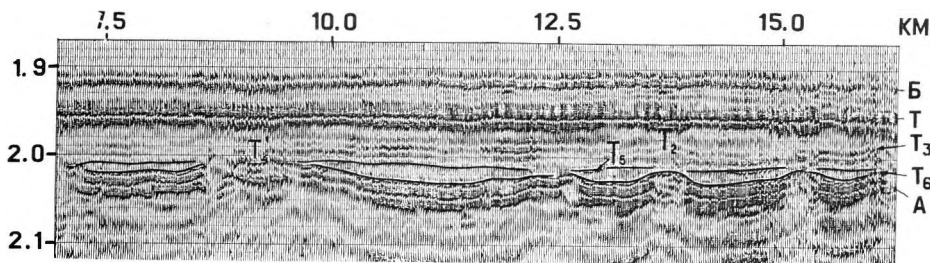
Fig. 14. Example for the extraction of the slope subfacies  $T_4'$

14. ábra. Példa a  $T_4'$  lejtő alfácies kijelölésére

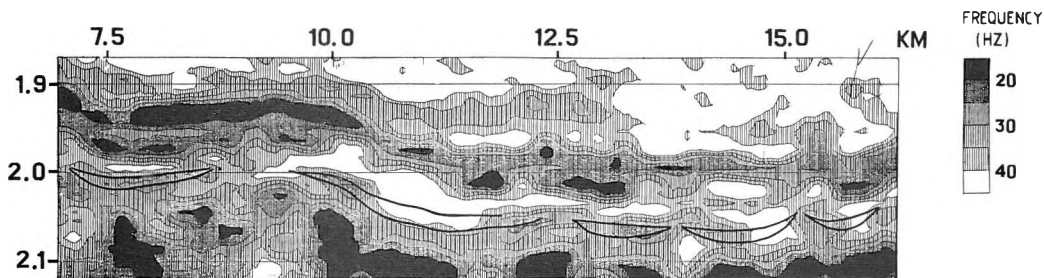
Рис. 14. Пример выделения склоновой субфации  $T_4'$



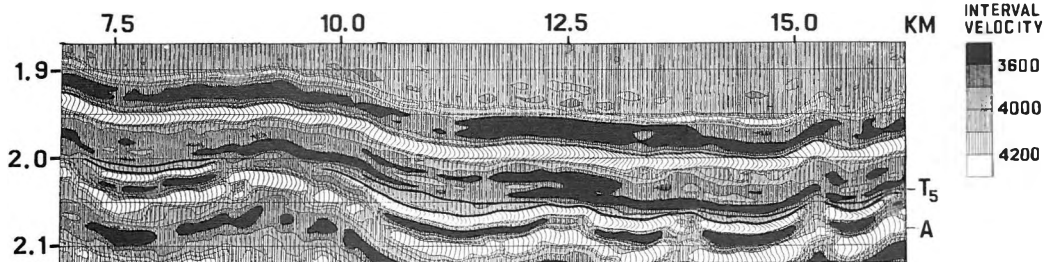
TIME SECTION **LINE 5**



TIME PALEOSECTION (ALIGNMENT BY T REFLECTION)



INSTANTANEOUS FREQUENCY SECTION



ACOUSTIC IMPEDANCE SECTION

We envisage that increasing the effectiveness of integrated interpretation of seismic- and borehole data may be attained by switching over to 3-dimensional seismics, ensuring to enhance accuracy and detail in mapping of reservoirs. By increasing the number of sonic logging and VSPs the quantitative correlation between seismic- and geological data will improve.

◁ Fig. 15. Appearance of channel fill deposits in the seismic section (subfacies  $T_6$ , lenticular seismic facies  $T_5$ )

◁ 15. ábra. A folyómeder-üledékek reflexióinak megjelenése a szeizmikus anyagban ( $T_6$  alfácies,  $T_5$  lencseszerű szeizmofácies)

◁ Рис. 15. Пример отображения на сейсмических материалах русловых отложений (субфация  $T_6$ , линзовидная сейсмофация  $T_5$ )

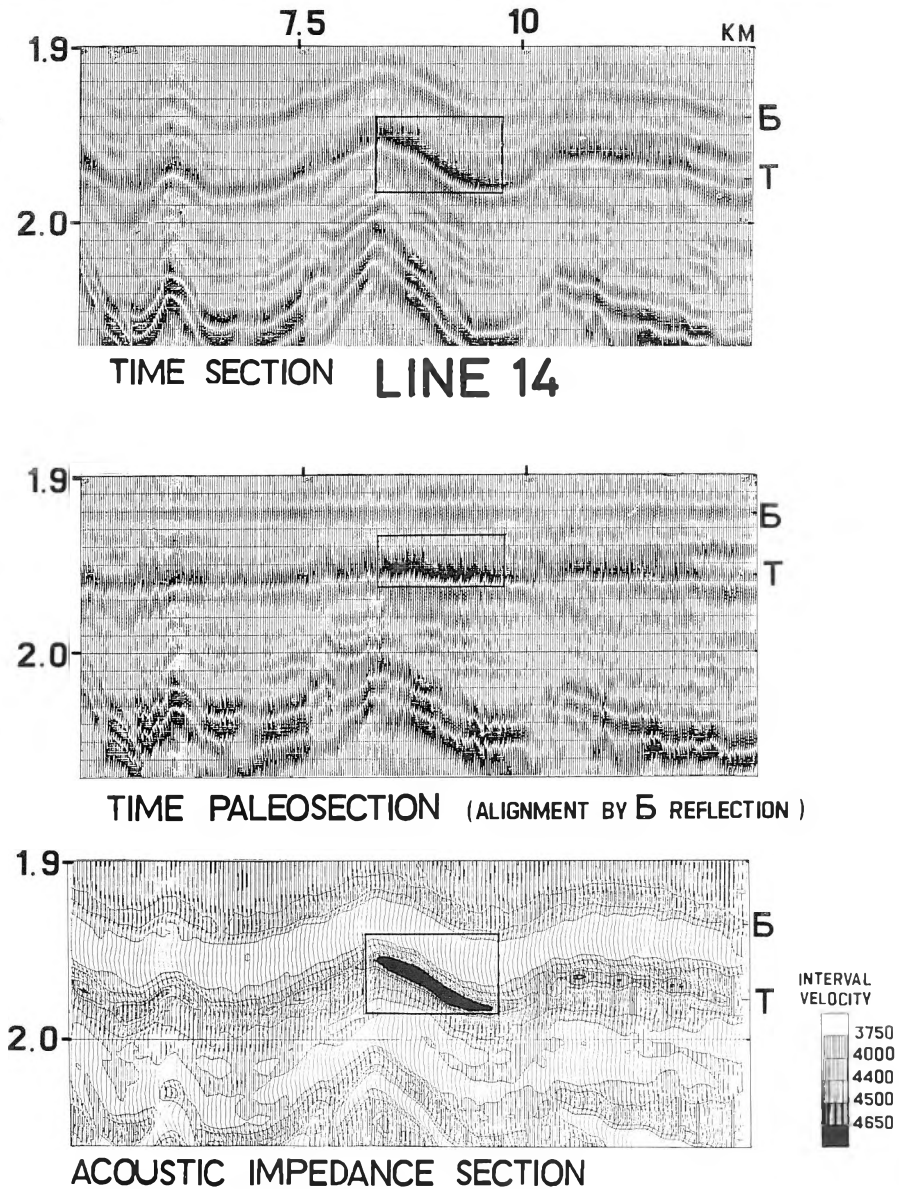


Fig. 16. Extraction of local subfacies connected with increased sand content of the layer at the base of the marine complex (horizon *T*)

16. ábra. Lokális, a réteg elhomokosodásával kapcsolatos alfácies kijelölése a tengeri eredetű öszlet fekjében (*T* szint)

Рис. 16. Пример выделения локальной субфации, связанной с опесчаниванием разреза пласта в подножье морского комплекса (горизонт *T*)

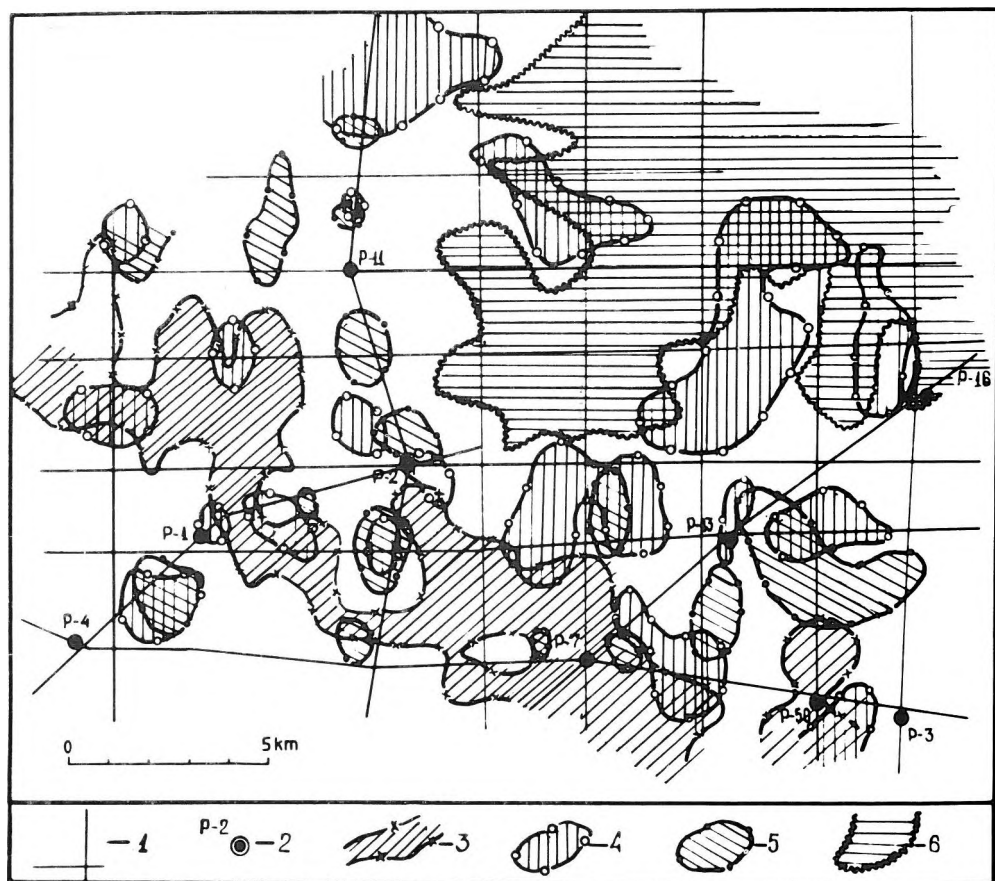


Fig. 17. Distribution of the prospective objects in the investigated area

1—seismic profiles; 2—exploratory boreholes; 3—prospective objects connected with disintegrated basement; 4—prospective objects connected with increased sand content of the layer underlying the marine complex of the Tyumen formation; 5—prospective objects in the proluvial fan deposits; 6—prospective objects connected with alluvial deposits of ancient rivers

17. ábra. A perspektivikus objektumok elhelyezkedésének vázlata a kutatási területen  
 1—szeizmikus vonalak; 2—kutatófúrások; 3—az aljzat felszínének fellazulásával kapcsolatos perspektivikus objektumok; 4—a tyumeni formáció kontinentális sorozata fedőjének növekvő homoktartalmával kapcsolatos perspektivikus objektumok; 5—a lejtőkön lerakódott hordalékkúpokkal kapcsolatos perspektivikus objektumok; 6—az ősfolyók alluviális üledékeivel kapcsolatos perspektivikus objektumok

Рис. 17. Схема распространения перспективных объектов на площади исследований  
 1—сейсмические профили; 2—разведочные скважины; 3—перспективные объекты, связываемые с разуплотнением поверхности фундамента; 4—перспективные объекты, связываемые с опесчаниванием разреза в кровле континентальных отложений тюменской свиты; 5—перспективные объекты в делювиально-пролювиальных склоновых отложениях; 6—перспективный объект, связанный с аллювиальными отложениями палеореки



## BONYOLULT FELÉPÍTÉSŰ KŐOLAJ- ÉS FÖLDGÁZTÁROLÓK ELŐREJELZÉSE KOMPLEX SZEIZMIKUS-MÉLYFŰRÁSOS VIZSGÁLATTAL

N. A. SZAVOSZT'JANOV, G. N. GOGONENKOV és SZ. SZ. EL'MANOVICS

### 1. Bevezetés

Az utóbbi időkben az olajipar egyre gyakrabban találja szembe magát azzal a problémával, hogy a szénhidrogének igen bonyolult térbeli alakzatú, inhomogén belső felépítésű tárolókban helyezkednek el. A lehélyek szabvány módszerekkel történő feltárása, a készletek számbavétele és a művelés megtervezése kutatófúrások hálózatán alapul, és mint ilyen, igen alacsony hatékonyságú. A tároló felépítésének modellje ugyanis nem felel meg a valóságosnak, ezért a termelőktől jelentős része nem adja a számított beáramlást. Az ilyen típusú felépítés leggyakrabban a kontinentális ösztetekben, sekély delta üledékekben és nagy ösföldrajzi lejtőkön fordul elő, ahol az üledékképződés erősen differenciált. A geofizikusok számára jól ismert információ-átviteli terminológiával élve: a kutatófúrások gazdaságilag célszerű sűrűsége nem biztosítja azt a – rétegpáraméterek függvényeinek leképezéséhez szükséges – mintavételezést, amely kielégítené a Nyquist-feltételt; ennek következtében a keresett függvényeket csak igen nagy hibával állítja elő.

A feladat megfelelő megoldását, szerintünk, a kutatófúrások és a részletező szeizmikus kutatás együttes alkalmazása teszi lehetővé. A terepi mérések technikájában, metodikájában és adatfeldolgozásában az utóbbi 20 évben végbement folyamatos fejlődés lehetőséget biztosít a földtani testek pontos és részletes térképezésére. Bár a szeizmika vertikális irányú felbontóképessége beláthatatlan ideig nem éri el a karotázs adatok részletességét, egyre közelebb kerül a rétegek termelési jellemzőinek megadásához. A szeizmika horizontális irányú felbontóképessége azonban már ma is meghaladja a kutatófúrásokét.

Jelen dolgozatban ismertetjük a bonyolult felépítésű tárolók komplex vizsgálatának módszertani alapjait, és egy nyugat-szibériai konkrét kutatási területen, a kraszno-leninszki hátságon, bemutatjuk a feladat megoldásának eredményességét is.

A terület szerkezeti viszonyait a szeizmika több mint 10 éve felderítette. Ezután feltáró fúrások ritka hálózatával meghatározták az aljzatközeli, jura időszaki homokos-agyagos ösztet regionális olajhozamát. Kiderült, hogy az ezekre az adatokra tervezett további termelőfúrásoknak csak a 30%-a adott a vártnak megfelelő olajbeáramlást. Új termelőfúrások mélyítését leállították, a területet visszaadták további kutatásra. Ennek kapcsán került sor egy szeizmikus vonalhálózat lemérésére, 24-szeres fedéssel (1. ábra).

A regisztrált szeizmikus anyag, a meglévő fúrásokkal és az általános földtani információkkal együtt képezte a komplex kiértékelés alapját. A geológiai–geofizikai információ komplex értelmezésének vázlata a 2. ábrán látható. Az alkalmazott eljárás legfontosabb sajátossága az értelmezés folyamatában a szeizmikus sztratifográfia elveinek alkalmazása, vagyis keressük azokat az üledékképződési feltételeket, amelyek a reflektáló felületek adott reflexiók hullámképi összességét kialakítják.

A komplex értelmezés egymást követő műveleteit és analizisét könnyen megérthetjük a 2. ábrán feltüntetett vázlat segítségével. Az első lépés a szeizmikus és a fúrási adatok korrelációja. Ehhez szintetikus szeizmogramokat és kétdimenziós modellszámítást alkalmazunk. Miután a szeizmikus szelvény jellemző fázisait azonosítottuk a geológiai határokkal, áttérünk a következő szakaszra – a komplex szeizmosztratifográfiai analizisre – azzal a szándékkal, hogy megszerkesztjük a produktív réteg üledékképződési modelljét. Miután a modellt megszerkesztettük és a tárolók lehetséges változatait számba vettük, hozzáfogunk a potenciális csapdák helyzetének és méreteinek kvantitatív becsléséhez. Végeredményként eljutunk olyan javaslatok kidolgozásához, melyek irányt szabnak a további geofizikai munkákra és a mélyfúrások kitűzésére.



## 2. A szeizmikus szelvény analízise

Mielőtt áttérnénk az egyes lépések ismertetésére, néhány szót kell szólnunk a szeizmikus adafeldolgozási és megjelenítési lehetőségekről.

A feldolgozás során nemcsak a zavarok alapos elnyomását kell biztosítani, hanem a szeizmikus regisztrátumok olyan átalakítását, hogy azok mentesek legyenek minden hullámképi jelenségtől: a reflexiós jelek alakja és intenzitása pontosan megfeleljen a földtani szelvény akusztikus sajátságainak. A modern, kellő mélységű feldolgozás – beléértve a valódi amplitúdó-helyreállítást, a szélessávú dekonvolúciót és a migrációt – ezt lehetővé teszi.

A 3. ábra a kutatási terület egyik tipikus időszelvényét mutatja. A produktív szakaszt nyíl jelöli, felépítése bonyolult, heterogén. A 4. ábrán szeizmikus időléptékű PS karotázsgörbék vannak az időszelvénybe illesztve. Látható, hogy közvetlenül az aljzat (A) fölött települő összlet a karotázsgörbékben gyengén differenciált. A szeizmikus szelvény egyes fázisainak pontos sztratigráfiai azonosítása akusztikus karotázs (AK) alapján történt. Az 5. ábra az azonosításhoz felhasznált adatrendszert mutatja, összevontan. Középtájt az akusztikus karotázsgörbe foglal helyet, felette sorrendben az impulzus szeizmogram, a szintetikus csatornák, majd egy terepi felvétel csatornáit, amelyeket a mélyfúrás közelében regisztráltak. Az AK görbe alatt annak, a szeizmikus felvételezés frekvenciasávjával szűrt változatát, majd a szeizmikus csatornákból, az ismert transzformációval átalakított, pszeudoakusztikus csatornákat ábrázolták.

A szeizmikus kép további, pontosabb azonosítása a földtani szelvényvel, az egyes reflexiós fázisoknak a konkrét földtani testekkel és ezek együttesével való összekapcsolása a szeizmolitofációs szelvény segítségével történt, melyet a 6. ábrán láthatunk. A szeizmolitofációs szelvény a szeizmikus időszelvény két, különböző polaritású képeinek és a mélyfúrási adatoknak együttes ábrázolása. A szeizmikus információ jelenléte lehetővé teszi a mélyfúrások jobb, lényegesen pontosabb korrelálását és ezzel olyan modell létrehozását, amely teljes mértékben összhangban van valamennyi rendelkezésre álló adattal. Ugyancsak lehetőséget nyújt arra is, hogy az egyes tárolók és a szeizmikus reflexiók fázisai közötti kapcsolatot pontosabban határozzuk meg.

Mielőtt a munka következő fázisára áttérnénk, megjegyezzük, hogy ha minden egyes szeizmikus fázis analízisére szükségünk van, akkor az időszelvény szokványos megjelenítési formája nem megfelelő számunkra. Hogy az információt a fekete–fehér szelvényben maximális kompaktsággal ábrázoljuk, kifejlesztettük az általunk kettős polaritású szelvénynek nevezett megjelenítési módot. A 7. ábra egy részletet mutat az egyik szelvényből, kétféle polaritással, alatta pedig az új ábrázolásmóddal. Látható, hogy a direkt és az inverz polarítás a közeg felépítéséről független információt hordoz, az új eljárás pedig ezt egyesíti, megőrizzük mindemellett minden félperiódus valódi polaritásának információját.

## 3. A földtani modell felállítása

A perspektivikus összlet felépítéséről a szeizmikus fázisek térbeli modelljének segítségével alkottunk képet (8. ábra). Mivel ennek áttekintése nehézkes, egy részét, a nyugat–kelet orientációjú szelvényeket, a 9. ábrán mutatjuk be. A 10. ábrán ugyanezen szelvényeket a paleosikban jelenítjük meg, vagyis a jura utáni tektonikus mozgások hatását vertikális irányú eltolásokkal kiküszöbölve. A szelvényeken az aljzatközeleli rész egy alsó, hullámdinamikailag instabil, a fúrási magminták alapján kontinentális üledékre, és egy felső, jelalakja szerint sokkal stabilabb, következőképpen felépítésében is egységesebb részre osztható. Ez utóbbi a fúrási adatok alapján tengeri eredetű üledék. Az összletet genetikailag elválasztó réteghatár a  $T$  reflexióval azonosítható, amely a transzgresszió során lerakódott alaphomokkőhöz kapcsolódik. Ennek a reflexiónak és a felette elhelyezkedő fázisoknak a jellege arra enged következtetni, hogy a tenger transzgressziójának idejére a kontinentális üledékek gyakorlatilag teljesen kitöltötték a szárazföld mélyedéseit. Éppen emiatt, a paleorekonstrukció a  $T$  szint alapján készült, a rekonstruált szelvények pedig lehetővé tették az üledékkepződési medence ösföldrajzi és paleotektonikai körülményeinek prognosztizálását.

A jura időszak kezdetére a kutató terület erősen tagolt felszínű szárazulat képét mutatja. A területet délről és nyugatról övező, néhány száz méter magas kiemelkedések erőteljesen erodálódnak, és az üledékanyag a lejtőkön alkalmi homokfolyamok formájában lerakódik. A mélyebb

részeken ártéri, tavi—mocsári üledékek képződnek, vékony széncsikokkal. Az egész terület lassú süllyedésének folyamán növekszik a kontinentális üledékek vastagsága a közeli kiemelkedések lemosásának és áthalmazásának eredményeképpen. Ezt a folyamatot gyenge tektonikus aktivitás, hajlítások és törések kísérik. A paleovölgyekben, amelyeket szeizmikával könnyen térképezhetünk (11. ábra), kiterjedt folyóhálózatot találunk. Egy meghatározott időpontban az egész medence süllyedése, vagy a tengerszint emelkedése eredményeképpen transzgressziós folyamat indul meg, amelynek következtében lerakódik a tyumeni formáció homokrétege a tengeri sorozat fekéjében. A homokkövek vastagsága nagyon változatos. A paleofelszín pozitív alakzataihoz zátonytipusú homoktestek kötődnek. Az e fölött elhelyezkedő réteg homogén, agyagos összetételű, záró fedőréteget alkot. A gyenge tektonikus mozgások folytatódnak, kialakítván az egész üledékes összetétel jelenlegi domborzati viszonyait.

A fenti üledékképződési modell segítségével az alábbi főbb potenciális tárolótípusokat különítettük el:

- a törésekkel és mállással fellazított aljzat felszíne a kiemelkedéseken,
- a kiemelkedések lejtőin kifejlődött hordalékkúpok, valamint a lejtő erózióval fellazított felszíne,
- a folyómeder-üledékek (csatornakitöltés) az aljzat legmélyebb részein,
- a zátonyok és csatornák lokális alfáciesei a tyumeni formáció tengeri sorozatában.

#### 4. Perspektivikus testek kijelölése

A kutatott szintek fizikai tulajdonságainak eloszlási sajátosságait a pszeudoakusztikus szelvényekből készített intervallumsebesség-térképek segítségével vizsgáltuk, amelyek alapvető fontosságúak a perspektivikus objektumok kiválasztásában. A szeizmikus- és a termelés-geológiai paraméterek korrelációs kapcsolatának segítségével pedig ezeket az objektumokat térképeztük.

A pszeudoakusztikus sebesség és az aljzat felszínével azonosított  $A$  szintben levő kutak hozamának elemzése azt a kvalitatív tendenciát jelölte ki, hogy a pszeudosebesség csökkenése a hozamok növekedésével jár. A legperspektivikusabbnak azok a zónák bizonyulhatnak, ahol a sebességérték 3900 m/s vagy ennél kisebb (12. ábra); a csökkent sebességet az aljzatfelszín mállott voltának tulajdonítva. Az  $A$  szint intervallumsebesség-térképén (13. ábra) az ÉNy–DK csapásirányú csökkent sebességű zóna megfelel az aljzat legkiemeltebb helyzetű sávjának és így olajkutatás szempontjából az üledékes takaró aljzatának perspektivikus objektuma.

A lejtőüledékek reflexiós tulajdonságainak vizsgálata során nem sikerült stabil korrelációs kapcsolatot találni a szeizmikus kép dinamikus jellemzői és a kutak hozama között. Ennek ellenére, bár gyakorlatilag valamennyi kút, amelyet a  $T_4$  lejtő alfácies zónájába telepítettek, produktív, a pszeudoakusztikus intervallumsebességek értékei (3150–3500 m/s) csökkenést mutatnak a produktív kutak felé (14. ábra). A perspektivikus objektum kijelöléséhez a  $T_4$  szinten belül a pszeudosebesség küszöbértékét 3400 m/s-nek vettük fel.

A  $T_6$  szubfácies, ill. a  $T_5$  szeizmofácies megnövekedett rétegvastagságú folyómeder üledékeit az intervallumsebességek megnövekedett értékei jellemzik (3950–4050 m/s), amelyek, a modellezés alapján, feltehetően ezen üledékek megnövekedett homoktartalmával vannak összefüggésben (15. ábra).

A tengeri sorozat feké homokköveivel azonosított  $T$  horizont részletes vizsgálata, valamint a szeizmikus- és a termelés-geológiai paraméterek korrelációs kapcsolatának meghatározása a területen arra a megállapításra vezetett, hogy a nagy hozamú kutak nagy pszeudoakusztikus intervallumsebesség értékekhez kapcsolódnak. A szeizmikus modellvizsgálatok is azt tükrözték, hogy a produktív megnövekedett sebességekkel függ össze. Ezek alapján feltételezhető, hogy az intervallumsebesség (pszeudosebesség) megnövekedett értékeinek helyei (16. ábra) megnövekedett homoktartalomnak felelnek meg. Ezáltal javul a réteg tárolóképesége s ennek következtében nő a kút hozama.

Az elvégzett munka eredményeképpen arra a következtetésre jutottunk, hogy a Jem-Jogovszki lelőhely kitermelésére készített eredeti művelési terv nem felel meg a tárolók valódi elrendeződésének, mert nem rétegzett, hajlított szerkezetű lelőhellyel állunk szemben, hanem a produktív objektumok szétszórtak; jelentős részüik bonyolult felépítésű, nem antiklinális típusú, különböző eredetű csapda (17. ábra).

A vizsgálatok megmutatták, hogy az általunk kidolgozott, szeizmikus és kútgeofizikai adatok szeizmosztratiográfiai értelmezésére támaszkodó, komplex interpretációs metodika eredményes volt a földtani feladatok megoldásában, a krasznoleninszki hátság bonyolult felépítésű tyumeni formációja esetében. Az eredmények lehetővé tették, hogy javaslatot tegyünk a termelőkutak hálózatának megváltoztatására. Az új fúrási programot két lépcsőben javasoljuk végrehajtani. Az első lépcsőben a kutak közvetlenül a szeizmikus vonalakra települnének. Amennyiben a termelési adatok megerősítik az értelmezés megállapításait, sor kerülhet a termelőkutak rendszerének teljes felülvizsgálatára.

A szeizmikus és a fúrási adatok komplex elemzése hatékonyságának további növelését, hasonló körülmények között, a háromdimenziós szeizmikára való áttérésben látjuk. Ez biztosítaná a bonyolult felépítésű tárolók térképezési pontosságának és részletességének növelését. Az akusztikus karotázs- és a VSP-felvételezések számának növelésével javíthatjuk a szeizmikus adatok és a mélyfúrások által feltárt földtani testek kvantitatív korrelációját.

### **ПРОГНОЗ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ КОМПЛЕКСОМ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И БУРЕНИЯ**

**Н. А. САВОСТЬЯНОВ, Г. Н. ГОГОНЕНКОВ и С. С. ЭЛЬМАНОВИЧ**

Рассматриваются вопросы комплексирования данных разведочного бурения и детальной сейсморазведки при изучении сложнопостроенных коллекторов. Изложена методическая основа комплексной интерпретации геолого-геофизических данных с использованием принципов сейсмостратиграфии. Продемонстрирована эффективность решения задачи на примере одной из разведочных площадей Западной Сибири в пределах Красноленинского свода.

